

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



CORRELACIÓN DE LA FERTILIDAD - NÚMERO DE FETOS, Y MEDIDAS
CORPORALES - PERFIL METABÓLICO, EN VENADAS COLA BLANCA
(*Odocoileus virginianus texanus*)

Tesis

Que presenta FRANCISCO ALONSO RODRÍGUEZ HUERTA

como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTORADO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

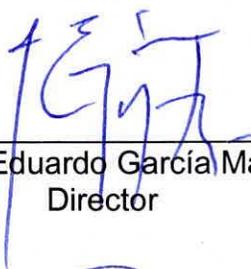
Torreón, Coahuila

Julio 2024

CORRELACIÓN DE LA FERTILIDAD - NÚMERO DE FETOS, Y MEDIDAS
CORPORALES - PERFIL METABÓLICO, EN VENADAS COLA BLANCA
(*Odocoileus virginianus texanus*)

Tesis

Elaborada por FRANCISCO ALONSO RODRIGUEZ HUERTA como requisito
parcial para obtener el grado de Doctorado en Ciencias en Producción
Agropecuaria con la supervisión y aprobación del comité de asesoría



Dr. José Eduardo García Martínez
Director



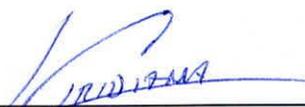
Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque
Asesor



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Asesor



Dr. Oscar Ángel García
Asesor



Dr. Viridiana Contreras Villareal
Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Jefa del Departamento de Posgrado



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Posgrado

Manifiesto de Honestidad Académica

El suscrito, Francisco Alonso Rodríguez Huerta, estudiante del Doctorado en Ciencias en Producción Agropecuaria, con matrícula 41133340, autor de la presente Tesis, manifiesta que:

1. Reconoce que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente Tesis, han sido debidamente citadas, reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redacta según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía, y manifiesto no haber hecho un mal uso de ninguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance del comité de asesoría, está circunscrito a la orientación y guía, respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente Tesis; Así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi Comité de Asesoría, aceptando cualquier responsabilidad al respecto es únicamente a mi persona



Francisco Alonso Rodríguez Huerta

Tesista de Doctorado

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradezco a Dios por las oportunidades que me ha brindado y por todas las bendiciones en este largo camino.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme las puertas de tus instalaciones, por haber permitido lograr una meta más.

Un enorme agradecimiento a mi director de tesis el Dr. José Eduardo García Martínez, gracias por brindarme su amistad, confianza, apoyo y experiencia para la realización de este proyecto de investigación. Muchas gracias.

Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque, gracias por su amistad, consejos, enseñanzas y apoyo durante la realización de la tesis.

A mis asesores los Doctores Perpetuo Álvarez Vázquez, Dr. Oscar Ángel García y Dr. Viridiana Contreras Villareal, por formar parte de este proyecto de investigación.

Al Dr. Alberto Sandoval Rangel, gracias por su valiosa amistad, consejos y su apoyo incondicional, gracias por guiarme en este proceso.

Al Rancho San Juan, por abrirnos sus puertas para la realización de este trabajo, en especial al Ing. Vladimir Lara.

Al CONACYT, por el apoyo económico para poder realizar mis estudios de posgrado.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente ayudaron en la elaboración de esta tesis.

DEDICATORIAS

A mi familia, Wendy Sandoval y Santiago Alonso. Por llegar a mi vida e iluminarla, por estar siempre conmigo. Gracias por darme la fortaleza en los momentos más difíciles y siempre apoyarme en mis decisiones, los amo.

A mis padres y abuelitos, por su amor y apoyo incondicional. Gracias por ser un ejemplo de lucha y perseverancia. Y enseñarme que siempre se tiene que seguir y luchar por nuestros sueños.

A la familia Sandoval Ortiz, por siempre apoyarme en las buenas y en las malas. En especial a mi suegra Mayela Ortiz, por tu cariño y siempre impulsarme a seguir adelante, un abrazo hasta el cielo.

CARTAS DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULOS

9/4/24, 10:06

Correo: francisco alonso rodriguez huerta - Outlook

Subject: ABC 29(1) Revisión publicación anticipada artículo ID 104978

To: <alonso_rodriguez200@hotmail.com>, <alejandrolzn@yahoo.com>, <mvz.oscar_2207@hotmail.com>, <mvz_guillen@hotmail.com>, <edugarmartz@gmail.com>, <perpetuo.alvarez@uaan.edu.mx>, <melladomiguel07@gmail.com>

Estimados autores, reciban un cordial saludo.

Atentamente le informamos que su artículo titulado: "104978. Reproductive patterns of white-tailed deer related to body measurements and serum metabolites" ha sido aceptado por el correspondiente editor de la revista Acta Biológica Colombiana y hará parte del Número 29(1), correspondiente al mes de enero del año 2024.

Con el fin de iniciar el proceso de organización y diagramación del volumen, amablemente les solicitamos revisar y realizar los ajustes señalados en el documento adjunto en un tiempo máximo de tres (3) días calendario la versión final ajustada con las normas de ABC, y así poder publicarlo en su forma de publicación anticipada.

De antemano agradecemos su colaboración en este proceso, ya que si los autores siguen fielmente las instrucciones cooperarán en la agilización de los procesos de maquetación y galeras para la edición y publicación final del Número.

Cualquier inquietud no duden en contactarme.

Atentamente,

Xavier Marquinez

Editor

Acta Biológica Colombiana

Universidad Nacional de Colombia

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/index>

Find us: [SJR](#) [Google Scholar](#) [Facebook](#) [Twitter](#) [Academia.edu](#) [Researchgate](#) [Mendeley](#)

Este mensaje es confidencial y puede contener información privilegiada la cual no puede ser usada ni divulgada a personas distintas de su destinatario. Está prohibida la retención, grabación, utilización, aprovechamiento o divulgación con cualquier propósito. Si por error recibe este mensaje, por favor destruya su contenido y avise a su remitente.

Aviso legal: El contenido de este mensaje y los archivos adjuntos son confidenciales y de uso exclusivo de la Universidad Nacional de Colombia. Se encuentran dirigidos sólo para el uso del destinatario al cual van enviados. La reproducción, lectura y/o copia se encuentran prohibidas a cualquier persona diferente a este y puede ser ilegal. Si usted lo ha recibido por error, infórmenos y elimínelo de su correo. Los Datos Personales serán tratados conforme a la Ley 1881 de 2012 y a nuestra Política de Datos Personales que podrá consultar en la página web www.unal.edu.co. Las opiniones, informaciones, conclusiones y cualquier otro tipo de dato contenido en este correo electrónico, no relacionados con la actividad de la Universidad Nacional de Colombia, se entenderá como personales y de ninguna manera son avaladas por la Universidad.

29/2/24, 9:08

Gmail - Submission Confirmation for ASSOCIATIONS OF ANTHROPOMETRIC MARKERS OF WHITE-TAILED DEER (Odocoile...



Eduardo García <edugarmartz@gmail.com>

Submission Confirmation for ASSOCIATIONS OF ANTHROPOMETRIC MARKERS OF WHITE-TAILED DEER (Odocoileus virginianus, texanus) WITH SERUM METABOLITES AND MINERALS

2 mensajes

RCHSZA <em@editorialmanager.com>

24 de mayo de 2023, 16:27

Responder a: RCHSZA <rchezonasaridas@gmail.com>

Para: "J. Eduardo García" <edugarmartz@gmail.com>

Dear Dr. García,

Your submission entitled "ASSOCIATIONS OF ANTHROPOMETRIC MARKERS OF WHITE-TAILED DEER (Odocoileus virginianus, texanus) WITH SERUM METABOLITES AND MINERALS" has been received by journal Revista Chapingo Serie Zonas Áridas

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author. The URL is <https://www.editorialmanager.com/rchsza/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Revista Chapingo Serie Zonas Áridas

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/rchsza/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

Eduardo García <edugarmartz@gmail.com>

28 de noviembre de 2023, 13:39

Para: francisco alonso rodriguez huerta <alonso_rodriguez200@hotmail.com>



Dr. José Eduardo García Martínez
Departamento de Nutrición Animal
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Calzada Antonio Narro # 1923, Col. Buenavista, CP. 25315
Tel. Oficina (844) 411-0324; Móvil: (844) 869-0707

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2.0 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Descripción de la Especie.....	3
2.2 Distribución Geográfica del Venado Cola Blanca (<i>Odocoileus virginianus texanus</i>).....	4
Figura 1. Distribución mundial de la subespecie <i>O. virginianus texanus</i> (foto tomada de Natre Works).....	4
2.2.1 Distribución mundial.....	4
2.2.2 El venado cola blanca en México.....	5
Cuadro 1. Principales Subespecies de venado cola blanca nativas de México. 6	
2.2.3 Distribución e importancia en el Noroeste de México	6
2.3 Taxonomía	7
Cuadro 2. Taxonomía del venado cola blanca <i>texanus</i> agrupado en siete clasificaciones.....	7
2.4 Hábitat	7
2.5 Alimentación	8
2.5.1 Dieta	8
Cuadro 3. Especies de plantas con mayor frecuencia de consumo del venado cola blanca en el centro de Coahuila México.....	9
2.5.2 Agua	10
2.6 Minerales	10
2.6.1 Importancia de los minerales	10
2.6.2 Requerimientos de minerales	11

Cuadro 4. Principales minerales con mayor presencia en el cuerpo del <i>O. virginianus texanus</i>	11
2.6.3 Macro minerales	11
Figura 2. Siete de los principales macro nutrientes para el <i>O. virginianus texanus</i> . 12	12
2.6.4 Micro minerales o minerales traza	12
Figura 3. Ocho de los principales macro nutrientes para el <i>O. virginianus texanus</i> . 14	14
2.7 Conservación	14
2.7.1 Estatus para su conservación y reproducción.....	15
2.7.2 Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA)	15
2.7.3 Actualidad de las UMAs en México.....	16
2.8 Zoometría	16
2.8.1 Que aplicaciones prácticas tiene la zoometría en la zootecnia	17
2.9 Reproducción	17
2.9.1 Temporada de apareamiento y estacionalidad	18
2.9.2 Madurez reproductiva	18
2.9.3 Gestación y nacimiento	19
3. ARTÍCULOS	20
4 CONCLUSIONES GENERALES	47
5.LITERATURA CITADA	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales Subespecies de venado cola blanca nativas de México.	6
Cuadro 2. Taxonomía del venado cola blanca texanus agrupado en siete clasificaciones.....	7
Cuadro 3. Especies de plantas con mayor frecuencia de consumo del venado cola blanca en el centro de Coahuila México.....	9
Cuadro 4. Principales minerales con mayor presencia en el cuerpo del <i>O. virginianus texanus</i>	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial dela subespecie <i>O. virginianus texanus</i> (foto tomada de Natre Works).....	4
Figura 2. Siete de los principales macro nutrientes para el <i>O. virginianus texanus</i>	12
Figura 3. Ocho de los principales micro nutrientes para el <i>O. virginianus texanus</i>	14

RESUMEN

Correlación de la fertilidad - número de fetos, y medidas corporales - perfil metabólico, en venadas cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*)

Por: Francisco Alonso Rodríguez Huerta

Para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Director de tesis Dr. José Eduardo García Martínez

Se realizaron dos estudios en venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*), con los siguientes objetivos: 1). Evaluar la asociación entre la fertilidad y el número de fetos). La ecografía de 119 venadas (31 de un año y 88 adultas (2-5 años)) mostró un 100% de tasa de preñez al año de edad y 97.8% para adultas y una relación fetos/venadas gestantes de 1.52 ± 0.51 y 1.50 ± 0.59 , respectivamente, sin diferencias estadísticas ($p > 0.05$) para la edad. La circunferencia torácica mayor fue de 85.9 ± 4.9 cm vs. 4.2; $p = 0.039$) para venadas con gestación múltiples, que para venadas gestando un solo feto. Las venadas con suplementación tienen un alto potencial reproductivo, y la edad no afecta las variables reproductivas; y 2). Evaluar la asociación entre marcadores antropométricos y metabolitos sanguíneos, de 28 venadas en agostadero. Se realizó un análisis de componentes principales mostrando que la glucosa fue distinta en venadas con diferentes medidas corporales. Se obtuvieron correlaciones negativas ($p < 0.01$) para altura cruz y concentración de glucosa ($r = -0.54$). Se obtuvieron correlaciones negativas ($p < 0.01$) para altura a la cruz y concentración de glucosa ($r = -0.54$) y la longitud de la nariz a la cola y la concentración de colesterol. Por otro lado, la altura a la cruz ($r = 0.44$) y la longitud de la nariz a la cola ($r = 0.38$), se correlacionaron ($p < 0.05$). Se concluyó que algunas medidas del tamaño corporal se asocian negativamente con los metabolitos séricos indicativos del estado nutricional.

Palabras clave: Metabolitos séricos, Minerales, Reproducción, Cola blanca.

ABSTRACT

Correlation of fertility - number of fetus, and body measurements - metabolic profile, in white-tailed deer

By: Francisco Alonso Rodriguez Huerta

To obtain the degree of Doctor Of Science In Agriculture And Livestock Production

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. José Eduardo García Martínez -Advisor-

Two studies were carried out on white-tailed deer females (*Odocoileus virginianus texanus*), with the following objectives: 1). To evaluate the association between fertility and the number of fetuses). The ultrasound of 119 deer (31 one-year-old and 88 adults (2-5 years)) showed a 100% pregnancy rate at one year of age and 97.8% for adults and a fetus/pregnant deer ratio of 1.52 ± 0.51 and 1.50 ± 0.59 , respectively, without statistical differences ($p > 0.05$) for age. The largest chest circumference was 85.9 ± 4.9 cm vs. 4.2 ; $p = 0.039$) for deer with multiple gestations, then for deer gestating a single fetus. Deer with supplementation have a high reproductive potential, and age does not affect reproductive variables; and 2). To evaluate the association between anthropometric markers and blood metabolites of 28 deer females in arid rangelands. A principal component analysis was performed showing that glucose was different in deer with different body measurements. Negative correlations ($p < 0.01$) were obtained for cross height and glucose concentration ($r = -0.54$). Negative correlations ($p < 0.01$) were obtained for height at the withers and glucose concentration ($r = -0.54$) and the length from nose to tail and cholesterol concentration. On the other hand, height at the withers ($r = 0.44$) and length from nose to tail ($r = 0.38$) were correlated ($p < 0.05$). It was concluded that some measures of body size are negatively associated with serum metabolites indicative of nutritional status.

Keywords: Serum metabolites, minerals, reproduction, White-tailed deer

1. INTRODUCCIÓN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) es una especie con gran demanda para la cacería en México, debido a sus grandes trofeos de astas, a su vez representa una importante derrama económica, ecológica e histórica ([Ocaña-Parada et al., 2020](#)).

En los últimos años esta situación ha provocado un mayor interés por parte de los ganaderos de la zona norte, en la ganadería diversificada y ha aumentado la creación de ranchos cinegéticos para la conservación y aprovechamiento sostenible de la vida silvestre. La eficiencia reproductiva de las venadas cola blanca es fundamental para la rentabilidad de los ranchos cinegéticos, lo cual depende directamente de la calidad y disponibilidad de forraje de los agostaderos por lo que, la aplicación de programas nutricionales de suplementación son indispensables para una mejor temporada reproductiva. Sin embargo, la alta eficiencia reproductiva es menos probable en los pastizales de las zonas áridas y semiáridas, principalmente en la temporada de sequía debido a las condiciones climáticas adversas con precipitaciones pluviales anuales por debajo de los 300 mm., lo cual afecta la producción, calidad y disponibilidad de forraje para el consumo del *O. virginianus texanus*. El 70 % de gastos en los ranchos cinegéticos está destinado a la compra de suplementos y forraje para la alimentación de los animales, pero en la mayoría de los casos esta no es la solución, ya que representa pérdidas económicas elevadas, y demuestra que el manejo nutricional es fundamental para tener una óptima actividad reproductiva y que se ve reflejado en una ganadería eficiente y redituable.

Por lo tanto, es fundamental realizar investigaciones que permita recopilar información de las venadas cola blanca, para determinar la tasa de preñez, con esta información los técnicos de los ranchos podrán estimar las tendencias de población de las venadas en libertad en relación con su hábitad, capacidad de

carga, así como determinar el número de fetos y estimar la relación de la edad de las venadas respecto al número de fetos producidos por parto, así como la asociación entre algunas medidas corporales y metabolitos séricos indicativos del estado nutricional. Partiendo de estas hipótesis las venadas suplementadas en periodos críticos de sequía (invierno) aumentara la eficiencia reproductiva, la tasa de preñez y número de fetos en función de la edad de la venadas. Así mismo, esta información permitirá establecer estrategias más efectivas en la selección de hembras para el empadre, así como la implementación de un correcto programa nutricional en base a los requerimientos necesarios en cada etapa reproductiva, todo esto para mejorar el crecimiento y aumentar la tasa de preñez y numero de fetos por cada venada blanca.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de la Especie

El venado cola blanca *Odocoileus virginianus texanus* es un mamífero ungulado de talla mediana, poseen un cuello largo y en la temporada de reproducción aumenta en grosor del cuello, patas largas, de hocico ligeramente alargado y orejas grandes. El color característico de la especie es color es café castaño el cual, puede variar por la alimentación, habitat y condiciones climáticas a las cuales se encuentra expuesto. Una de las características más emblemáticas que distinguen al *O. virginianus* es el color blanco del pelaje la parte inferior de la cola, así como las partes traseras bajas. Los cérvidos tienen la característica de mudar sus astas cada año después de la época de empadre entre los meses de marzo-junio para el noreste de México, esta práctica es utilizada para atraer a las hembras, como defensa ante depredadores y defensa ante otros machos en combates por territorios. Algunas de sus características de protección ante depredadores son; buena visión, olfato e inteligencia para camuflarse en su hábitat ([Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín, 2005](#)). Los machos suelen pesar entre 50 a 120 kg y las hembras entre 35 kg a 70 kg en condiciones favorables. Los sonidos que hacen para comunicarse son; resoplidos, gruñidos y balidos. Además, suelen levantar y mover la cola, al igual que las orejas cuando se sienten en peligro, siendo esta la forma de alertar a los venados que se encuentran cerca ([DRN, 2023](#)).

2.2 Distribución Geográfica del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus texanus*)

La distribución del *O. virginianus texanus* es muy extensa (figura 1) debido a su rusticidad y fácil adaptabilidad a diversos ecosistemas por lo cual, es una especie de importancia para diversos países.

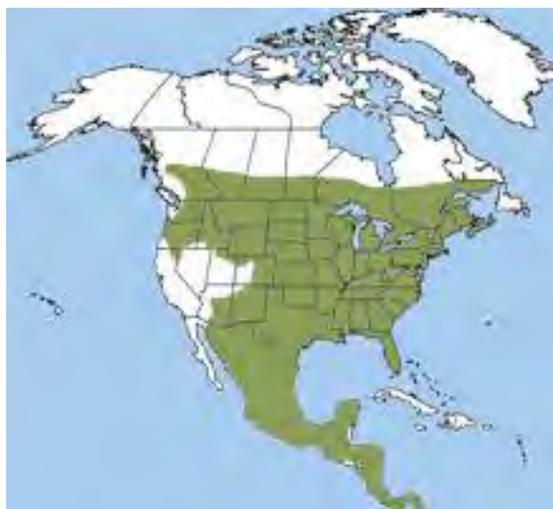


Figura 1. Distribución mundial de la subespecie *O. virginianus texanus* (Fuente Natre Works)

2.2.1 Distribución mundial

El *O. virginianus texanus* o White-tailed deer en inglés, se encuentra distribuido en todo el continente americano. Hay registros de habitats desde el norte de Canadá hasta el sur del continente Perú y Bolivia. Desde la antigüedad el *O. virginianus texanus* ha sido aprovechado por el ser humano, ya que se utilizaba para sustento de las tribus, vestimenta y herramienta para sobrevivir. En la actualidad el venado cola blanca produce una gran derrama económica, tan solo en los Estados Unidos esta industria mantiene alrededor de 500,000 empleos lo cual, crea una gran derrama económica para los países que lo aprovechan, más del 80 % de la población de estados unidos está a favor de la caza de venado cola blanca para obtener alimentos. Aunado a eso, la carne de esta especie ha

tomado suma importancia debido a las propiedades de la carne y sus subproductos derivados de ella. Hoy en día la caza deportiva y responsable ha aumentado la creación de parques, reservas, UMAs, ranchos cinegéticos y asociaciones para la conservación del venado cola blanca lo cual, ha provocado que esta especie se encuentre fuera de las listas de peligro de extinción, sin embargo algunas especies en diversos países están bajo la norma de protección ([Hewitt, 2015](#)).

2.2.2 El venado cola blanca en México

[SAGARPA \(2013\)](#) menciona que el *O. virginianus texanus* tiene una amplia distribución histórica en México, diversos estudios documentan que la presencia de esta especie está presente en más 90 % el territorio mexicano. En la actualidad se tienen identificadas 38 subespecies para el continente americano, de las cuales México alberga 14 subespecies, siendo uno de los países con mayor diversidad de ecosistemas, esta característica se le atribuye gracias a que por su topografía y diversidad de climas favorecen a la diversidad de vegetación. Por lo anterior, México cuenta con 8 subespecies nativas ubicadas en ciertas regiones del país (Cuadro 1) mientras que las otras seis subespecies presentes en México fueron introducidas a México adaptándose favorablemente a los climas del país.

Cuadro 1. **Principales Subespecies de venado cola blanca nativas de México.**

Subespecies Nativas de México	
1	Venado Cola Blanca de Acapulco <i>Odocoileus virginianus acapulcensis</i> (Catón, 1877)
2	Venado Cola Blanca de las Tierras Altas de México <i>Odocoileus virginianus mexicanus</i> (Gmelin, 1788);
3	Venado Cola Blanca de Miquihuana <i>Odocoileus virginianus miquihuanensis</i> (Goldman y Kellogg, 1940);
4	Venado Cola Blanca de Oaxaca <i>Odocoileus virginianus oaxacensis</i> (Goldman y Kellogg, 1940);
5	Venado Cola Blanca de las Selvas Lluviosas <i>Odocoileus virginianus toltecus</i> (Saussure, 1860).
6	Venado Cola Blanca de Sinaloa <i>Odocoileus virginianus sinaloae</i> (J. A. Allen, 1903);
7	Venado Cola Blanca del Noreste de Veracruz <i>Odocoileus virginianus veraecrucis</i> (Goldman y Kellogg, 1940);
8	Venado Cola Blanca de Yucatán <i>Odocoileus virginianus yucatanensis</i> (Hays, 1872).

Información sustraída de SAGARPA 2013

2.2.3 Distribución e importancia en el Noroeste de México

El *O. virginianus texanus* es una de las especies de mayor importancia para los ganaderos y dueños de UMAs del Noroeste, esta especie se encuentra distribuida en los estado de Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León y parte del estado de Chihuahua. Estos estados han tenido incremento considerable en la creación de nuevas UMAs y ranchos diversificados esto por la cercanía con la frontera con Estados Unidos y el interés de cazadores extranjeros por cazar trofeos de venados cola blanca texanus, dicha especie se encuentra dentro de los libros de registro de trofeos internacionales organizados por Boone and Crockett club y Safari club internacional ([Mandujano et at., 2021](#); [Villareal et al., 2014](#)). En la actualidad las poblaciones del venado cola blanca en el Noreste de México son altas debido a la creación de UMAs para su aprovechamiento sostenido y protección, aunado a eso en México solo se permite la caza deportiva de venados cola blanca machos, lo cual favorece el aumento de las poblaciones de venadas.

Para el año 2025, se pretende la creación de programas en base a censos para el aprovechamiento de hembras para evitar una sobrepoblación.

2.3 Taxonomía

La taxonomía es fundamental para nombrar, describir y organizar a las plantas y animales. Es el lenguaje internacional para la identificación de los mismos, se agrupa en siete clasificaciones para ser más específicas, el *O. virginianus* posee pezuñas a lo cual reciben el nombre de ungulados. ([Linnaeus, 1758](#)).

Cuadro 2. **Taxonomía del venado cola blanca texanus agrupado en siete clasificaciones.**

Reino	Animalia (reino animal).
Phylum	Cordata (animales con columna vertebral)
Clase	Mammalia (mamíferos)
Familia	Cervidae (la familia de los ciervos)
Orden	<i>Artiodactyla</i> (con pezuñas pares)
Genero	<i>Odocoileus</i> (ciervo norteamericano de tamaño mediano)
Especie	<i>O. virginianus</i> (venado cola blanca)

Información obtenida de ([Heffelfinger, 2011](#)).

2.4 Hábitat

El *O. virginianus texanus* es una especie muy rústica y adaptable, ya que tiene la facilidad de habitar en partes bajas a nivel del mar hasta las zonas montañosas arriba de los 3000 msnm. Su hábitat es vital para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la especie, así como el ambiente de las zonas donde se encuentran las poblaciones de venados, en las cuales influye en su dieta, color de piel, reproducción y tiempo de vida. La calidad de hábitat es la facilidad que tienen los venados para cumplir sus requerimientos nutricionales, esconderse y

diversidad de especies forrajeras durante todo el año. Un hábitat ideal para los venados es aquellos que tienen mezcla de árboles, arbustos, hierbas, pastos suculentas y cactáceas ([Porter 2007](#), [Ortiz-Martínez 2005](#)).

2.5 Alimentación

La alimentación para el *O. virginianus*, texanus es uno de los factores más importantes para que se establezca en un sitio, la disponibilidad de alimento va a determinar supervivencia, reproducción, distribución, tiempo y número de animales que pueden habitar en determinado espacio, los venados tiene la capacidad de modificar su dieta en base a la disponibilidad y calidad de los forrajes por lo cual su adaptabilidad en diversas zonas con condiciones no favorables ayuda que la especie se encuentre en gran parte del continente americano ([Guerrero-Cárdenas et al., 2016](#)).

2.5.1 Dieta

El *O. virginianus* texanus es un mamífero herbívoro selectivo, el cual se alimenta principalmente del ramoneo de arbustivas, gramíneas, herbáceas entre otras. Poseen alto contenido de proteína los cuales ayudan a cubrir los requerimientos nutricionales, el venado tiene una dieta muy variada debido a que se encuentra presente en gran parte del territorio mexicano todo depende de la disponibilidad de la especies de plantas presentes en los ecosistemas ([Lopez-Perez, 2012](#); [Showers, 2006](#)).

[Navarro-Cardona et al., \(2018\)](#) y [Arellano-Álvarez et al., \(2021\)](#) reportan resultados similares, coinciden que la dietas de los venados cola banca sin importar los diferentes ecosistemas se basa en el ramoneo de arbustos y árboles

representando más del 80 % de su dieta 13 % de hierbas y 2 % de pastos este patrón se presenta para cualquier tipo de vegetación.

Los venados se denominan animales crepusculares debido a sus patrones de actividad los cuales suelen ser activos durante el amanecer y atardecer, por lo cual los venados suelen alimentarse es esos periodos haciendo más eficiente el alimento cosechado al no exponerse a las altas temperaturas de los sitios ([Albanesi, 2016](#)).

[Lozano-Cavazos et al., \(2020\)](#) mencionan que una buena dieta para los venados es aquella que contenga mayor diversidad de especies. La dieta del venado cola blanca suele variar en base a la disponibilidad y calidad de forraje en cada época del año, más sin embargo en un estudio realizado por ellos determino que para el centro de Coahuila el 70 % de la dieta se base en el ramoneo de arbustivas y gramíneas (Cuadro 3) mientras que el resto de la dieta lo complementa con herbáceas, suculentas entre otras.

Cuadro 3. Especies de plantas con mayor frecuencia de consumo del venado cola blanca en el centro de Coahuila México.

Especie		Promedio consumo (%)
<i>Prosopis glandulosa</i>	arbustiva	17.21
<i>Acacia rigidula</i>	arbustiva	14.05
<i>Leucophyllum frutescens</i>	arbustiva	11.48
<i>Diospyros texana</i>	arbustiva	3.68
<i>Guaiacum angustifolium</i>	arbustiva	11.10
<i>Castela texana</i>	arbustiva	1.95
<i>Setaria leucophylla</i>	gramínea	12.85
<i>Dasyochloa pulchella</i>	gramínea	2.19
<i>Bouteloua curtipendula</i>	gramínea	1.85
<i>Aristida adscensionis</i>	gramínea	1.14
<i>Bouteloua gracilis</i>	gramínea	1.01

Información sustraída de lozano-Cavazos et al 2020.

2.5.2 Agua

El *O. virginianus texanus* así como los seres humanos necesitan del agua para mantener el balance hídrico, así como en las zonas áridas y semiáridas donde se presentan altas temperaturas para disminuir la temperatura corporal. Los requerimientos de agua para el *O. virginianus texanus* varía dependiendo de su hábitat, dieta, etapa fisiológica, época del año entre otros factores, más sin embargo un promedio del consumo de agua varía entre los dos a cuatro litros del líquido. El agua es vital para el desarrollo de las poblaciones de venados principalmente en la época reproductiva ([Gallina, 2001](#); [Espino-Barros, 2005](#)).

El *O. virginianus texanus* obtiene agua de tres fuentes principales, el agua libre la cual la obtiene de cuerpos naturales ,abrevaderos ,ríos ,arroyos y bebederos fabricados por el hombre, seguida del agua de los alimentos o preformada la cual se encuentra en los alimentos que consume el animal en su dieta y por último el agua metabólica la cual se origina del proceso de digestión ([Ganadería 2011](#)).

2.6 Minerales

Los minerales son elementos inorgánicos esenciales debido a que no son capaces de ser sintetizados por los animales. Estos se dividen en dos grupos, macrominerales y microminerales o minerales traza, se clasifican en base a sus cantidades requeridas.

2.6.1 Importancia de los minerales

Los minerales son fundamentales para mantener una buena salud y funciones fisiológicas. Para el venado cola es indispensable contar con una buena nutrición por lo cual es necesario que el hábitat donde vivan tenga una buena

disponibilidad de forrajes para tener una dieta balanceada la cual debe aportar proteínas, energía agua, vitaminas y minerales. Los minerales son indispensables para el venado ya que ayudan un óptimo crecimiento y desarrollo del sistema óseo, astas, nutrición, sistema reproductivo ,piel, leche crías entre otras funciones([Zimmerman, 2008](#); [Sleeman, 2010](#); [Rankins, 2023](#)).

2.6.2 Requerimientos de minerales

Existen diversas tablas de las estimaciones de los requerimientos de los venados, más sin embargo la necesidad de los minerales depende de varios factores como son etapa fisiológica, edad, condiciones climáticas, estación del año y sexo. Los requerimientos nutricionales reportados es un promedio para los venados (Cuadro 4) en general para tener alguna referencia debido a que los requerimientos varían dependiendo la subespecie, así como el lugar donde se encuentran debido a la disponibilidad y calidad de los forrajes. Las estaciones del año con mayor demanda de nutrientes es el verano por las hembras en la época de gestación y lactancia, en machos por el desarrollo de astas para el caso del invierno la demanda también es alta por la disponibilidad de forraje y época reproductiva ([Pierce II, 2022](#); [Kryukovsky, 2021](#)).

Cuadro 4. **Principales minerales con mayor presencia en el cuerpo del *O. virginianus texanus***

Indicadores	Unidades de medida	Valores de referencia
Calcio	mmol/l	6.4-13.5
Fosforo	mmol/l	1.9-26.4
Magnesio	mmol/l	1.4-4.6

2.6.3 Macro minerales

Se definen macro minerales a aquellos minerales que se encuentran en los animales en grandes cantidades, por lo cual es necesario el suministro de estos

minerales en cantidades considerables en las dietas de los animales, más sin embargo en ocasiones la mala calidad de los forrajes y la disponibilidad en los agostaderos no es suficiente para que los animales cumplan con los requerimientos necesarios de los mismos, por lo cual es necesario suministrar suplementos de minerales para cumplir con sus requerimientos y no afectar el desarrollo y mantenimiento de los animales ([Sohel, 2020](#)).

Los macro minerales (Figura 2) de mayor importancia para el *O. virginianus texanus* son el calcio y fósforo el cual tiene la funcionalidad de la formación sistema óseo y se encuentra más del 90% en huesos y dentadura. Magnesio: se encuentra en los huesos y el hígado. Azufre: es vital para la producción de piel, lana, pelo, y cartílago. Potasio, sodio y cloro tiene trabajan en conjunto en el mantenimiento del pH en la sangre y los tejidos ([Ramírez: Sohel, 2020](#); [Ramírez-Lozano, 2011](#)).

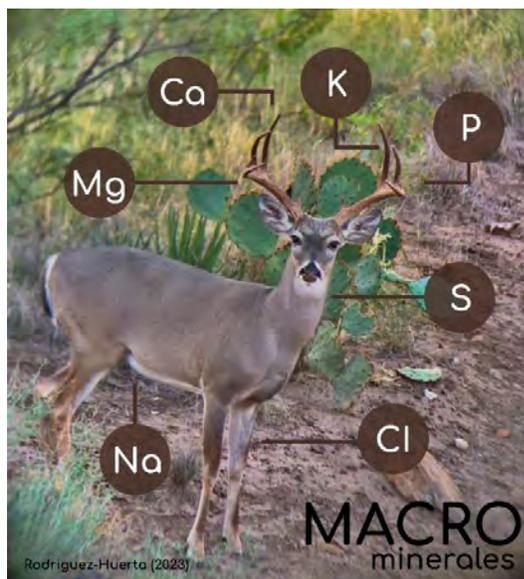


Figura 2. Siete de los principales macro nutrientes para el *O. virginianus texanus*.

2.6.4 Micro minerales o minerales traza

Los micro nutrientes también llamados minerales traza se presentan en menores cantidades comparados con los macro minerales más sin embargo son igual de

importantes estos elementos en las dietas de los animales debido a que cumplen con funciones metabólicas, enzimáticas, procesos bioquímicos muy específicas para mantener un balance nutricional en los animales. El balance correcto entre los macro y micro minerales favorece al venado cola blanca en sus funciones de crecimiento, desarrollo, inmunológicas y reproductivas ([Hollingsworth, 2021](#); [Pashudhan-praharee 2020](#)).

[Sanjib Borah y Babul Chandra Sarmah \(2013\)](#) hacen mención que la disponibilidad de los elementos traza disponible para los animales depende de varios factores entre los más importantes son calidad y textura de suelo debido a que todo esto afecta a la absorción de nutrientes de las plantas del suelo, hábitat, disponibilidad de forraje, diversidad de especies, y condiciones climáticas.

Los minerales traza más importantes para el venado son ocho (Figura 3) dentro de los cuales se encuentran el cobre el cual se necesita para producción DE sangre y colágeno, yodo: necesario para la producción de tiroxina, hierro: el cual se encarga del transporte y almacenamiento de oxígeno, Manganeso: influye en sistema reproductivo de las hembras, Molibdeno: es el componente de las enzimas de xantina oxidasa, Selenio: sirve para la absorción y utilización de vitamina E, Zinc: favorece al crecimiento y desarrollo ([Oregon State university, 2017](#)).

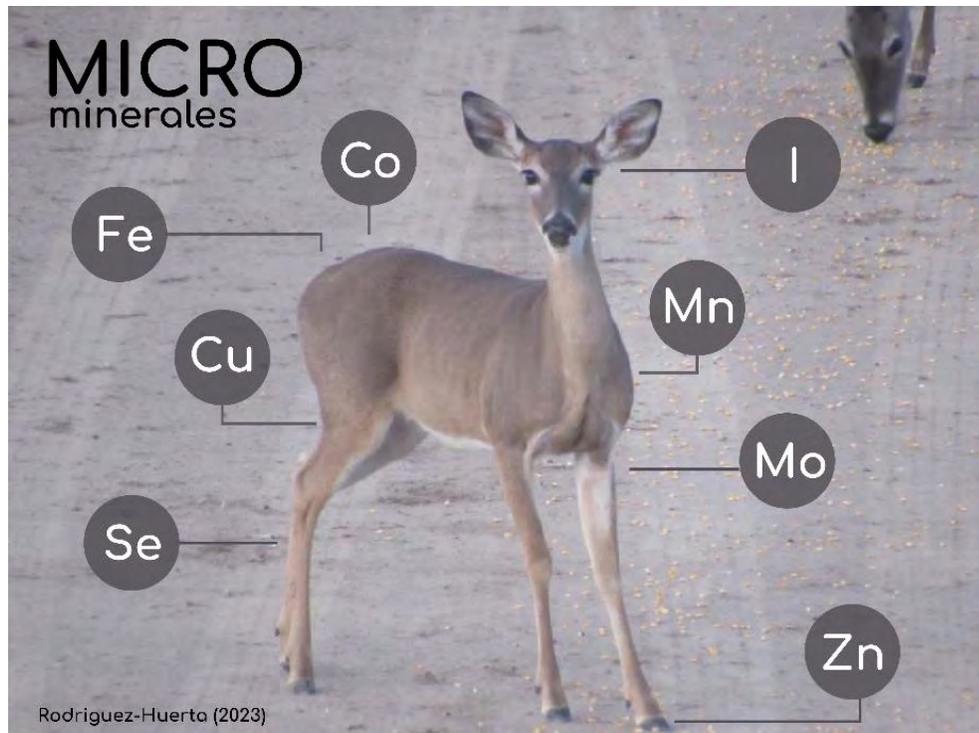


Figura 3. Ocho de los principales macro nutrientes para el *O. virginianus texanus*.

2.7 Conservación

La conservación de la vida silvestre es la encargada de preservar, proteger, manejar y regular la fauna silvestre para su aprovechamiento y restauración de reservas o parques naturales con riqueza de especies. En ella se incluyen mamíferos, aves, peces reptiles, anfibios, artrópodos, moluscos y plantas las cuales se regulan con normas para su conservación y aprovechamiento ([López Lucero et al., 2017](#)).

2.7.1 Estatus para su conservación y reproducción

El *O. virginianus texanus* es una especie la cual no se encuentra enlistada en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 sin embargo, está regulado conforme a la ley general de vida silvestre. Es una especie autorizada para su cacería, es criado, reproducido y aprovechado en Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA), ranchos cinegéticos y ranchos de ganadería diversificada, ([SEMARNAT, 2010](#)) La cacería del venado se realiza con legalidad mediante la caza deportiva SEMARNAT -08-044, el cual se obtiene en las delegaciones federales de la SEMARNAT salvo cierto estado que tienen la facultad de otorgar los permisos([SEMARNAT, 2015](#)). La temporada de cacería la regula la SEMARNAT y esta se publica en el Diario oficial de la federación la temporada oficial para la cacería de *O. virginianus texanus* inicia a mediados de noviembre y termina a finales de febrero, las temporadas de cacería varían dependiendo de los estados ([DOF, 1980](#)).

2.7.2 Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA)

En 1997 se creó el sistema nacional de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (SUMA) son ranchos registrados legalmente los cuales operan en base a un plan de manejo aprobado por la SEMARNAT dentro del cual estas se dividen en extensivas las cuales se dan en condiciones naturales y las intensivas las cuales se realiza en cautiverio con cercos para delimitar las áreas aprovechables. Las UMAs tienen un papel fundamental para la conservación ecosistemas, poblaciones y fauna silvestre. Dentro de los papales importantes que tienen las UMAs es la ayudan a la protección, recuperación, reproducción, repoblación, conservación reintroducción, rescate, educación ambiental y aprovechamiento sustentable y responsable de las especies de fauna silvestre ([SEMARNAT, 2022](#)).

2.7.3 Actualidad de las UMAs en México

Desde la creación del SUMA y el registro de las primeras UMAs en 1997 ha ido en aumento, uno de los principales objetivos de las UMAs era que los dueños tuvieran beneficios de la conservación de la biodiversidad, más sin embargo estas unidades han cambiado el manejo y aprovechamiento de la vida silvestre. La mayoría de unidades de manejo ambiental se encuentran en el norte del país principalmente en los estados de Coahuila, Tamaulipas, nuevo león, sonora y chihuahua en los cuales estos estados a encontrada una alternativa de ingresos económicos derivados de la caza deportiva debido a la cercanía con la frontera de Estados Unidos siendo una atracción los trofeos de astas del venado para los cazadores americanos, por lo cual los ganaderos han incursionado en la ganadería diversificada siendo esta una alternativa para obtener mayor número de ingreso económicos y hacer una exitosa ([Sagarpa, 2013](#)).

2.8 Zoometría

Es una herramienta con la cual se permite estudiar preferentemente a los animales de cascos y ungulados mediante mediciones corporales para determinar las capacidades reproductivas, características cuantitativas de razas, o aptitudes deseables para otras funciones zootécnicas con la finalidad de hacer una selección más certera y oportuna en animales jóvenes a la hora de realizar la selección de reemplazos para los hatos o rebaños, sin la necesidad de esperar tiempo para hacer una correcta selección de los hatos, rebaños. La zoometría se ayuda de ciertos índices corporales para diferentes propósitos, los cuales se relacionan entre distintas variables morfológicas cuantitativas, y se correlacionan mediante un estudio estadístico de la muestra se determina la variabilidad de cada una de las relaciones e índices, los índices más utilizados para la selección de las funciones reproductivas son: peso vivo, edad, alzada a la cruz, ancho de pecho, perímetro torácico, altura de la caña, longitud punta-cola longitud del

cuello así como algunas características fenotípicas([Bravo, 2010](#); [Salamanca-Carreño, 2016](#); [Salamanca, 2013](#)).

2.8.1 Que aplicaciones prácticas tiene la zoometría en la zootecnia

En la actualidad la mayor parte de la ganadería diversificada, basa principalmente la selección de hembras y machos para pie de cría principalmente por la vista es decir fenotípicamente y no cuánticamente. La zoometría es de gran ayuda para evaluar animales principiante de cascos y unguados a la hora realizar la selección para mejorar con datos reales el hato de los ranchos, así como los sementales debido a que tiene establecido determinado parámetros los cuales tienen relaciones entre la edad, crecimiento y desarrollo de aparatos reproductores, gracias a la importancia de la zoometría, se han creado software mediante cámaras y fotografías se pueden tomar mediadas zoométricas y realizar las relaciones y selección de animales en el menor tiempo y con un margen de error menor([Rincón et al., 2017](#)). La zoometría es una de las actividades fundamentales en el manejo zootécnico mediante mediciones corporales, las cuales se aplican para la selección de animales para el mejor propósito zootécnico, mejoramiento genético, creación de nuevas razas, estándares de registros de razas nativas o criollas , selección de hembras de reemplazo y sementales([Silva et al., 2018](#)).

2.9 Reproducción

La reproducción es fundamental para todo ser vivo debido a que tiene como finalidad la reproducción de las especies mediante la cual los seres vivos se duplican para conservar su especie. La reproducción se lleva a cabo por dos individuos; un macho y una hembra, en la cual la hembra es la encargada de la producción de óvulos en los ovarios y mantiene el feto durante su desarrollo. Mientras que el macho es el responsable de la creación de los espermatozoides

en los testículos que mediante un acto sexual son los encargados de fecundar el ovulo([Kent, 2021](#)).

2.9.1 Temporada de apareamiento y estacionalidad

Las venadas cola blanca se reproduce únicamente una vez al año, son animales estacionales por lo cual, su temporada de apareamiento se ve influenciada por los cambios de temperatura, lluvia y duración de horas luz, lo cual influye para que las hembras presenten celo, la disminución de horas influye en el cerebro en cual a medida que los días van reduciendo horas luz el cerebro empieza a liberar más melatonina de la glándula pineal. La temporada de celo es durante los meses de noviembre para el norte de América del y termina a principios de marzo para el sur de Sudamérica. las venadas presentan un celo de 24 horas aproximadamente en el cual son receptoras al macho. La mayoría de las venadas suelen quedar preñadas, sin embargo aquellas hembras que no lo consiguen vuelven a presentar celo entre 28 a 30 días posteriores al primer celo ([Oak Creek, 2022](#)).

2.9.2 Madurez reproductiva

La pubertad y desarrollo reproductivo menciona [Rodriguez-Ramírez \(2022\)](#) que tienen una alta relación entre disponibilidad del forraje y la reproducción , por lo cual la mala alimentación y calidad de forrajes afecta directamente al crecimiento, desarrollo, [Green et al., \(2017\)](#) menciona que para que una hembra llegue a la pubertad tiene que tener un buen crecimiento así como un peso promedio entre las 40 a 80 libras el cual está relacionado directamente con la disponibilidad de forraje , cumpliendo estos estándares la hembra puede presentar celo durante el primer año de vida en condiciones ideales de agostaderos, sin embargo un alto porcentaje de ranchos tienen malos manejos nutricionales por lo cual la mayoría de las hembras presentan celo entre los 18 y 24 meses de edad. Por otro lado, [Gonzales-Maldonado \(2021\)](#) reporta

resultados diferentes en los cuales menciona que es redituable realizar un óptimo manejo nutricional, reproductivo entre otros esto debido que aquellas hembras con una calidad nutricional buena son capaces de llegar a la madurez sexual durante el primer año, cabe mencionar que las venadas con mayor edad suelen entrar en celo primero que las más jóvenes .

2.9.3 Gestación y nacimiento

Las venadas cola blanca texanus son uno de los animales con una alta eficiencia reproductiva, en ocasiones con condiciones ambientales y nutricionales ideales llegan a su madurez a los 7 meses, mientras que el promedio de madurez para la mayoría de las venadas es de dos años. La gestación de las venadas cola blanca texanus tiene un tiempo promedio de aproximadamente 200 días y suelen tener entre 1 a 3 cervatillos, esto se ve relacionado con la calidad nutricional ([Shawn, 2008](#); [Mellado et al., 2012](#)). Las venadas tienen su época de pariciones en los meses de mayo-junio siendo este el mes con mayor frecuencia de pariciones, las venadas suelen alejarse de los grupos para parir en zonas seguras suelen separar las crías al parir para protegerlos de depredadores los cervatillos al nacer tienen un peso promedio de 2.8-3.0 kilogramos ([Gastal et al., 2017](#)).

3. ARTÍCULOS

ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA
http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol

Facultad de Ciencias
Departamento de Biología
Sede Bogotá



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

PREGNANCY RATE AND NUMBER OF FETUSES OF WHITE-TAILED DEER RELATED TO BODY MEASUREMENTS AND SERUM METABOLITES

Tasa de preñez y número de fetos del venado cola blanca relacionados con medidas corporales y metabolitos séricos

Francisco A. RODRÍGUEZ-HUERTA¹, José E. GARCÍA¹, Oscar ANGEL-GARCÍA², Viridiana CONTRERAS², Jesús MELLADO¹, Juan Manuel GUILLÉN MUÑOZ², Eloy Alejandro LOZANO CAVAZOS³, Miguel MELLADO^{1*}

¹Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Department of Animal Nutrition, Saltillo, Mexico.

²Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Department of Veterinary Science, Torreon, Mexico.

³Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Department of Renewable Natural Resources, Saltillo, México.

* For correspondence: melladomiguel07@gmail.com

Received: 05th October 2022. Revised: 28th August 2023. Accepted: 11th September 2023.

Associate editor: Sonia Antonieta Gallina Tessaro

Citation/ citar este artículo como: Rodríguez-Huerta, F.A., García J.E., Ángel-García, O., Contreras V., Mellado, J. y Mellado M. (2024). Pregnancy Rate and Number of Fetuses of White-Tailed Deer Related to Body Measurements and Serum Metabolites. *Acta Biol Colomb*, 29(1), 86-92. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n1.104978>

ABSTRACT

This study aimed to assess the association between fertility and the number of fetuses of free-ranging concentrate-supplemented white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*, texanus, Mearns 1898) from northern Mexico (27 °N) with body measurements and serum metabolites indicative of nutritional status. We studied 119 female deer (31 yearlings and 88 adults) captured in January 2021 using a net gun fired from a helicopter. Ultrasound scanning showed 100 and 97.8 % pregnancy rate and 1.52 ± 0.51 and 1.50 ± 0.59 fetuses/pregnant doe for yearlings and adult does, respectively, with no difference ($p > 0.05$) between age classes Thoracic circumference (cm) was higher (85.9 ± 4.9 vs. 84.1 ± 4.2; $p = 0.039$) for does carrying twins vs. singles. None of the serum metabolites indicative of nutritional status affected the fetal number of pregnant does. It was concluded that free-ranging white-tailed deer receiving concentrate supplementation in winter on a semi-arid rangeland has a high reproductive potential. Also, these results indicate that variation in maternal age within this population was not a significant driver of reproductive metrics of white-tailed deer. The plane of nutrition used in the present study was reflected in adequate serum metabolites indicative of nutritional status. Also, thoracic circumference may have prognostic value as a physical marker of multiple fetuses in female white-tailed deer.

Keywords: body length, litter size, serum glucose, serum urea, thoracic circumference

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la asociación entre la fertilidad y el número de fetos de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* texanus, Mearns 1898) en agostadero en el norte de México (27 °N) y suplementado con concentrado, con medidas corporales y metabolitos séricos indicativos del estado nutricional. Estudiamos 119 (31 de un año y 88 adultas) venadas cola blanca capturadas en enero de 2021 con una red disparada con cañón desde un helicóptero. La ecografía mostró una tasa de preñez de 100 y 97.8 % y 1.52 ± 0.51 y 1.50 ± 0.59 fetos/venada gestante para animales de un año y adultas, respectivamente, sin diferencias ($p > 0.05$) entre las clases de edad. La circunferencia torácica (cm) fue mayor (85.9 ± 4.9 vs. 84.1 ± 4.2; $p = 0.039$) para venadas con gestaciones múltiples que para venadas gestando un solo feto. Ninguno de los metabolitos séricos indicativos del estado nutricional afectó el número de fetos de las venadas preñadas. Concluimos que las venadas cola blanca suplementadas con concentrado en invierno en un pastizal semiárido tienen un alto potencial reproductivo. Además, estos resultados indican que la variación en la edad materna dentro de esta población no afectó las variables reproductivas del venado cola blanca. El plano de nutrición utilizado en el presente estudio se reflejó en metabolitos séricos adecuados indicativos del estado nutricional. Además, la circunferencia torácica puede tener valor como marcador físico de fetos múltiples en venadas cola blanca.



Palabras clave: circunferencia torácica, glucosa sérica, longitud del cuerpo, tamaño de la camada, urea sérica

INTRODUCTION

In northern Mexico, due to the dimensions of their antlers, there is a great demand for hunting trophies of two of the subspecies of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) (Martínez and Hewitt, 1999) occurring there: the Texas white-tailed (*O. v. texanus* Mearns 1898) and the Coues white-tailed deer (*O. v. couesi*).

This situation has caused the creation of ranches involved in the conservation, management, and sustainable use of wildlife, whose attention is focused mainly on managing game species (Gallina-Tessaro *et al.*, 2009). These ranches with diversified livestock practices in northern Mexico have high economic profitability due to their hunting services (Guajardo-Quiroga and Martínez-Muñoz 2004; Retes López *et al.*, 2010). White-tailed deer reproduction has been intensively studied (Therrien *et al.*, 2008; Green *et al.*, 2017; Ayotte *et al.*, 2019) because deer management often involves adjusting deer densities to keep populations in balance with their habitat.

In arid and semi-arid rangelands, female deer are less likely to reach their maximum feed intake potential during the dry season, because of more deer grazing pastures with a finite amount of available forage (Gastelum Mendoza *et al.*, 2020). Successful diversified livestock ranches with an emphasis on white-tailed deer production are reliant on achieving high deer fertility performance, thereby allowing a high pregnancy rate and a high litter size. Thus, nutritional management has a key role to play in achieving high reproductive performance (Swihart *et al.*, 1998), and many ranches have implemented nutritional programs.

Determining pregnancy rates is important to wildlife managers for understanding and predicting population trends in free-ranging white-tailed deer relative to the habitat's carrying capacity, to determine what percentages of females are bred, and the number of fetuses per doe. This information allows for corrective management decisions to promote adequate reproductive performance (Green *et al.*, 2017).

Northern Mexico has a short history of white-tailed deer management and very limited information exists on white-tailed deer reproduction, and previous estimates of reproductive variables may not apply to the well-fed deer population (Mellado *et al.*, 2013). Therefore, additional research is warranted to offer further estimates of reproductive performance. Also, the estimation of the nutritional status of Cervidae, and blood analysis is a widely used method (Rose *et al.* 2004; Pavlik *et al.*, 2018), but characterization of blood biochemistry variables in white-tailed deer is scarce in arid environments. To provide additional information on this subject, we examined a reference line on reproductive characteristics of female white-tailed deer on rangeland receiving concentrate supplementation in

winter. Specifically, we investigated (1) the pregnancy rate and fecundity of yearling and adult deer, and (2) the association between some body measurements and serum metabolites indicative of nutritional status, on the number of fetuses per pregnant does.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was carried out in a ranch registered as dedicated to the conservation, management, and sustainable use of wildlife in northeastern Mexico (Rancho San Juan; UMA DGVS-CR-EX3133-COAH; 26°50'18.7" N and 101°02'31.2" W; Fig. 1) in January 2021. The study site has an average altitude of 430 meters above sea level. The vegetation is semi-arid rangeland (microphyll desert scrub) with an average annual temperature of 21.6 °C. The average annual rainfall is 310 mm, with most rain occurring as high-intensity thunderstorms from June to October (Ovalle-Rivera, 2019). The ranch covers 3470 ha enclosed by a deer fence. There are plenty of water troughs and feed bunks.

Deer capture, handling, and pregnancy diagnosis

Animal procedures were agreed upon and performed following the Institutional Animal Care and Use Committee of the Agrarian Autonomous University Antonio Narro (Protocol #03001-2258) and carried out following FASS (2020). Given that this study involved manipulating animals including capture, marking, blood sampling, and sonogram scanning, which caused significant distress, we just worked on available trapped deers, destined for relocation. A total of 119 Texan white-tailed deer (*O. v. texanus*) were used in the present study. Deer grazed on open rangeland (3470 ha) year-round supplemented in winter with approximately 250 g of commercial concentrate/head/day (14 % crude protein).

Supplemental feed sites were distributed across the grazing area (one feed site per one square kilometer). Supplemental roofed grain feeders were housed in a circular feed pen and normally, about 50 kg of concentrate was placed at each site every six days.

The winter capture of deer was carried out by firing a nylon net with 1.3 cm² mesh, from a helicopter (Beaver *et al.*, 2022). Deer were physically restrained and blindfolded after they were captured.

Blood samples were collected by venipuncture of the jugular vein into an evacuated sterile tube without anticoagulant (Vacutainer, Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ). The samples were kept chilled and allowed to clot. Blood samples were centrifuged at 1800 × g for 10 min within 1 h after sampling. The serum samples were placed in plastic vials and stored at -20°C until analysis (Rankins *et al.*, 2023).



Figure 1. Map of Coahuila State, Mexico, showing the location of the study site.

Trans-rectal uterus ultrasonographic evaluations were performed using an ultrasound scanner (Aloka 500V, Corometrics Medical Systems Inc., Wallingford, CT) equipped with a linear array transrectal probe (7.5 MHz transducer) by a single experienced operator. For the scanning procedure, fecal pellets were manually removed from the rectum with deer restrained. A satisfactory amount of carboxymethyl cellulose gel was placed into the rectum to facilitate the manipulation of the probe into the rectum. The transducer was gently inserted until reaching the uterine horns, to picture the whole reproductive tract. The uterus was inspected for the presence of fetuses and the number of fetuses of pregnant does was registered (Vahtiala *et al.*, 2004).

Body, blood serum, and age measurements

Does were measured according to Uvalle-Sauceda *et al.* (2013) to the nearest 0.1 mm, by the same technician, in a standing position, firmly restrained under field conditions using a plastic measuring tape and a measuring stick. Body length was the distance between the cervicothoracic joint and the first intercoccygeal joint at the base of the tail. Front leg length was measured as a distance from the surface of the ground to the union of the leg with the chest of the animal. The thoracic circumference was measured around the chest, taking the withers as the point of reference. Age groups were separated

into yearling and older deer based on tooth eruption and wear patterns (Severinghaus, 1949). Serum glucose, total protein (TP), cholesterol, urea, and creatinine concentrations were determined using colorimetric methods following protocols supplied by the kit's manufacturers. These serum analyses were made at the laboratory of animal nutrition of the Autonomous Agrarian University Antonio Narro.

Data analysis

Principal Component Analysis was applied to reveal which variables were important to understand the sources of variation of data for single or multiple fetuses of does and see distances between important serum variables affecting several fetuses, using Statgraphics Centurion 19 (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, Virginia). To analyze the effect of maternal age class (yearling or mature does) on pregnancy rate, the GENMOD procedure of SAS (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) was used. The model included the maternal age class as the potentially explanatory variable and the individual was the experimental unit. The body measurements and serum metabolites variables were compared between groups (single vs. twin pregnancy) using the GLM procedure of SAS. Variables were described as mean values \pm standard deviation, and differences between groups with 95 % confidence intervals were computed (TTEST procedure of SAS). Age category was included in the model as a covariate.

RESULTS

Rectal ultrasonographic scans indicated that 117 out of 119 experimental does were diagnosed as pregnant (98 % pregnancy rate), corresponding to the period of mid-pregnancy. The mean fetal size was 1.51 ± 0.54 (\pm SD). No differences between yearlings and older does were observed for pregnancy rate, fetuses/pregnant doe, and fetuses/total does (Table 1). Also, the percentage of does bearing singles, and twins was no different ($p > 0.05$) between yearlings and older does.

Table 1. Effect of the maternal age class of does (yearling vs. adults) on pregnancy rate, fetuses/pregnant doe, and fetuses/total does examined in concentrate-supplemented does on rangeland in northern Mexico.

Variables	Yearlings	Adults	<i>p</i> -value
Does examined	31	88	
Pregnancy rate (%)	100	97.8	0.27
Fetuses/pregnant doe	1.52 ± 0.51	1.50 ± 0.59	0.892
Fetuses/total does	1.52 ± 0.51	1.47 ± 0.62	0.691
Singles (%)	15/31 (48.4)	45/88 (51.1)	0.918
Twins (%)	16/31 (51.6)	42/88 (47.7)	0.709
Triplets (%)	0/0 (0%)	2/88 (2.3)	0.154

For pluriparous female white-tailed deer, one of them presented ovarian cysts and another vaginitis.

Principal components derived from some body measurements, age class, and serum metabolites, showed separation between single-bearing or twin-bearing does (Fig. 2), with thoracic circumference being the most important variable responsible for number of fetuses. The first two principal components explained 52 % of the variation in the data.

The effect of body measurements on the number of fetuses is presented in (Table 2). Only thoracic circumference was related to the number of fetuses ($p < 0.05$). None of the serum metabolite concentrations influenced the number of fetuses per pregnant doe (Table 3).

DISCUSSION

Pregnancy rate in this population of white-tailed deer was very high, as it has been reported previously (Fortín *et al.*, 2015), indicating a population in excellent health with outstanding reproductive potential due to adequate food supply (Ayotte *et al.*, 2019). Deer received supplemental concentrate in winter; therefore, they were ingesting a diet that would allow deer to meet maintenance and pregnancy nutrient requirements. No differences in pregnancy rate were observed between yearlings and adults, which agrees with Fortín *et al.* (2015). However, yearlings from larger populations have presented lower pregnancy rates and fecundity than adults (>2.5 years of age; DelGiudice *et al.*, 2007; Bender and Hoenes, 2017).

Table 2. Between-group comparison of body measurements of free-ranging female white-tailed deer bearing a single or twin pregnancy on rangeland.

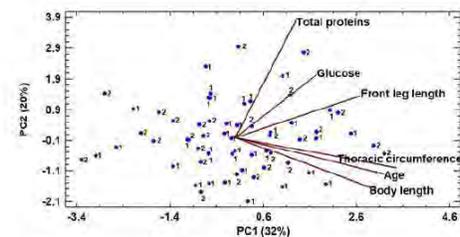


Figure 2. Results of the principal components analysis from some serum metabolites, and some body measurements. The two principal components with the largest eigenvalues are shown as the x, -and y-axes, respectively. In addition, the loading for each of the input variables concerning these two dimensions is shown. For each point: 1= single, and 2= twin.

Body and age variables	Single (S; n= 61)	Twins (T; n= 60)	S-T difference 95 % CI	p-value
Thoracic circumference (cm)	84.1 ± 4.2	85.9 ± 4.9	-1.7 (-3.4 - 0.1)	0.039
Front leg length (cm)	83.7 ± 4.6	84.8 ± 5.0	-1.1 (-2.8 - 0.6)	0.211
Body length (cm)	170.9 ± 6.1	170.6 ± 6.4	0.31 (-1.9 - 2.6)	0.780
Age classes	4.0 ± 1.3	4.0 ± 1.2	0.06 (-0.4 - 0.5)	0.776

Table 3. Between-group comparison of serum metabolites of free-ranging female white-tailed deer on rangeland bearing a single or twin pregnancy.

Serum metabolites	Single (S; n= 35)	Twin (T; n= 28)	S-T difference 95 % CI	p-value
Glucose (mg/dL)	75.0 ± 28.8	76.1 ± 28.1	-1.0 (-15.4 - 13.4)	0.885
Urea (mg/dL)	26.5 ± 6.0	26.4 ± 6.2	0.15 (-3.0 - 3.3)	0.923
Creatinine (mg/dL)	2.3 ± 0.5	2.3 ± 0.4	-0.00 (-0.2 - 0.2)	0.995
Cholesterol (mg/dL)	147.7 ± 48.2	149.8 ± 44.5	-2.1 (-25.4 - 21.6)	0.863
Total proteins (mg/dL)	6.0 ± 1.1	6.2 ± 1.3	-0.2 (-0.8 - 0.4)	0.535

Pregnancy rates and litter sizes reported for free-ranging white-tailed deer in south-central New Mexico, USA were 40 % and 100 % for yearlings (1.5 years old), 95 % and 1.55 for females 2.5-7.5 years of age, and 81 % and 1.28 for females 8.5 years and older (Bender and Hoenes, 2017). In northern Mexico, the pregnancy rate was 89 % in food-supplemented females of all ages, with a mean litter size of 1.65 (Mellado *et al.*, 2013).

Pregnancy rates close to the ones observed in the present study in free-ranging deer have been reported by Tonkovich *et al.* (2004), Fortín *et al.* (2015), and DelGiudice *et al.* (2007) in habitats with high quantities of high-quality food of northern USA, but other reports including fawns, yearlings, and adults reported 65 % pregnancy rate in Midwestern USA (Haugen, 1975; Green *et al.*, 2017). The reason for this ample range of pregnancy rates is variation in habitat type and forage resource availability and quality of the diet (Millán *et al.*, 2022). Also, this discrepancy could be due to sample bias in studies with hunters' harvest, where the biggest animals are hunted, and these animals have greater odds of being pregnant (Martínez *et al.*, 2005).

The present study supported previous research that free-ranging white-tailed deer typically carry one or two fetuses (Fortín *et al.*, 2015; Green *et al.*, 2017). In disagreement with previous research where an age-related swing from producing mostly singletons at younger ages to twins in older does (Strickland *et al.*, 2008; Jones *et al.*, 2010), probably because body mass in young deer is more variable

than for older deer (Strickland *et al.*, 2008), in the present study litter size did not differ with age class. This can be explained by the fact that deer in the present study did not have nutritional limitations during the reproductive process and consequently did not present a body condition loss during the reproductive course.

Out of the four body measurements, only thoracic circumference was associated with the number of fetuses per pregnant doe. Body measurements, such as thoracic circumference have been used in the definition of adult size, nutritional status, and physiological maturity in cattle (Rocha *et al.*, 2003) and white-tailed deer (Uvalle-Sauceda *et al.*, 2013), which allow the establishment of the relationship between body conformation and functionality and length of productive life of animals (Strupák *et al.*, 2010). The thoracic circumference is related to body condition score (Tozlu Celik *et al.*, 2021) and body weight (Worku, 2019; Chay-Canul *et al.*, 2019) in sheep. Thus, apparently, in the present study greater thoracic circumference was linked with greater body energy reserves, and greater body fat of deer at about the middle of pregnancy predicted the number of fetuses they carry (Johnstone-Yellin *et al.*, 2009). Thus, thoracic circumference can provide information about the number of fetuses in pregnant white-tailed deer.

Serum chemistry results were consistent with the published literature (Smith, 2011; Chitwood *et al.*, 2013). None of the serum metabolites indicative of nutritional status were related to number of fetuses. Serum glucose, cholesterol, urea, creatinine, and total proteins are regularly included in blood chemistry profiles as metabolic indicators of physiologic condition or nutritional status and health in deer (Jenks and Leslie, 2003; DePerno *et al.*, 2015).

In ruminants, the reproductive function and endocrine system are markedly influenced by the nutrition status (Meikle *et al.*, 2018). Both over- and undernutrition not only alter body weight (Grazul-Bilska *et al.*, 2012) but also impact ovarian hormone concentrations (Scaramuzzi *et al.*, 2006), folliculogenesis, and the intrafollicular environment (Ying *et al.*, 2011; Al-Hamedawi *et al.*, 2017). In this context, the present study showed that regardless of age class, maternal nutrition of does was optimal for achieving an adequate number of fetuses.

CONCLUSIONS

Excellent maternal nutrition in winter with high levels of protein and energy in the diets of free-ranging young and adult white-tailed deer in semi-arid rangeland gave optimum pregnancy rate and fecundity. Serum metabolites indicative of nutritional status were not useful to discriminate between single or twin-bearing does, but thoracic circumference may be a usual predictor of number of fetuses in white-tailed deer. Thus, feeding on concentrate-rich diets may be feasible in droughts or when a high pregnancy rate and fecundity are desired in diversified livestock ranches in northern Mexico.

AUTHORS PARTICIPATION

Miguel Mellado designed and drafted the manuscript. Miguel Mellado and José E. García carried out the statistical analysis. Oscar Ángel-García and Viridiana Contreras carried out the ultrasound scanning, and Jesús Mellado processed the data. Francisco Rodríguez-Huerta made the deer capture. All authors revised the manuscript and approved the submitted version.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Autonomous Agrarian University Antonio Narro, under project number 03001-2258.

CONFLICT OF INTEREST

None of the authors of this article has a personal or financial relationship with other people or organizations that could inappropriately influence or bias the content of the paper.

REFERENCES

- Al-Hamedawi, T. M., Zalzal, S. J. and Al-Shammary, S. M. (2017). Biochemical composition of caprine follicular fluid in relation with different follicles size in Iraqi local goats. *Adv Anim Vet Sci*, 5(3),145-147. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2017/5.3.145.147>
- Ayotte, P., Simard, M. A. and Côté, S. D. (2019). Reproductive plasticity of female white-tailed deer at high density and under harsh climatic conditions. *Oecologia*, 189, 661-673. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04337-9>
- Beaver, J. T., Grantham, C., Cooksey, M., Skow, K., Pierce, B. L. and Lopez, R. R. (2022). Effectiveness, economics, and safety of drop nets and helicopters with net-gunning for capturing white-tailed deer. *Wildl Soc Bull.* 46(5), e1365. <https://doi.org/10.1002/wsb.1365>
- Bender, L. C. and Hoenes, B. D. (2017). Costs of lactation to body condition and future reproduction of free-ranging mule deer *Odocoileus hemionus* (Cervidae). *Mammalia*, 81, 329-337. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2015-0143>
- Chay-Canul, A. J., García-Herrera, R. A., Salazar-Cuytún, R., Ojeda-Robertos, N. F., Cruz-Hernández, A., Fonseca, M. A. and Canul-Solís, J. R. (2019). Development and evaluation of equations to predict body weight of Pelibuey ewes using heart girth. *Rev Mex Cien Pec*, 10(3), 767-777. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4911>
- Chitwood, M. C., DePerno, C. S., Flowers, J. R. and Kennedy-Stoskopf, S. (2013). Physiological condition of female white-tailed deer in a nutrient-deficient habitat type. *Southeast Nat*, 12(2), 307-316. <https://doi.org/10.1656/058.012.0206>

- DelGiudice, G. D., Lenarz, M. S. and Powell, M. C. (2007). Age-specific fertility and fecundity in northern free-ranging white-tailed deer, evidence for reproductive senescence? *J Mammal*, 88(2), 427-435. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-164R.1>
- DePerno, C. S., Chitwood, M. C., Kennedy-Stoskopf, S. and Jenks, J. A. (2015). Fructosamine: an alternative to serum glucose measurement in white-tailed deer *Odocoileus virginianus*. *J Wildl Dis*, 51(4), 876-879. <https://doi.org/10.7589/2014-07-182>
- FASS. (2020). Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching. Fed Anim Sci Soc. 4th ed. Champaign, IL, USA, p. 216.
- Fortín, N. L., Pekins, P. J. and Gustafson, K. A. (2015). Productivity measures of white-tailed deer in New Hampshire, Assessing reduced recruitment, deer productivity in New Hampshire. *Wildl Soc Bull*, 39(1), 56-64 <https://doi.org/10.1002/wsb.498>
- Gallina-Tessaró, S. A., Hernández-Huerta, A., Delfín-Alfonso, C. A. and González-Gallina, A. (2009). Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Inv Amb*, 1, 143-152.
- Castelum Mendoza, F. I., Cantú Ayala, C. M., Uvalle Saucedo, J. I., Lozano Cavazos, E. A., Serna Lagunes, R. and González Saldívar, F. N. (2020). Importance of the desert microphilous scrubland for the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus* Mearns, 1898) in the state of Coahuila. *Rev Mex Cienc For*, 11(62). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.747>
- Grazul-Bilska, A. T., Borowczyk, E., Bilski, J. J., Reynolds, L. P., Redmer, D. A., Caton, J. S. and Vonnahme, K. A. (2012). Overfeeding and underfeeding have detrimental effects on oocyte quality measured by in vitro fertilization and early embryonic development in sheep. *Dom Anim Endocrinol*. 43(4), 289-298 <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2012.05.001>
- Green, M. L., Kelly, A. C., Satterthwaite-Phillips, D., Manjerovic, M. B., Shelton, P., Novakofski, J. and Mateus-Pinilla, N. (2017). Reproductive characteristics of female white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the Midwestern USA. *Theriogenology*, 94, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.02.010>
- Guajardo-Quiroga, R. G. and Martínez-Muñoz, A. (2004). Cuantificación del impacto económico de la caza deportiva en el norte de México y perspectivas para su desarrollo. *Ent Económ*, 42, 1-17.
- Haugen, A. O. (1975). Reproductive performance of white-tailed deer in Iowa. *J Mammal*, 56(1), 151e9. <https://doi.org/10.2307/1379613>
- Jenks, J. A. and Leslie, D. M. (2003). Effect of domestic cattle on the condition of female white-tailed deer in southern pine-bluestem forests, USA. *Acta Theriol*, 48, 131-144. <https://doi.org/10.1007/BF03194273>
- Johnstone-Yellin, T. L., Shipley, L. A., Myers, W. L. and Robinson, H. S. (2009). To twin or not to twin? Trade-offs in litter size and fawn survival in mule deer. *J Mammal*, 90(2), 453-460. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-030.1>
- Jones, P. D., Strickland, B. K., Demarais, S. and Blaylock, A. C. (2010). Reproductive characteristics of white-tailed deer in Mississippi. *Southeast Nat*, 9(4), 803-812. <https://doi.org/10.1656/058.009.0414>
- Martínez, A. and Hewitt, D. G. (1999). Nutritional condition of white-tailed deer in northern Mexico. *Wildl Soc Bull*, 27, 543-546.
- Martínez, M., Rodríguez-Vigal, C., Jones, O. R., Coulson, T. and Miguel, A. S. (2005). Different hunting strategies select for different weights in red deer. *Biol Letters*, 1(3), 353-356. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2005.0330>
- Meikle, A., de Brun, V., Carriquiry, M., Soca, P., Sosa, C., Adrien, M. D.L., Chilbroste, P. and Abecia, J. A. (2018). Influences of nutrition and metabolism on reproduction of the female ruminant. *Anim Reprod*, 15(1), 899-911. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0017>
- Mellado, M., Orta, C. G., Lozano, E. A., García, J. E, Veliz, F. G. and de Santiago, A. (2013). Factors affecting reproductive performance of white-tailed deer subjected to fixed-time artificial insemination or natural mating. *Reprod Fert Dev*, 25(3), 581. <https://doi.org/10.1071/RD12055>
- Millán, M. F., Carranza, J., Seoane, J. M. and Pérez-González, J. (2022). Forage quality of consecutive years interact to affect body condition, reproductive rate and rut phenology in Iberian red deer. *PLoS One*, 17(12), e0278367. [10.1371/journal.pone.0278367](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278367)
- Ovalle-Rivera, N. A. (2019). Uso de aguas artificiales por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmermann) y fauna silvestre asociada en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, 67 p.
- Pavlik, A., Slama, P., Bures, D. and Kotrba, R. (2018). Effect of feeding on growth and blood biochemistry of male fallow deer. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci*, 8(3), 911-913. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018-19.8.3.911-913>
- Rankins, S. T., DeYoung, R. W., Foley, A. M., Ortega-S, A., Fulbright, T. E., Hewitt, D. G., Hilton, C. D., Schofield, L. R. and Campbell, T. A. (2023). Regional copper deficiency in white-tailed deer. *Open J Ecol*, 13(1), 9-21. <https://doi.org/10.4236/oje.2023.131002>
- Retes López, R., Cuevas González, M. I., Moreno Medina, S., Denogean Ballesteros, F., Ibarra Flores, F. and Martín Rivera, M. (2010). Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre como alternativa para "los nuevos agronegocios". *Rev Mex Agroneg*, 27, 336-346.
- Rosef, O., Nystoyl, H. L., Solenes, T. and Arnemo, J. M. (2004). Haematological and serum biochemical reference

- values in free-ranging red deer (*Cervus elaphus atlanticus*). *Rangifer*, 24, 79-85. <https://doi.org/10.7557/2.24.2.304>
- Rocha, E. D., Andrade, V. J., Filho, E., Nogueira, K. E. and Figueiredo, G. R. (2003). Mature Nellore cow size and its effect on beef cattle production system. *Arqu Bras Med Vet Zoot*, 55(4), 474-479. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000400014>
- Scaramuzzi, R. J., Campbell, B. K., Downing, J. A., Kendall, N. R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M. and Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod Nutr Dev*, 46(4), 339-354. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006016>
- Severinghaus, C. W. (1949). Tooth development and wear as criteria of age in white-tailed deer. *J Wildl Manage.* 13(2), 195-216
- Smith, M. L. (2011). Blood Chemistry of free-ranging and captive white-tailed deer *Odocoileus virginianus* in Texas. Master's thesis Texas AM University, College Station, Texas, USA, p. 57. <https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/ETD-TAMU-2011-05-9143/SMITH-THESIS.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Strapák, P., Juhás, P., Strapáková, E. and Halo M. (2010). Relation of the length of productive life and the body conformation traits in Slovak Simmental breed. *Arch Anim Breed*, 53(4), 393-402. <https://doi.org/10.5194/aab-53-393-2010>
- Strickland, B. K., Demarais, S. and Gerard, P. D. (2008). Variation in mass and lactation among cohorts of white-tailed deer *Odocoileus virginianus*. *Wildl Biol*, 14(2) 263-271. [https://doi.org/10.2981/0909-6396\(2008\)14\[263:VIM ALA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2981/0909-6396(2008)14[263:VIM ALA]2.0.CO;2)
- Swihart, R. K., Weeks, H. P., Easter-Pilcher, A. L. and DeNicola, A. J. (1998). Nutritional condition and fertility of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) from areas with contrasting histories of hunting. *Can J Zool*, 76(10), 1932-1941. <https://doi.org/10.1139/z98-139>
- Therrien, J. F., Cote, S. D., Festa-Bianchet, M. and Ouellet, J. P. (2008). Maternal care in white-tailed deer: trade-off between maintenance and reproduction under food restriction. *Animal Behaviour*, 75(1), 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.04.030>
- Tonkovich, M. J., Reynolds, M. C., Culbertson, W. L. and Stoll, R. J. (2004). Trends in reproductive performance and condition of white-tailed deer in Ohio. *Ohio J Sci*, 104, 112-122.
- Tozlu Celik, H., Aslan, F. A., Kasko Arıcı, Y., Kahveci, M. E. and Kiper, I. (2021). Determining the factors affecting the gestational length in sheep. *Arch Anim Breed*, 64(1), 83-89. <https://doi.org/10.5194/aab-64-83-2021>
- Uvalle-Sauceda, J. I., Ontiveros Chacón, J. C., González-Saldivar, F. and Moreno-Degollado, G. (2013). Morphometric assessment of white-tailed fawns (*Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1780) reared in captivity. *Rev. Mex. Cien. For*, 4(17), 84-97. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i17.423>
- Vahtiala, S., Säkkinen, H., Dahl, E., Eloranta, E., Beckers, J. F. and Ropstad E. (2004). Ultrasonography in early pregnancy diagnosis and measurements of fetal size in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*). *Theriogenology*, 61(4), 785-795. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00253-X](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00253-X)
- Worku, A. (2019). Body weight had the highest correlation coefficient with heart girth around the chest under the same farmers feeding conditions for Arsi Bale sheep. *Int J Agric Sci Food Technol*. 5, 6-12. <https://doi.org/10.17352/ijasft>
- Ying, S., Wang, Z., Wang, C., Nie, H., He, D., Jia, R., Wu, Y., Yongjie, W., Zhou, Z., Yan, Y., Zhang, Y. and Wang, F. (2011). Effect of different levels of short-term feed intake on folliculogenesis and follicular fluid and plasma concentrations of lactate dehydrogenase, glucose, and hormones in Hu sheep during the luteal phase. *Reprod.* 142(5), 699-710. <https://doi.org/10.1530/REP-11-0229>

Revista Chapingo Serie Zonas Áridas

ASSOCIATIONS OF ANTHROPOMETRIC MARKERS OF WHITE-TAILED DEER (*Odocoileus virginianus, texanus*) WITH SERUM METABOLITES AND MINERALS --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	ASSOCIATIONS OF ANTHROPOMETRIC MARKERS OF WHITE-TAILED DEER (<i>Odocoileus virginianus, texanus</i>) WITH SERUM METABOLITES AND MINERALS
Short Title:	Anthropometric markers of white-tailed deer
Article Type:	Original Study/Estudio Original
Section/Category:	Recursos Naturales de Zonas Áridas
Keywords:	body size; cholesterol; cooper; glucose; iron; phosphorous
Corresponding Author:	J. Eduardo Garcia, Ph.D. MEXICO
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Francisco A. RODRÍGUEZ-HUERTA, Ph.D.
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Francisco A. RODRÍGUEZ-HUERTA, Ph.D. J. Eduardo Garcia, Ph.D. Oscar A. GARCÍA, Ph.D. Viridiana CONTRERAS, Ph.D. Jesús MELLADO, Ph.D. Miguel MELLADO, Ph.D.
Order of Authors Secondary Information:	
Abstract:	This study aimed to assess the association between different body size traits (height at wither, nose-to-tail length, tail length, ear length, front leg length, leg width, thoracic circumference) and age and body weight and selected serum metabolites and minerals in free-ranging white-tailed deer (<i>Odocoileus virginianustexanus</i> ; n= 28). Serum glucose concentration was distinct from deer with different body measurements, as Principal Components Analysis showed. Significant negative correlations ($P<0.01$) were obtained for wither height and serum glucose concentration ($r = -0.54$) and nose-to-tail length and serum cholesterol concentration ($r = -0.46$). On the other hand, wither height ($r = 0.44$) and nose-to-tail length ($r = 0.38$) were correlated ($P<0.05$) with serum iron concentrations. Tail length and ear length were positively correlated with serum phosphorus ($r = 0.42$ and 0.43 , respectively; $P<0.05$), whereas tail length was associated with serum cooper ($r = 0.49$; $P<0.01$). It was concluded that important body measurements indicative of body size were negatively associated with serum metabolites indicative of nutritional status. Thus, results show that in this particular environment, smaller does presented a better metabolites profile than larger deer.
Suggested Reviewers:	N.R. Lambe, Ph.D. Scottish Agricultural College: Scotland's Rural College Nicola.Lambe@sac.ac.uk Doctor. Lambe has a large number of articles in this area. Luis BENDER, Ph.D.

	<p>New Mexico State University lbender@nmsu.edu Dr. Bender has a large number of articles in this area.</p>
	<p>Hernán Cucho, Ph.D. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ciencias Agrarias hernan.cucho@unsaac.edu.pe Doctor. Cucho has a large number of articles in this area.</p>
Opposed Reviewers:	

Submission letter (Carta de Envío)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Campus Saltillo

Departamento de Nutrición Animal
de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila
CP 25315, México
Tel.: (844)411-0200 Ext. 2324
Tel. directo: (844)411-0324
Correo E.: edugarmartz@gmail.com

May 20, 2023

Dr. Ricardo David Valdez-Cepeda
Editor-in-Chief Revista Chapingo Serie Zonas Áridas

I am submitting the manuscript “Associations of anthropometric markers of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*, texanus) with serum metabolites and minerals” for possible publication in Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. This study is derived from an original work and own authorship.

This manuscript has not been submitted to other journals; therefore, it does not overlap with other articles published or in press in journals, books, or conference proceedings.

The experiment was conducted according to the “Guiding Principles in the care and use of animals” approved by the Council of the American Physiological Society; ethical considerations did not arise during the study.

This experiment complies with current Mexican laws and regulations regarding animal welfare.

All authors have contributed significantly to the process of the experiment and preparation of the manuscript, and all authors fully agree with the content of this manuscript.

The merit of this study is that from field data set, it is well documented some important associations of anthropometric markers of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*, texanus) with serum metabolites and minerals in an arid environment in northern Mexico

Sincerely Yours,

José Eduardo García Martínez

Misión IAZ

Formar profesionistas de amplio criterio, con sentido humanista, capaces de lograr cambios para promover el desarrollo de productores e industria pecuaria y el uso racional de los recursos para lograr la sustentabilidad del medio rural

1 **ASSOCIATIONS OF ANTHROPOMETRIC MARKERS OF WHITE-TAILED DEER**
2 **(*Odocoileus virginianus, texanus*) WITH SERUM METABOLITES AND MINERALS**

3
4 **ASOCIACIONES DE MARCADORES ANTROPOMÉTRICOS DE VENADAS COLA**
5 **BLANCA (*Odocoileus virginianus, texanus*) CON METABOLITOS Y MINERALES**
6 **SÉRICOS**

7
8
9 **Highlights**

- 10
11 • Anthropometric markers of white-tailed deer
12 • Concentration of serum metabolites in white-tailed deer
13 • Concentration of minerals metabolites in white-tailed deer
14

15
16 **ABSTRACT**

17
18 This study aimed to assess the association between different body size traits (height at
19 withers, nose-to-tail length, tail length, ear length, front leg length, leg width, thoracic
20 circumference) and age and body weight and selected serum metabolites and minerals
21 in free-ranging white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus*; n= 28). As Principal
22 Components Analysis showed, serum glucose concentration was distinct from deer with
23 different body measurements. Significant negative correlations ($P<0.01$) were obtained
24 for withers height and serum glucose concentration ($r= -0.54$) and nose-to-tail length and
25 serum cholesterol concentration ($r= -0.46$). On the other hand, withers height ($r= 0.44$) and
26 nose-to-tail length ($r= 0.38$) were correlated ($P<0.05$) with serum iron concentrations. Tail

27 length and ear length were positively correlated with serum phosphorus ($r= 0.42$ and 0.43 ,
28 respectively; $P<0.05$), whereas tail length was associated with serum cooper ($r= 0.49$;
29 $P<0.01$). It was concluded that important body measurements indicative of body size were
30 negatively associated with serum metabolites indicative of nutritional status. Thus, results
31 show that in this particular environment, smaller does present a better metabolites profile
32 than larger deer.

33

34 **Keywords.** body size; cholesterol; cooper; glucose; iron; phosphorous

35

36

37

RESUMEN

38

39 Este estudio tuvo como objetivo evaluar la asociación entre diferentes rasgos del tamaño
40 corporal (altura a la cruz, largo de la nariz a la cola, largo de la cola, largo de las orejas,
41 largo de pata delantera, ancho de la pierna, circunferencia torácica) y la edad y el peso
42 corporal y algunos metabolitos y minerales sanguíneos en venadas cola blanca
43 (*Odocoileus virginianus texanus*) en agostadero ($n=28$). La concentración de glucosa en
44 suero fue distinta en las venadas con diferentes medidas corporales, como muestra el
45 análisis de componentes principales. Se obtuvieron correlaciones negativas significativas
46 ($P<0.01$) para la altura a la cruz y la concentración sérica de glucosa ($r= -0.54$) y la
47 longitud de la nariz a la cola y la concentración sérica de colesterol ($r= -0.46$). Por otro
48 lado, la altura a la cruz ($r= 0.44$) y la longitud de la nariz a la cola ($r= 0.38$) se
49 correlacionaron ($P<0.05$) con las concentraciones de hierro sérico. La longitud de la cola

50 y de las orejas se correlacionaron positivamente con el fósforo sérico ($r= 0.42$ y 0.43 ,
51 respectivamente; $P<0.05$), mientras que la longitud de la cola se asoció con el cobre
52 sérico ($r= 0.49$; $P<0.01$). Se concluyó que algunas medidas corporales importantes
53 indicativas del tamaño corporal se asociaron negativamente con los metabolitos séricos
54 indicativos del estado nutricional. Por lo tanto, los resultados muestran que, en este
55 ecosistema particular, las venadas más pequeñas tienen un mayor potencial para
56 presentar un perfil de metabolitos sanguíneos que las venadas más grandes.

57

58 **Palabras clave.** tamaño corporal; colesterol; cobre; glucosa; hierro; fósforo

59

60

61

INTRODUCTION

62

63 As forage quality and quantity decline during dry seasons, ungulates with adequate body
64 energy reserves continue to balance their energy needs (Kohli *et al.*, 2014). Also,
65 ruminants display physiological adaptations to reduce metabolism and food intake when
66 forage is scarce, which results in the utilization of somatic reserves to meet basal
67 metabolic needs (Monteith *et al.*, 2013). When forage availability improves, herbivores
68 can recover those energy reserves (Monteith *et al.*, 2018). Thus, body energy reserves
69 are essential to satisfy metabolic requirements when energy from forage does not meet
70 the requirement of wild ungulates (Parker *et al.*, 2009).

71 Given that reproductive success is highly associated with body energy reserves in cervids
72 (Tollefson *et al.*, 2010, Minami *et al.*, 2012; Milner *et al.*, 2013), birth attributes of juveniles

73 (Lomas & Bender, 2007, Hoenes, 2008), and survival of juveniles (Lomas & Bender,
74 2007, Bishop *et al.*, 2009), it would be convenient to assess the nutritional status of deer
75 through blood metabolites indicative of body energy reserves. Various live animal
76 measurements are useful predictors of carcass composition (Drennan *et al.*, 2008; Lambe
77 *et al.*, 2008) and live weight in sheep (Kader Esen & Elmaci, 2021). It was hypothesized
78 that greater dimensions of some body parts are associated with a better nutritional profile
79 reflected in some serum metabolites. This study aimed to examine the association
80 between various live body measurements and serum metabolites indicative of body
81 energy reserves and minerals.

82

83

84

MATERIAL AND METHODS

85

86 **Study area.** The study was carried out in a ranch dedicated to wildlife conservation in
87 northeastern Mexico (27° 58' N and 100° 13' W) in January 2022. The study site has an
88 average altitude of 620 meters above sea level. The vegetation is semi-arid rangeland
89 (microphyll desert scrub) with a mean annual temperature of °C. Annual rainfall ranges
90 from 300 to 400 mm, with most rain occurring as high-intensity thunderstorms from June
91 to October. The ranch covers 2050 ha enclosed by a deer fence of 2.4 m high. There are
92 multiple water troughs and five feed bunks.

93

94 **Deer capture, handling, and blood collection.** Animal procedures were agreed upon
95 and performed following the Institutional Animal Care and Use Committee of the Agrarian

96 Autonomous University Antonio Narro (Protocol # 03001-2258) and carried out following
97 FASS (2010). A total of 28 Texan white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus*) were
98 used in the present study. Deer grazed on open rangeland year-round. Does has just
99 finished the breeding season; thus, it is presumed that most animals were in their first
100 weeks of gestation. The capture of deer was carried out by projectile darts and
101 immobilizing drugs. Deer were physically restrained and blindfolded after they were
102 captured.

103

104 Blood samples were collected by venipuncture of the jugular vein into an evacuated sterile
105 tube without anticoagulant (Vacutainer, Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ). The
106 samples were kept chilled and allowed to clot. Blood samples were centrifuged at 1200 g
107 for 10 min within 1 h after sampling. The serum samples were placed in plastic vials and
108 stored at -20°C until analysis.

109

110 **Body, blood serum, and age measurements.** Does were measured in a standing
111 position, firmly restrained under field conditions using a plastic measuring tape and a
112 measuring stick. Body length was the distance between the cervicothoracic joint and the
113 first intercoccygeal joint at the base of the tail. Front leg length was measured as a
114 distance from the ground's surface to the leg's union with the animal's chest. The thoracic
115 circumference was measured around the chest, taking the withers as the point of
116 reference. Age groups were separated based on tooth eruption and wear patterns
117 (Severinghaus 1949). Serum glucose, total protein (TP), cholesterol, urea, and creatinine
118 concentrations were determined using colorimetric methods following protocols supplied

119 by the kit's manufacturers. Phosphorous was determined by the colorimetric method
120 described by Fiske and Subbarow (1925).

121

122 **Data analysis.** Principal Components Analysis was applied to reveal which variables
123 were important to understand the sources of variation of data for does with low or high
124 serum glucose and see distances between important live body measurements affecting
125 serum glucose levels, using Statgraphics Centurion 19 (Statgraphics Technologies, Inc.,
126 The Plains, Virginia). The same software was used to carry out a canonical correlation
127 analysis to find out the linear relationship between 2 multidimensional variables, X (length
128 of leg, ear length, tail length, and wither height) and Y (serum P, Cu, and Fe). The aim
129 was to find a linear combination so that the correlation between U and V is maximized.
130 Such linear combinations would reflect the relationship between both sets of variables.
131 To assess the association between body measurements and serum metabolites and
132 minerals, a multiple correlation analysis was carried out using Statgraphics software.

133

134

135

RESULTS AND DISCUSSION

136

137 Principal components derived from some body measurements, age class, and body
138 weight, showed some separation between does with high or low serum glucose (Fig. 1),
139 with wither height, thoracic circumference, nose-to-tail length, and age being the most
140 important variables responsible for low or high levels of serum glucose. The first two
141 principal components explained 61.5% of the variation in the data. One objective of the

142 current study was to find out the variability of the deer serum metabolites indicative of
143 nutritional status over different body measurements. Serum glucose concentration tended
144 to be lower for does with greater wither height, ear length, tail length, thoracic
145 circumference, nose-to-tail length, body weight, and age.

146

147 In general, the serum glucose values (46.0 - 74.3 mg/dL) were within the range to be
148 expected for white-tailed deer (Burdic *et al.*, 2012), although other studies have registered
149 hyperglycemia (≥ 120 mg/dL) in free-ranging white-tailed deer (Boesch *et al.*, 2011;
150 Moratz *et al.*, 2019). The strongest correlation between body measurements and serum
151 metabolites occurred between wither height and serum glucose (Table 1). This negative
152 association is perplexing because other studies have not found a significant inverse effect
153 of body weight and blood glucose levels in various sheep breeds (Ashour *et al.*, 2020).
154 Serum glucose concentrations are indicators of energy status in animals. Higher glucose
155 concentration in shorter does possibly resulted from greater ruminal microbial propionate
156 production perhaps to a better diet selection, but high variability in blood glucose among
157 does reflects the influence of many other factors. Also, insulin response to a glucose load
158 increases with age in sheep (Jaquier *et al.*, 2013), therefore, the older (greater size) the
159 does the lower blood glucose as a result of greater insulin secretion (Ruhe *et al.*, 1992).
160 However, the use of blood glucose as an indicator of nutritional status, in animals
161 chemically restrained (Arnemo & Ranheim, 1999) may not precisely characterize the
162 nutritional condition via blood metabolites of free-ranging animals.

163

164 Another important finding of this study is the moderate negative association between body
165 length and serum cholesterol. Both serum glucose concentration decreases when energy
166 demands cannot be met from nutrient intake. Thus, these metabolites are related to
167 energy balance in ruminants (Kida, 2003). The lower serum cholesterol in bigger does
168 further depict the energy deficit of larger deer, as cholesterol is involved in the transport
169 of fatty acids from adipose tissue in response to an energy deficit in absorbed fuels
170 (Carbone *et al.*, 2012; Tadesse *et al.*, 2021). Low serum cholesterol levels in larger deer
171 could be due to the greater struggle of bigger animals to meet their energy demand, thus
172 leading to depleted body reserves. The lower serum glucose concentration in taller deer
173 also could be to energy restriction suggesting that the plane of nutrition was inadequate
174 to satisfy nutrient requirements during early pregnancy. The current study was carried out
175 in winter with a shortage of forage; therefore, the taller deer apparently did not gather
176 enough nutrients through browsing/grazing required to maintain body processes and
177 normal body activity for carrying on their body functions.

178

179 On the other hand, taller does tended to have higher serum iron, copper and phosphorous
180 than shorter does (Table 1). Figure 2 also shows the front leg length, ear length, tail
181 length, and wither height were positively associated with serum P, Cu, and Fe. Factors
182 responsible for the greatest level of some minerals between does of different sizes
183 probably were the superior foraging abilities such as strength, reach, and physical skill of
184 the tallest does, which influence diet selection simply by providing access to desired parts
185 of forage species as it has been observed by Mellado *et al.* (2004) in free-ranging goats.
186 Phosphorus accumulates in actively growing tissues, with substantial transference from

187 twigs into newly developing leaves (Shane, 2004); thus, possibly taller deer had higher
188 access to newly tender leaves of shrubs and consequently ingested more P than shorter
189 deer. Also, in desert plants, Cu is preferentially incorporated into the leaves compared to
190 roots and stems, therefore taller deer may have ingested more Cu by a higher selection
191 of tender shoots and leaves of shrubs, compared to shorter deer.

192

193

194

CONCLUSIONS

195

196 Serum biochemistry of female deer at the beginning of gestation in a Chihuahuan desert
197 range varied with anthropomorphic measurements. A negative association between body
198 size and serum glucose and cholesterol suggests a need for supplementary feeding
199 during this period. Also, these data suggest smaller deer had better diet selectivity as
200 smaller animals had higher serum metabolites indicative of body energy reserves. Also,
201 these results suggest that deer with greater body size were better able to consume a diet
202 richer in P, Cu, and Fe.

203

204

205 **Competing interests**

206

207 The authors declare that the study was conducted in the absence of any commercial or
208 financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

209

210

211 **Acknowledgments**

212

213 This study was funded by The Autonomous Agrarian University Antonio Narro (Project
214 03001-2258).

215

216

217

REFERENCES

218

219 Arnemo, J. M, Ranheim, B. (1999) Effects of medetomidine and atipamezole on serum
220 glucose and cortisol levels in captive reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*). *Rangifer*,
221 19, 85–89. <https://doi.org/10.7557/2.19.2.284>

222 Ashour, G., Gad, A., Fayed, A. K., Ashmawy, N. A. El- Sayed, A. (2020) Evaluation of
223 growth performance, blood metabolites and gene expression analysis in Egyptian
224 sheep breeds, in relation to age. *World Veterinary Journal*, 10 (1), 18-29.
225 <https://doi.org/10.36380/scil.2020.wvj3>

226 Bishop C. J., White, G. C., Freddy, D. J., Watkins, B. E., Stephenson, T. R. (2009) Effect
227 of enhanced nutrition on mule deer population rate of change. *Wildlife Monographs*,
228 172, 1–28. <https://www.jstor.org/stable/40588208>

229 Boesch, J. M., Boulanger, J. R., Curtis, P. D., Erb, H. N., Ludders, J. W., Kraus, M. S.,
230 Gleed, R. D. (2011) Biochemical variables in free-ranging white-tailed deer
231 (*Odocoileus virginianus*) after chemical immobilization in clover traps or via ground-
232 darting. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 42, 18-28.
233 <https://doi.org/10.1638/2009-0146.1>

234 Burdic, S., Mitchell, M. A., Neil, J., Heggem, B., Whittington, J., Acierno, M. J. (2012)
235 Evaluation of two point-of-care meters and a portable chemistry analyzer for
236 measurement of blood glucose concentrations in juvenile white-tailed deer
237 (*Odocoileus virginianus*). *Journal of the American Veterinary Medical Association*,
238 240(5), 596-599. <https://doi.org/10.2460/javma.240.5.596>

- 239 Carbone, J. W., McClung, J. P., Pasiakos, S. M. (2012) Skeletal Muscle Responses to
240 Negative Energy Balance: Effects of Dietary Protein. *Advances in Nutrition*, 3, 119–
241 126. <https://doi.org/10.3945/an.111.001792>
- 242 Drennan, M. J., McGee, M., Keane, M. G., (2008) The value of muscularity and skeletal
243 scores in the live animal and carcass grades as indicators of carcass composition in
244 cattle. *Animal*, 2, 752–760. <https://doi.org/10.1017/S1751731108001754>
- 245 Fiske, C. H., Subbarow, Y. J. (1925) The colorimetric determination of phosphorus.
246 *Journal of Biological Chemistry*, 66, 375-400. <https://doi.org/10.1042/bj0260292>
- 247 Hoenes, B. (2008) Identification of factors limiting desert mule deer populations in the
248 greater San Andres Mountains of southcentral New Mexico. M.S. Thesis. New Mexico
249 State University, Las Cruces, NM.
- 250 Jaquierey, A. L., Oliver, M. H., Landon-Lane, N., Matthews, S. J., Harding, J. E.,
251 Bloomfield, F. H. (2013) Unpredictable feeding impairs glucose tolerance in growing
252 lambs. *PLOS ONE* 8(4), e61040. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061040>
- 253 Kader Esen, V., Elmaci, C. (2021) The estimation of live weight from body measurements
254 in different meat-type lambs. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 27, 469-475.
255 <https://doi.org/10.15832/ankutbd.719037>
- 256 Kida, K. (2003). Relationships of metabolic profiles to milk production and feeding in dairy
257 cows. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 65, 671–677.
258 <https://doi.org/10.1292/jvms.65.671>
- 259 Kohli, M., Sankaran, M., Suryawanshi, K. R., Mishra, C. (2014). A penny saved is a
260 penny earned: lean season foraging strategy of an alpine ungulate. *Animal*
261 *Behaviour*, 92, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.03.031>
- 262 Lambe, N. R., Navajas, E. A., Schofield, C. P., Fisher, A. V., Simm, G., Roehe, R.,
263 Bünger, L. (2008) The use of various live animal measurements to predict carcass
264 and meat quality in two divergent lamb breeds. *Meat Science*, 80(4), 1138-1149.
265 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.026>
- 266 Lomas, L.A., Bender, L. C. (2007) Survival and cause-specific mortality of neonatal mule
267 deer fawns, north-central New Mexico. *Journal of Wildlife Management*, 71, 884–894.
268 <https://doi.org/10.2193/2006-203>

- 269 Mellado, M., Rodríguez, A., Villarreal, J. A., Lopez, R. (2004) Height to withers and
270 abdominal circumference effects on diets of grazing goats. *Applied Animal Behaviour*
271 *Science*, 88(3-4), 263-274. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.03.011>
- 272 Milner, J. M., van Beest, F. M., Solberg, E. J., Storaas, T. (2013) Reproductive success
273 and failure: The role of winter body mass in reproductive allocation in Norwegian
274 moose. *Oecologia*, 172(4), 995-1005. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2547-x>
- 275 Minami, M., Oonishi, N., Higuchi, N., Okada, A. Takatsuki, S.. (2012) Costs of parturition
276 and rearing in female sika deer (*Cervus nippon*). *Zoological Science*, 29, 147–151.
277 <https://doi.org/10.2108/zsj.29.147>
- 278 Monteith K. L., Long R. A., Stephenson T. R., Bleich V. C., Bowyer R. T., LaSharr T. N.
279 (2018). Horn size and nutrition in mountain sheep: can ewe handle the truth? *Journal*
280 *of Wildlife Management*, 82, 67–84. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21338>
- 281 Monteith, K. L., Stephenson, T. R., Bleich, V. C., Conner, M. M., Pierce, B. M., Bowyer,
282 R. T. (2013) Risk-sensitive allocation in seasonal dynamics of fat and protein reserves
283 in a long-lived mammal. *Journal of Animal Ecology*, 82(2), 377-388.
284 <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12016>
- 285 Moratz, K. L., Gullikson, B. S., Michel, E. S., Grove, D. M., Jenks, J. A., Jensen, W. F.
286 (2019) Serological survey and pathogen exposure of adult female white-tailed deer
287 in the Western Dakotas. *The Prairie Naturalist*, 51:58-67.
- 288 Navarrete, J. U., Viveros, M., Ellzey, J. T., & Borrok, D. M. (2011) Copper isotope
289 fractionation by desert shrubs. *Applied Geochemistry*, 26, S319-S321.
290 <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.04.002>
- 291 Parker, K. L., Barboza, P. S., Gillingham, M. P. (2009) Nutrition integrates environmental
292 responses of ungulates. *Functional Ecology*, 23(1), 57-69.
293 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2009.01528.x>
- 294 Ruhe, R. C., Curry, D. L., Herrmann, S., McDonald, R. B. (1992) Age and gender effects
295 on insulin secretion and glucose sensitivity of the endocrine pancreas. *American*
296 *Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 262(4),
297 R671-R676. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1992.262.4.R671>
- 298 Severinhaus, C. W. (1949) Tooth development and wear as criteria of age in white-tailed
299 deer. *Journal of Wildlife Management*, 13, 195-216.

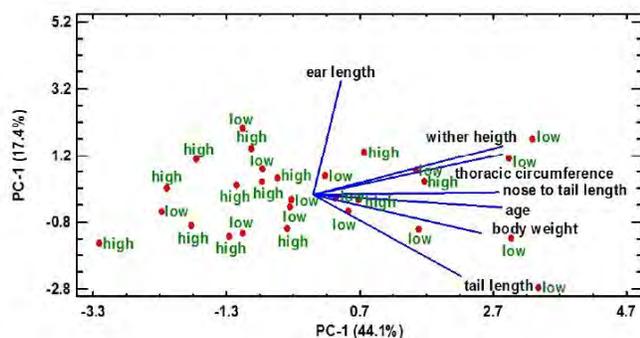
- 300 Shane, M. W. (2004) Tissue and cellular phosphorus storage during development of
301 phosphorus toxicity in *Hakea prostrata* (Proteaceae). *Journal of Experimental Botany*,
302 55(399), 1033-1044. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh111>
- 303 Tadesse, D., Puchala, R., Goetsch, A. L. (2021) Effects of restricted feed intake on blood
304 constituent concentrations in Dorper, Katahdin, and St. Croix sheep from different
305 regions of the USA. *Veterinary and Animal Science*, 14, 100211.
306 <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100211>
- 307 Tollefson, T. N., Shipley, L. A., Myers, W. L., Keisler, D. H., Dasgupta, N. (2010) Influence
308 of summer and autumn nutrition on body condition and reproduction in lactating mule
309 deer. *Journal of Wildlife Management*, 74, 974–986. <https://doi.org/10.2193/2008-529>
- 310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328

Figure

[Click here to access/download;Figure;Paco venadas metab miner Figures.docx](#)

1

1
2
3
4
5

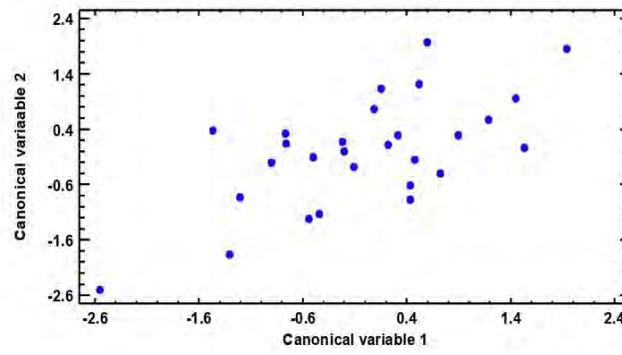


6

7 **Figure 1.** Results of the principal components analysis from some serum metabolites,
8 minerals, and some body measurements, age and body weight of free-ranging white-
9 tailed deer. The two principal components with the largest eigenvalues are shown as the
10 x, -and y-axes, respectively. In addition, the loading for each of the input variables
11 concerning these two dimensions is shown. For each point: high= high serum glucose
12 concentration, and low= low serum glucose concentration.

13
14
15
16
17
18
19
20

21
22
23
24
25
26
27
28



29
30 **Figure 2.** Correlations between the set of canonical variables U (front leg length, ear
31 length, tail length and wither height) and V (P, Cu, and Fe). Number of complete cases=
32 28; P=0.03.
33
34
35
36
37
38
39
40

41

42

43

Table

[Click here to access/download;Table;Paco venadas metab Table.docx](#)

1

1

2

3

4

5

6 **Table 1.** Significant Pearson correlation coefficients between live body measurements and selected serum
7 metabolites and minerals.

Pair of variables	Correlation	P-value
Wither height and serum iron	0.44	0.019
Wither height and serum glucose	-0.54	0.003
Nose-to-tail length and serum iron	0.38	0.043
Tail length and serum cooper	0.49	0.007
Tail length and serum phosphorus	0.42	0.013
Ear length and serum phosphorus	0.43	0.020
Nose-to-tail length and serum cholesterol	-0.46	0.014

8

3 CONCLUSIONES GENERALES

El venado cola blanca en libertad, que recibe complementos concentrados en un pastizal semiárido durante el invierno, presenta un perfil de metabolitos séricos adecuados, indicativo de un buen estado nutricional, que se refleja en un alto potencial productivo. Además, la edad materna no es un factor determinante en las métricas productivas; y una mayor circunferencia torácica en las hembras, es un buen indicador físico de fetos múltiples. Finalmente, el tamaño corporal de las venadas adultas presenta una correlación negativa con los metabolitos séricos, mientras que las más jóvenes presentan un mejor perfil de metabolitos y por lo tanto un mayor potencial del buen estado nutricional.

5.LITERATURA CITADA

- Albanesi, S. A., Jayat, J. P., & Brown, A. D. (2016). Patrones de actividad de mamíferos de medio y gran porte en el pedemonte de yungas del noroeste Argentino. *Mastozoología Neotropical*, 23(2), 335–358. disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/mznt/v23n2/v23n2a11.pdf>
- Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín. 2005. *Odocoileus virginianus*. Vertebrados superiores exóticos en México: Diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arellano-Álvarez, T., Mendoza-Martínez, G., Villarreal Espino-Barros, O. A., Martínez-García, J. A., Hernández-García, P. A., & Plata-Perez, F. X. (2021). Traslape de dieta entre el venado cola blanca y otros herbívoros en la Mixteca Poblana. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3). <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.3091>
- Borah Sanjib, Chandra-Sarmah B. (2013). Micronutrient in Sustainable Animal Production. Department of Veterinary Physiology college of veterinary Science, Assam Agricultural University. Disponible en: <https://en.engormix.com/dairy-cattle/articles/micronutrient-sustainable-animal-production-t35722.htm>
- Bravo, S., & Sepúlveda, N. (2010). Índices zoométricos en ovejas criollas Araucanas. *International Journal of Morphology*, 28(2), 489–495. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022010000200025>
- DNR (Department of Natural Resources)2023. Natural History of deer in Minnesota White-tailed deer *Odocoileo virginianus*. State of Minnesota en: <https://www.dnr.state.mn.us/mammals/deer/management/history.html>
Consultado: 31 de enero de 2023
- DOF, (1980) Acuerdo que establece el calendario y regula el ejercicio de la caza consultado el 12 de febrero 2023 disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4854403&fecha=09/06/1980
- E Silva, L. S., Santos, D. S. dos, Silva, E. R. da, Silva, J. K. B. da, Silva, G. A. da, Vieira, G. M. N., & Moreno, G. M. B. (2018). Desenvolvimento e zoometria de caprinos leiteiros jovens de diferentes grupos genéticos. *Pubvet*, 12(2), 1–9. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n2a27.1-9>
- Eloy, A., Fernando, I., Uvalle-sauceda, F. N., José, I., Forestales, C. P. F. D. C., & Nuevo, U. A. D. (1923). Diet composition of white-tailed deer (*Odocoileus*

virginianus texanus Mearns) identified in ruminal content in Coahuila, Mexico, 13, 49–54. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1702>

Gallina, S., Equihua, M., Mandujano, S., & Delfín-Alfonso, C. A. (2001). ACTIVITY AREAS AND DISTANCE TO WATER SOURCES BY WHITE-TAILED DEER IN NORTHEASTERN MEXICO Biotic community Analysis View project Integralidad Gamma (ecosystem integrity) View project. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/264004693>

Ganadería (2011) revista ganadería. Agua y su importancia en nutrición consultado el 27 de febrero 2023. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/agua-en-la-nutricion-animal-t28705.htm>

Gastal, G. D. A.; Hamilton, A.; Alves, B. G.; de Tarso, S. G. S.; Feugang, J. M.; Banz, W. J.; Apgar, G. A.; Nielsen, C. K.; Gastal, E. L.; Ambrósio, Carlos E. (2017). Ovarian features in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) fawns and does. PLOS ONE, 12(5), e0177357–<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177357>

González-Maldonado, J., Muñoz-García, C., Serna-Lagunes, R., Salazar Ortiz, J., Gallegos-Sánchez, J., & Cortez Romero, C. (2021). Reproductive management in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus* Zimmermann). Agro Productividad, (IV). <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2063>

Green, M. L., Kelly, A. C., Satterthwaite-Phillips, D., Manjerovic, M. B., Shelton, P., Novakofski, J., & Mateus-Pinilla, N. (2017). Reproductive characteristics of female white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the Midwestern USA. Theriogenology, 94, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.02.010>

González-Maldonado, J., Muñoz-García, C., Serna-Lagunes, R., Salazar Ortiz, J., Gallegos-Sánchez, J., & Cortez Romero, C. (2021). Reproductive management in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus* Zimmermann). Agro Productividad, (IV). <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2063>

Guerrero Cárdenas. I, Tovar Zamora. I, y Álvarez Cárdenas. S. (2003). Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi* en la Sierra del Mechudo, BCS, México. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología, 74 (1), 83-98. [Fecha de consulta 30 de julio de 2022]. ISSN: 0368-8720. En: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=458/45874108>

Heffelfinger, J. R (2011). Taxonomy, evolutionary History and Distribution. Biology and management of white-tailed deer. CRC Press. Edition 1 sr Edition P. 22-65. disponible en: <https://doi.org/10.1201/9781482295986>

- Hewitt, D. G. (2015). Hunters and the conservation and management of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *International Journal of Environmental Studies*, 72(5), 839–849. <https://doi.org/10.1080/00207233.2015.1073473>.
- Hollingsworth KA, Shively RD, Glasscock SN, Light JE, Tolleson DR, Barboza PS (2021) Trace mineral supplies for populations of little and large herbivores. *PLoS ONE* 16(3): e0248204. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248204>
- Kent, GC (2021). aparato reproductor animal . *Enciclopedia Britannica* . consultado 5 de marzo de 2023 disponible en: <https://www.britannica.com/science/animal-reproductive-system>
- Kryukovsky, R., Alekseev, A., Glamazdin, I., Sysoeva, N., Ananyev, L., Kryukovskaya, G., Maryushina, T., & Panova, O. (2021). Clinical and Biochemical Blood Parameters of White-Tailed Deer Under Stress Conditions. *KnE Life Sciences*, 6(3), 511–520. <https://doi.org/10.18502/kls.v0i0.898>
- Linnaeus, C. 1758. Tomus I. Sysema nature per regna tria naturae secundum clases ,ordines, genera , species, cum characteribus differentiis , synonymis, locis. Tenth Edition . Holmiae. (Laurentii Salvii):[1-4]. 1-824 <http://www.biodiversitylibrary.org/item/10277#266> accessed january 2023.
- Lopez-Lucero, F. J., Antonio Tarango-Arambula, L., Valdez-Zamudio, D., Martinez-Gallardo, R., Mario Vargas-Yanez, J., Contreras-Gil, J., & Raul Romo-Leon, J. (2017). Wildlife Conservation Programs: a Review and Analysis. *Agricultura Sociedad Y Desarrollo*, 14(4), 565–575. disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000400565
- López-Pérez, E., Serrano-Aspeitia, N., Aguilar-Valdés, B. C., & Herrera-Corredor, A. (2012). NUTRITIONAL COMPOSITION OF THE DIET OF WHITE-TAILED DEER (*Odocoileus virginianus* ssp. *mexicanus*) IN PITZOTLÁN, MORELOS. *Chapingo Journal Series Forest and Environmental Sciences*, XVIII(2), 219–229. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa2011.01.006>
- Mellado Miguel, Orta Claudia G., Lozano Eloy A., García Jose E., Veliz Francisco G., de Santiago Angeles (2012). Factors affecting reproductive performance of white-tailed deer subjected to fixed-time artificial insemination or natural mating. *Reproduction, Fertility and Development*, 25 , 581-586. <https://doi.org/10.1071/RD12055>
- MICHELLE CARSTENSEN; GLENN D. DELGIUDICE; BARRY A. SAMPSON; DAVID W. KUEHN (2009). Survival, Birth Characteristics, and Cause-Specific Mortality of White-Tailed Deer Neonates. , 73(2), 175–183. <https://doi.org/10.2193/2006-107>

- Navarro-Cardona, J.A., Olmos-Oropeza, G. ; Palacio-Núñez, J. ; Clemente-Sánchez, F.; Vital-García, C (2018). Population And Carrying Capacity Of The White Tailed Deer (*Odocoileus Virginianus*) Under Two Habitat Conditions In Tlachichila, Zacatecas, México Revista Agro productividad.
- Oak Creek Whitetail Ranch (2022). Reproductive seasonality in whitetail deer 2022. Consulta 28 de febrero 2023. Disponible en: <https://oakcreekwhitetailranch.com/reproductive-seasonality-in-whitetail-deer/>
- Ocaña-Parada C. de J., Villareal Espino-Barros Oscar A., Barrera-rodriguez E., Martinez-Ramirez L.P., & Serna-Lagunes R. (2020). Capacidad de carga de *Odocoileus virginianus* en dos tipos de vegetación, Chiapas México. Revista de geografía Agrícola (65), 109-124. Disponible en: <https://doi.org/10.5154/r.rga.2020.65.06>
- Olmos-Oropeza G. Espinoza-Reyes Guillermo., Gastelum-Mendoza F. I., Tarango-Arambula Luis A, (2020) Micro minerals in the liver of *Ovis canadensis mexicana* Merriam y *Odocoileus hemionus eremicus* Mearns en Sonora México. Revista Agro productividad 13 (6): 59-64 2020 Disponible en <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1694>
- Oregon, State University, (2017). Minerals. Principles of animal nutrition consultado el 24 de febrero 2023. Disponible en : <https://open.oregonstate.edu/animalnutrition/chapter/chapter-15/>
- Ortiz Martínez, T., Gallina, S., Briones Salas, M., & González, G. (2005). Population density and habitat characterization of the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus oaxacensis*, Goldman and Kellogg, 1940) in a temperate forest of the north sierra of Oaxaca, Mexico. Mexican Zoological Act (N.S.), 21(3), 65–78. <https://doi.org/10.21829/azm.2005.2131972>
- Pashudhan Praharee (2020). Role of micro or trace minerals in livestock health. Animal nutrition . Consultado: 27 de febrero 2023. Disponible en: <https://www.pashudhanpraharee.com/role-of-micro-or-trace-minerals-in-livestock-health/#:~:text=Micro%20minerals%20are%20often%20referred,molybdenum%2C%20selenium%2C%20and%20zinc>
- Pierce II Robert A. (2022). Nutritional Requirements of White-tailed Deer in Missouri. Nutrition Reviews, 3(11), 323–324. University of Mississippi. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1945.tb08506.x>
- Porter Mike, 2007 What Is White-Tailed Deer Habitat? Institute Research Noble Consultado: 07 de febrero de 2023. Disponible en:

<https://www.noble.org/news/publications/ag-news-and-views/2002/october/what-is-white-tailed-deer-habitat/>

- Ramírez, R. G., Haenlein, G. F. W., Treviño, A., & Reyna, J. (1996). Nutrient and mineral profile of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*, *texanus*) diets in northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*, 23(1), 7–16. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)00895-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00895-4)
- Ramírez-Lozano, Roque (2011). importancia de los minerales para el venado cola blanca. Facultad de ciencias Biológicas, Dpto. de alimentos. Universidad autónoma de nuevo león consultado:27 de febrero 2023 disponible en: https://www.researchgate.net/publication/268207185_Importancia_de_los_minerales_para_el_venado_cola_blanca
- Ramírez-Lozano, Roque. (2011). Importancia de los minerales para el venado cola blanca. Simposio sobre la fauna cinegética en México volumen 1
- Rankins, S. , DeYoung, R. , Foley, A. , Ortega-S., A. , Fulbright, T. , Hewitt, D. , Hilton, C. , Schofield, L. and Campbell, T. (2023) Regional Copper Deficiency in White-Tailed Deer. *Open Journal of Ecology*, 13, 9-21. doi: [10.4236/oje.2023.131002](https://doi.org/10.4236/oje.2023.131002).
- Rincón, J. P., Castro, C. A. U., & Gómez, A. R. (2017). DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA APLICAR ZOMETRIA EN BOVINOS. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 1(25). <https://doi.org/10.24054/16927257.v25.n25.2015.2363>
- Rodríguez-Ramírez, M., & Mora, J. M. (2022). Analysis of the male annual antler cycle, reproductive behavior and spotted fawn presence in the tropical white-tailed deer. *Therya*, 13(2), 143–151. <https://doi.org/10.12933/therya-22-1158>
- Sagarpa (2013). Introduccion al manejo y aprovechamiento sustentable de la fauna silvestre en ranchos ganaderos diversificados. Consultado el 05 de enero 2023. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura%7Ctamaulipas/es/articulos/celebran-convencion-nacional-de-ganaderia-diversificada-xxva-edicion#:~:text=En%20la%20ganader%C3%ADa%20diversificada%20se,productos%20artesanales%2C%20investigaci%C3%B3n%2C%20industrializaci%C3%B3n%20y>
- Salamanca, C. A., & Crosby, G. R. A. (2013). Comparación de índices zoométricos en dos núcleos de bovinos criollos Casanare en el municipio de Arauca. *Actas Iberoamericanas En Conservación Animal*, 3, 59–64. disponible en:

http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2013/Trabajo009_AICA2013.pdf

Salamanca-Carreño, A., Parés-Casanova, P. M., Vélez, T. M., & Bentez-Molano, J. (2016). Uso de índices zoométricos en la diferenciación racial del caballo Criollo de las sabanas inundables araucanas. *Actas Iberoamericanas En Conservación Animal*, 7, 1–7. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/84926236.pdf>

SEMARNAT, 2010 Características de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA). EN: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_BIODIV04_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

SEMARNAT, 2015 Información al trámite SEMARNTA-08-044 licencia de caza deportiva consulta: 07 de febrero 2023 disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/tramite-semarnat-08-044>

SEMARNAT, 2022 Características de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) consulta: 10 de febrero 2023 disponible en: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_BIODIV04_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

Shawn P. Haskell, Warren B. Ballard, David A. Butler, Mark C. Wallace, Thomas R. Stephenson, Ole J. Alcumbrac, Mary H. Humphrey, (.2008). Factors Affecting Birth Dates of Sympatric Deer in West-Central Texas, *Journal of Mammalogy*, Volume 89, Issue 2, Pages 448–458, <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-A-127R.1>

Showers, S. E., Tolleson, D. R., Stuth, J. W., Kroll, J. C., & Koerth, B. H. (2006). Predicting diet quality of white-tailed deer via NIRS fecal profiling. *Rangeland Ecology and Management*, 59(3), 300–307. <https://doi.org/10.2111/04-069.1>

Sleeman, J. M., Magura, K., Howell, J., Rohm, J., & Murphy, L. A. (2010). Hepatic mineral values of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) from Virginia. *Journal of Wildlife Diseases*, 46(2), 525–531. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-46.2.525>

Sohel, M. M. H. (2020, September 1). Macronutrient modulation of mRNA and microRNA function in animals: A review. *Animal Nutrition*. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.06.002>

Villarreal Espino-Barros, O., & Marín Fuentes, M. M. (2005). Agua de origen vegetal para el venadocola blanca mexicano. *Archivos de Zootecnia*, 54(206-207), 191-196. [fecha de Consulta 14 de Febrero de 2023]. ISSN:

0004-0592. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49520712>

VILLARREAL EB., O., VILLARREAL G., J., VIEJO G, J., RESÉNDIZ M., R., & ROMERO C., S. (2014). Nuevas categorías de trofeos de venado cola blanca (*odocoileus virginianus*) del safari club internacional, para México. Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA, 6(2), 382.
<https://doi.org/10.24188/recia.v6.n2.2014.445>

Zimmerman, T. J., Jenks, J. A., Leslie, D. M., & Neiger, R. D. (2008). Hepatic minerals of white-tailed and mule deer in the southern Black Hills, South Dakota. Journal of Wildlife Diseases, 44(2), 341–350.
<https://doi.org/10.7589/0090-3558-44.2.341>