



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**TASAS DE DEFECACIÓN EN VENADO
COLA BLANCA (*Odocoileus
virginianus*) A PARTIR DEL
CONTENIDO DE FIBRA EN HECES**

DANIA MELISSA VEGA HERNÁNDEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

La presente tesis titulada: **Tasas de defecación de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) a partir del contenido de fibra en heces**, realizada por la alumna: **Dania Melissa Vega Hernández** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

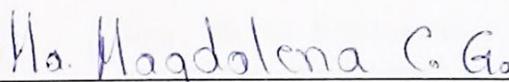
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



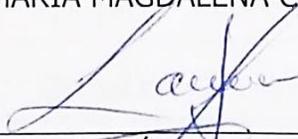
DR. FERNANDO CLEMENTE SÁNCHEZ

ASESOR



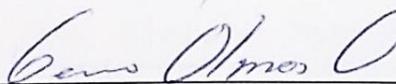
DRA. MARÍA MAGDALENA CROSBY GALVÁN

ASESOR



DR. RICARDO BÁRCENA GAMA

ASESOR



DR. GENARO OLMOS OROPEZA

Montecillo, Texcoco, Estado de México.

TASA DE DEFECACIÓN DE VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) A PARTIR DEL CONTENIDO DE FIBRA EN HECES

Dania Melissa Vega Hernández MC.

Colegio de Postgraduados, 2014

El método indirecto de conteo de grupos fecales es muy empleado en la estimación de poblaciones de venado. Para realizar su estimación es necesario utilizar un índice fecal, lo que se conoce como tasa de defecación. Sin embargo, existe gran variación entre las tasas a emplear lo que hace cometer errores al estimar la densidad de población en una determinada área, independientemente de la semejanza en hábitat, lo que puede acarrear estimaciones y decisiones equivocadas en el manejo y aprovechamiento de la especie. Considerando lo anterior, se planteó la construcción de modelos para estimar las tasas de defecación de venado cola blanca a partir de los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en heces. De mayo de 2012 a junio de 2013, se llevó a cabo la presente investigación en Salinas, SLP, México, donde se utilizaron nueve venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) adultos en cautiverio. Tres venados fueron asignados aleatoriamente a cada tratamiento en corrales individuales con un periodo de una semana de adaptación al consumo de las dietas. Se establecieron tres tratamientos a base de dietas con tres niveles de fibra, baja (FDN 33.11%, FDA 10.84%), mediana (FDN 42.13%, FDA 17.11%) y alta (FDN 48.39%, FDA 24.93%). Las tres dietas fueron balanceadas para satisfacer los requerimientos nutricionales de los venados. Se colectaron los grupos fecales una vez por semana y se estimó el consumo de alimento. Se analizaron las dietas y heces de acuerdo al contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), nitrógeno total, cenizas, FDN, FDA, y lignina. Se utilizó un diseño de bloques completos

al azar donde los tratamientos correspondieron a los tres niveles de fibra en la dieta, y los bloques a las estaciones del año, y se realizó una regresión múltiple por cada estación del año como modelo de predicción. Los resultados mostraron que durante todo el experimento el consumo de MS varió de 0.370 a 2.14 kg d⁻¹, con promedio de 0.970 kg d⁻¹ (± 0.342). El consumo se vio afectado (p=0.0006) por el nivel de fibra en la dieta y por la estación del año (p<0.0001). De la misma manera, el efecto de los niveles de fibra en la dieta sobre la tasa de defecación mostraron diferencia (p<0.0001), así como entre las estaciones del año (p=0.0007). El porcentaje de FDN en heces (55.91% ± 4.02) aumentó significativamente (p<0.0001) de acuerdo al aumento de la cantidad de fibra en las dietas. De igual manera, el porcentaje de FDA en heces (32.27% ± 4.74) mostró diferencias (p<0.0001) entre los niveles de fibra en las dietas. Se construyeron tres modelos para determinar la tasa de defecación (TD) a partir de la FDN y FDA en heces. Para primavera el modelo fue TD= -4.84696 -[0.02159 (FDN)] + [0.58397 (FDA)], para el verano el modelo fue TD= -51.0272 + [0.26868 (FDN)] + [1.61121 (FDA)], y para el invierno el modelo fue TD= 7.82939 -[0.02667 (FDN)] + [0.17309 (FDA)]. En la presente investigación, el consumo de alimento varió a través del año independientemente de la dieta. El contenido de fibra en el alimento y en las heces determinó la tasa de defecación. Se concluye que la tasa de defecación no es constante durante el año y que ésta varía de acuerdo al contenido de fibra en el alimento, lo cual debe ser considerado para su uso en la estimación de poblaciones a partir del conteo de grupos fecales.

Palabras clave: venado, grupos fecales, consumo, fibra, defecación.

DEFECATION RATES OF WHITE TAILED DEER (*Odocoileus virginianus*) FROM FIBER CONTENT IN FEACES

Dania Melissa Vega Hernández MC.

Colegio de Postgraduados, 2014

The indirect method of counting groups of pellets is widely used in estimating deer populations. To use this method is necessary a fecal index, which is known as defecation rate. However, there is great variation among the possible defecation rate to apply, which makes to have the risk of estimating incorrectly the population density in a given area, regardless the similarity in habitats. All this can bring erroneous estimations and decisions about the use and management of the species. Considering this, it was raised the construction of models to estimate defecation rates of white tailed deer from contents of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in feaces. This investigation was conducted from May 2012 to June 2013, in Salinas, SLP, Mexico. Nine adult white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in captivity were used. Three deer were randomly assigned to each treatment in individual pens with an adaptation period of one week to the diet before sampling. Three treatments were established which consisted in providing three levels of fiber in the diet, these were low (NDF 33.11%, ADF 10.84%), medium (NDF 42.13%, ADF 17.11%) and high (NDF 48.39%, ADF 24.93%). The three diets were balanced to meet the nutritional requirements of deer. Fecal groups were collected and food intake was estimated once a week. Diets and feces were analyzed according to the content of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ash, NDF, ADF, and lignin. It was performed a randomized blocks design where treatments corresponded to the three levels of fiber, and blocked by the

seasons of the year. A multiple regression analysis was used for each season as a prediction model. The results showed that DM intake ranged from 0.370 to 2.14 kg d⁻¹, averaging 0.970 kg d⁻¹ (\pm 0.342) throughout the experiment. Food intake was affected ($p=0.0006$) by the level of fiber in diet and season ($p < 0.0001$). Similarly, the effect of fiber levels in diet on the defecation rate showed difference ($p < 0.0001$) and also between seasons ($p=0.0007$). NDF percent in feces ($55.91\% \pm 4.02$) increased ($p < 0.0001$) according to the amount of fiber in diet. Similarly, the percent of ADF in feces ($32.27\% \pm 4.74$) showed differences ($p < 0.0001$) between the levels of fiber in diet. Three models were performed to determine the defecation rate (DR) from the NDF and ADF in feces. For the spring season the model was $DR = -4.84696 - [0.02159(NFD)] + [0.58397(ADF)]$; for summer the model was $DR = -51.0272 + [0.26868(NFD)] + [1.61121(ADF)]$, and for winter the model was $DR = 7.82939 - [0.02667(NFD)] + [0.17309(ADF)]$. In the present study, food intake varied throughout the year regardless the fiber in the diet. The fiber content in the diet and in feces determined the defecation rate. It is concluded that the defecation rate is not constant throughout the year and it can vary according to the fiber in diet, which should be considered for its use in estimating populations from pellet group counting.

Keywords: deer, fecal groups, food intake, fiber, defecation.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por los recursos otorgados a través del proyecto “Conservación de la Diversidad Genética y Mejora de Venado Cola Blanca en México” con clave de registro SEP-CONACYT 0166903. Así como por brindarme el apoyo financiero para realizar la maestría.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de estudiar la maestría.

Al Dr. Fernando Clemente Sánchez por su gran apoyo, tiempo brindado y también por todas las enseñanzas y experiencias transmitidas.

A los doctores Maria Magdalena Crosby Galván, Ricardo Bárcena Gama, Genaro Olmos Oropeza y José Herrera Haro por su aporte y ayuda durante toda mi estancia en el Colegio.

A todas las personas que me ofrecieron su amistad y apoyo en mi estancia en Salinas, San Luis Potosí.

A mis amigos Lucia, Angélica, Ivonne, Caty, Chuy, Salvador y Davira, que me alientan siempre a seguir adelante.

DEDICATORIA

A mi madre María del Rosario Hernández Mesta, mi padre Ramiro Vega Nevárez, mi hermana Nora y mis sobrinos Renata y Aarón. Que siempre han sido y serán mi motivación y soporte para alcanzar mis metas.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo general	3
1.2	Objetivos particulares	3
1.3	Hipótesis nulas	4
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1	Importancia del venado cola blanca en México	5
2.2	Conteo de grupos fecales para estimar el tamaño de poblaciones	6
2.3	Consumo de materia seca y tasa de defecación	11
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1	Área de estudio	15
3.2	Animales y tratamientos	15
3.3	Determinación del consumo de materia seca	17
3.4	Estimación de la tasa de defecación	17
3.5	Análisis proximal	18
3.6	Análisis estadístico	188
4.	RESULTADOS	200
5.	DISCUSIÓN	266
6.	CONCLUSIONES	322
7.	LITERATURA CITADA	333

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
Cuadro 1	Composición química de las dietas experimentales.	16
Cuadro 2	Ecuaciones de predicción para la obtención de tasas de defecación a partir de los contenidos de FDN y FDA en heces de venado cola blanca	25

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA	TÍTULO	PÁGINA
Gráfica 1	Consumo diario promedio de materia seca en venado cola blanca, de acuerdo a los niveles de fibra en la dieta, obtenidos durante las estaciones de primavera, verano e invierno.	20
Gráfica 2	Tasas de defecación diarias promedio obtenidas de venado cola blanca durante las estaciones de primavera, verano e invierno, de acuerdo a los niveles de fibra en la dieta.	21
Gráfica 3	Porcentajes promedio de FDN, FDA y lignina encontrados en grupos fecales de venado cola blanca con respecto al nivel de fibra en la dieta.	23
Gráfica 4	Porcentaje de proteína, cenizas y materia orgánica promedio en heces de venado cola blanca, de acuerdo con el contenido de fibra en la dieta.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

GRAFICA	TÍTULO	PÁGINA
Figura 1	Distribución de las subespecies de venado cola blanca en México.	5
Figura 2	Venados empleados en el experimento en corrales individuales.	16

1. INTRODUCCIÓN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es un mamífero rumiante perteneciente al orden *Artiodactyla* y es uno de los más adaptables a diversos ecosistemas. El género *Odocoileus* es originario del continente americano, donde se reconocen 38 subespecies. En México existen 14 (47%) de las 30 subespecies de venado cola blanca reportados para el norte y centro del continente. De las cuatro especies de cérvidos en México, el venado cola blanca ocupa casi el total del territorio exceptuando la península de Baja California (Beltrán y Díaz de la Vera, 2010).

La cacería del venado, sus subproductos, así como el ecoturismo, constituyen un importante generador de empleos rurales y una fuente de riqueza para el campo, lo que propicia que productores se sumen a las actividades del manejo de la fauna y flora silvestres, a través de las Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable para la Vida Silvestre (UMA) (Vega, 2010). En el desarrollo de las UMAs se requieren estudios de población para lo cual se cuenta con diferentes métodos directos e indirectos (colecta de heces, conteo de huellas, u otros indicios). Un método indirecto usado en México es el conteo de grupos fecales para estimar la densidad de venado (Ezcurra y Gallina, 1981). El método es muy usado por la dificultad de observar directamente a los venados en muchos ecosistemas del país. Para realizar la estimación utilizando este método es necesario emplear un índice fecal o tasa de defecación que indica el número de grupos fecales excretados por un venado en un lapso de tiempo de 24 h.

Es común en estudios de población a partir del conteo de grupos fecales, que se apliquen tasas de defecación provenientes de estudios realizados en lugares semejantes en vegetación y características ambientales, sin considerar la época del año en que fue realizada la colecta y mucho menos el tipo de dieta. Las tasas de defecación para venado más aplicadas en todo América están basadas en dos estudios realizados en invierno con animales en cautiverio alimentados con forraje nativo de la zona (Rogers, 1987) y un estudio de venados en Texas también en cautiverio alimentados con una dieta comercial (Rollins *et al* 1984). Estudios semejantes se han llevado a cabo con venado bura (*Odocoileus hemionus*) (Neff, 1968).

Existe gran variabilidad entre las tasas de defecación de acuerdo a la subespecie, edad, sexo, calidad del alimento y condiciones en que estuvieron los animales durante el experimento (Van Etten y Bennett 1965, Ryel 1971, Rogers, 1987, Portillo *et al*, 2010). Una mala selección de la tasa de defecación puede acarrear estimaciones erróneas de densidad y por consecuencia estrategias equívocas de manejo. Según Smith (1964) la tasa de defecación puede verse afectada principalmente por los niveles de consumo, el cual dependería del tipo de forraje y la humedad de éste. La edad del animal y los cambios abruptos de la dieta, así como el estrés y la actividad misma del venado también son factores que pueden tener injerencia en la tasa de defecación (Rollins *et al*, 1984). Las tasas de defecación también pueden cambiar estacionalmente con la dieta, el confinamiento, la subespecie y tipo de hábitat (Ryel, 1971). Considerando lo anterior, en la presente investigación se planteó la obtención de tasas de defecación de venado cola blanca en cautiverio, para relacionarlas con el consumo de alimento, el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido

(FDA) en heces, con la finalidad de que a partir del contenido de estas fibras se pueda estimar la tasa de defecación a través del año, independientemente del ecosistema. De esta manera, el uso de índices fecales tendrá un valor relevante en la estimación de poblaciones de venado cola blanca.

1.1 Objetivo general

Construir modelos para estimar la tasa de defecación en venado cola blanca, a través del año, para su empleo en el monitoreo de poblaciones silvestres.

1.2 Objetivos particulares

- a) Determinar la tasa de defecación por estación, del venado cola blanca.
- b) Determinar el posible efecto de la estación y los contenidos de FDN y FDA sobre la tasa de defecación.
- c) Estimar el contenido de MS, FDN y FDA en heces de venado cola blanca.
- d) Estimar el grado de asociación entre el contenido de FDN y FDA con las tasas de defecación en heces de venado.
- e) Estimar el consumo voluntario de las dietas de venado de acuerdo a su nivel de fibra a través del año y su relación con la tasa de defecación.
- f) Determinar el modelo de predicción de las tasas de defecación a utilizar según la estación del año.

1.3 Hipótesis nulas:

- 1) H_0 : El consumo de materia seca por el venado cola blanca no difiere a través del año.
- 2) H_0 : La tasa de defecación en el venado cola blanca no depende del contenido de fibra en la dieta, el consumo de alimento y la estación del año.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del venado cola blanca en México

El venado cola blanca es el mamífero de mayor importancia en todo Norteamérica, y en especial en México, debido a su cacería dirigida a obtener trofeos que se caracterizan por las dimensiones de sus cornamentas. El cola blanca es una especie de amplia distribución geográfica. En México existen 14 de las 30 subespecies reportadas para el norte y centro del continente, ocupando casi el total del territorio, exceptuando la península de Baja California (Beltrán y Díaz de la Vera, 2010).



Figura 1. Distribución de las subespecies de venado cola blanca en México (Halls, 1984).

La cacería es una actividad que debidamente administrada, constituye un importante generador de empleos rurales y riqueza para el campo, que se traduce a su vez, en un pilar fundamental para garantizar la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y sus ecosistemas (Villarreal, 2003).

Lo anterior, propicia que productores se sumen a las actividades para un manejo sustentable tanto de la fauna como de la flora silvestres, siendo una estrategia que permite en gran contexto la recuperación de los recursos naturales, entre ellos las poblaciones de venado cola blanca y especies vegetales asociadas a los hábitat que ocupan (Vega,2010). Para aprovechar de manera sustentable las poblaciones de venado cola blanca es necesario el establecimiento de tasas de aprovechamiento basadas en estudios de población confiables (Pérez *et al*, 2010), ya que el conocer la densidad poblacional es un indicador fundamental para la conservación, manejo y aprovechamiento de una especie (Villarreal *et al*, 2006).

2.2 Conteo de grupos fecales para estimar el tamaño de poblaciones

El manejo exitoso de las especies cinegéticas para su aprovechamiento sustentable conlleva estimaciones confiables de diferentes parámetros poblacionales, como la proporción de sexo, y edades. La información acerca del uso de hábitat es otro aspecto que también provee información útil para el manejo de la fauna (Härkönen y Heikkilä, 1999). La densidad poblacional es el punto de partida para establecer estrategias en el manejo de especies silvestres y en el caso del venado cola blanca esta es usualmente calculada a partir del conteo de grupos fecales. Este método ha sido utilizado

ampliamente en áreas con poca visibilidad por la espesura de su vegetación (Massei, y Genov, 1998), o también en especies difíciles de observar por sus hábitos (Fuller, 1991, Massei y Genov, 1998). Neff (1968) reporta su uso con venado chital (*Axis axis*) en África, por encontrarse en áreas muy densas de vegetación (Dinerstein y Dublin, 1982). Este método es también usado para conocer los cambios y tendencias de la abundancia de venado en algunas partes de E.U., Canadá, Europa, Australia, y Nueva Zelanda (Forsyth *et al* 2005). El conteo de grupos fecales ofrece información sobre la abundancia relativa de la cantidad animales de individuos de una especie, así como la intensidad del uso de hábitat en un área determinada (Neff, 1966, Mandujano y Gallina, 1995). Riney (1957) comentó que es una medida objetiva de conocer las fluctuaciones de poblaciones, y que ayuda a determinar los tipos de hábitat preferidos por los individuos y los patrones de uso por estaciones del año. Así pues, el conteo de grupos fecales es un método común para estudiar las tendencias poblacionales y uso del hábitat por rumiantes silvestres (Rollins *et al*, 1984).

El método sobre el conteo de grupos fecales fue descrito por Bennett *et al* en 1940 y ha sido utilizado por varios investigadores, aunque Forsyth *et al* (2005) comentó que el método ya era usado como índice de la abundancia de venados desde los años treinta. El uso de este método en especies cinegéticas, fue primeramente utilizado en venado, sin embargo Eberhardt y Van Etten (1956) modelaron un índice conociendo la relación entre la densidad de grupos fecales y el número de venados por área. Portillo *et al* (2010) y Härkönen y Heikkilä (1999), sugirieron que este método podía ser usado para determinar la cantidad aproximada de individuos de venado cola blanca así como

también sus movimientos y utilización de la vegetación, aunque ninguno de estos autores aportaron datos acerca de las tasas de defecación y el método no ha sido sometido a verificaciones (Eberhardt y Van Etten, 1956; Smith, 1964). Al respecto, Neff (1968) revisó esta técnica y concluye que puede proveer datos confiables en la mayoría de las condiciones de campo. De igual manera Forsyth *et al* (2005) declararon la confiabilidad del método al encontrar una alta correlación entre el número de grupos fecales y la densidad poblacional de venados, por lo que este método también es aplicable al estudio del uso de hábitat para otras especies como el alce (*Alces alces*), venado cola blanca, watipi (*Cervus canadiensis*), bisonte (*Bison bison*) y corzo (*Capreolus capreolus*) y para estimar poblaciones de venado bura (*Odocoileus hemionus*) y gamo (*Dama dama*) (Neff, 1968).

No obstante de la benevolencia del método, éste ha sufrido numerosas modificaciones convirtiéndola en una herramienta útil para el manejo y la investigación. Aunque su aplicación tiene ciertas dificultades dadas por el observador y por factores ambientales, el método tiene la ventaja de que los grupos fecales son un indicio inequívoco de la presencia y abundancia de individuos, y pueden estar sujetos a muestreo y análisis estadístico (Neff, 1968), lo que hace al método estar también sujeto a fuentes de error que disminuyen la precisión de la estimación. Dentro de las estimaciones de población empleando este método, debe ser tomado en cuenta la variabilidad de la tasa de defecación dada por diversos factores, además del sesgo ocasionado por el observador (Härkönen y Heikkilä, 1999). Otras dificultades en el empleo del método consisten en como determinar el tiempo en que fueron depositadas las heces. Algunas

recomendaciones en el uso del método se han reportado, por ejemplo Eberhardt y Van Etten (1956) aconsejan muestrear tan pronto comienza la primavera, entrenar a las personas que se dediquen a hacer el muestreo e incluir un segundo observador. Errores en la estimación de población de venados pueden resultar si todos los grupos fecales en las áreas muestreadas no son registrados o si el observador no cuenta todos los grupos que fueron depositados en el periodo de estudio. Van Etten y Bennet, (1965) sugirieron usar áreas de muestreo fáciles de observar, incluir dos observadores y conocer el tiempo de deposición de las heces a fin de mitigar los sesgos. En general, si se conoce el número de grupos fecales en las áreas de muestreo y el lapso de tiempo cuando estos fueron depositados, entonces será factible determinar con precisión la población de venados en un área definida para un tiempo determinado (Van Etten y Bennet, 1965).

El procedimiento más utilizado en la técnica de conteo de grupos fecales, comienza con limpiar un determinado número de parcelas las cuales servirán para registrar la acumulación de grupos fecales durante un determinado tiempo (días). Pasados los días previamente establecidos para el muestreo, se colectan todos los grupos fecales depositados en las parcelas, el total de grupos fecales es entonces dividido por la tasa de defecación de la especie involucrada (Massei *et al*, 1998). El procedimiento resulta sencillo, si contamos con la certeza de que la tasa de defecación es constante en el tiempo y para todos los hábitats. Sin embargo, esto no sucede de tal manera. Por tal motivo, la técnica necesita del conocimiento de la tasa de defecación en la época en que se aplica el muestreo y la disponibilidad de alimento (Clemente *et al*, 2005).

Rasmussen y Doman (1943) fueron los primeros en tratar de determinar la tasa de defecación contando grupos fecales de venado bura en cautiverio, y después relacionar la tasa con un número de individuos ya conocido. Reportes antiguos y recientes sugieren que la tasa de defecación del venado bura y cola blanca es alrededor de 13 grupos por animal por día (Eberhardt y Van Etten, 1956). Smith (1964) reportó una tasa ligeramente más alta (13-14 grupos día), pero Collins (1981) reportó tasas de 21-23 grupos animal día para venado bura; mientras que Rollins *et al* (1984) reportaron una media de 19.6 grupos animal día, Rogers (1987) 15 grupos día, Sawyer *et al* (1990) de 11.96 grupos día, aumentando a 34 grupos animal día durante el otoño y Pérez *et al* (2010) 17 grupos animal día. Estos reportes, obligan a analizar a fondo el problema fundamental del método en cuanto al rango de variación que va de 13 a 34 grupos fecales animal día, donde una mala selección al considerar una tasa de defecación errónea, conlleva errores desastrosos en la estimación de poblaciones. Aunado a esto, están las variaciones de la tasa de defecación entre subespecies, edad, sexo, y actividad (Van Etten y Bennett 1965, Ryel 1971, Rogers, 1987, Portillo *et al*, 2010). Por ejemplo, Miquelle (1983) menciona que la hiperactividad de animales en cautiverio, no acostumbrados, puede resultar en numerosas defecaciones. Se reconocen además limitantes no controladas en el cautiverio tales como el tipo de alimento usado, la cantidad de fibra ingerida, frecuencia de alimento y estrés al encierro (Portillo *et al*, 2010), así como la estación del año la cual puede provocar cambios en la tasa defecación, como lo que observó Mautz (1971a) sobre la variación de pesos en los

grupos fecales por estación, los cuales podrían deberse a los cambios en la dieta y a los cambios en el ciclo de vida del venado.

2.3 Consumo de materia seca y tasa de defecación.

Diversos factores son los que alteran el consumo de alimento por los animales. Entre estos están ciertos trastornos digestivos, la frecuencia de alimentación, el proceso de elaboración del forraje, los efectos asociados al alimento y los factores ambientales. De la misma forma existen diferencias marcadas en la capacidad de diferentes especies de digerir un forraje, en particular el fibroso (Clemente, 1984; Church *et al*, 2010).

En nutrición animal, el término fibra se refiere a los componentes de los alimentos provenientes de las plantas que no son digeribles por los sistemas enzimáticos de los mamíferos. Los mamíferos no poseen las enzimas para hidrolizar los polisacáridos ligados a la pared celular y dependen de los microorganismos del tracto digestivo para fermentarlos y convertirlos en nutrientes absorbibles (Jung, 1997). Desde el punto de vista del hábito forrajero, el venado se considera un consumidor selectivo, debido a que consume una mayor proporción de material vegetal proveniente de árboles y arbustos dado que su tracto digestivo se encuentra adaptado con un retículo y abomaso más grandes en relación al tamaño del rumen y omaso, y glándulas salivales más desarrolladas y mejor adaptadas (Galindo-Leal y Weber, 1998). Según Barnes *et al* (1991) el venado digiere más fácilmente la hemicelulosa que la celulosa ya que la población microbiana está mejor adaptada para digerirla.

La celulosa es el principal polisacárido depositado en la pared celular (Jung, 1997) y la lignina es un componente integral de las células de la pared celular. Su principal función es como componente estructural que le da fuerza y rigidez a las células de la pared y reduce la pérdida de agua. La lignina limita la digestión de los polisacáridos estructurales de celulosa y hemicelulosa. La lignificación controla la cantidad de fibra que puede ser digerida, además influye en la cantidad de materia seca que puede ser consumida por el animal, ya que la porción no digerida de la fibra pasa al tracto digestivo y contribuye al efecto de llenado del tracto (Moore Kenneth y Jung, 2001).

Van Soest *et al* (1991) crearon métodos analíticos para medir la cantidad de fibra específicamente de los forrajes de origen vegetal mediante la obtención de fibra detergente neutro (FDN). Para obtenerla, las muestras se hierven durante una hora en una solución que contiene laurilsulfato sódico. Este detergente extrae lípidos, ácidos orgánicos y otros materiales hidrosolubles, pectina, compuestos nitrogenados no proteínicos, proteína soluble, sílice y taninos. Al material insoluble se le denomina residuo del detergente neutro o fibra detergente neutra. Este material contiene los principales componentes de la pared celular, como la celulosa, hemicelulosa y lignina. El material soluble es muy digerible por todas las especies, con la posible excepción de las pectinas, sílice y taninos. La FDN es solo parcialmente digerible por cualquier especie pero puede ser utilizada en mayor grado por los rumiantes (Church *et al*, 2010). La FDN es una extracción química seguida de una determinación gravimétrica del residuo de fibra. La FDN es considerada la fracción entera de la fibra (Jung, 1997).

La fibra detergente acida (FDA) es obtenida cuando las muestras se hierven por una hora en una solución que contiene bromuro de cetiltrimetilamonio con H_2SO_4 0.5M. Los residuos en detergente ácido incluyen fundamentalmente hemicelulosas, proteínas, lignina y nitrógeno combinado con ésta, sílice y algunas pectinas (Church *et al*, 2010). La determinación de FDA es especialmente útil en el caso de los forrajes, ya que existe una buena correlación entre ella y la digestibilidad (McDonald, 2006).

El aumento del consumo se da conforme la digestibilidad decrece, ya que existe una relación negativa entre digestibilidad y consumo. Conforme disminuye la digestibilidad, se alcanza un punto donde el animal consume a su máxima capacidad y por consecuencia para de comer. El animal es capaz de incrementar su consumo por cada decremento de la digestibilidad. Por otro lado, si el tracto digestivo permanece lleno y la digestibilidad del alimento es baja, entonces la tasa de pasaje del alimento en el tracto digestivo también baja. Este efecto disminuye el consumo por cada decremento de la digestibilidad (Amman *et al* 1973). Por ello, el contenido de fibra en la dieta afecta directamente el consumo del animal. Al haber altos contenidos de fibra, el consumo se ve limitado y viceversa además de afectar la digestibilidad de los demás nutrientes, y por consecuencia la tasa de defecación. La digestibilidad de la materia seca está directamente relacionada con la cantidad de fibra (Montgomery y Baumgardt 1965). En general, el consumo depende de la tasa de pasaje de alimento en el retículo rumen, mientras que el tiempo que tarda la digestión está determinado por el paso del forraje en el tracto digestivo. El consumo puede o no estar relacionado al tiempo que tarde en completarse la digestión (Brooks y Urness, 1984). De acuerdo con esto, Mautz (1971b)

trabajó con venados en cautiverio y encontró que el porcentaje de digestibilidad de la materia seca (MS) disminuyó comparándolo con venados en vida libre. Sin embargo, Clemente (1984) no observó diferencias en la digestibilidad de venados libres y en cautiverio cuando se les ofrecía la misma dieta, y solo encontró mayor digestibilidad en venados libres para los ingredientes de las dietas que los venados seleccionaban de forma natural, lo que hace suponer la especificidad de los microorganismos a determinados ingredientes cuando estos evolucionan en un determinado hábitat. No obstante, las tasas de defecación de animales cautivos terminan siendo similares a las de animales en vida libre (Miquelle, 1983).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo de mayo de 2012 a junio de 2013, dentro de la UMA “Módulo de Producción de Venados La Huerta” que cuenta con una superficie de 1,800 m² ubicada en la calle Santos Degollado No. 40, en la ciudad de Salinas de Hidalgo, en el municipio de Salinas, San Luis Potosí, C.P. 78620.

La UMA con clave de registro DGVS-CR-IN-1305-SLP/11 cuenta con las autorizaciones correspondientes para llevar a cabo investigaciones en venados. Se encuentra a una altura de 2090 msnm, bajo un clima Bs₀Kw(e), semiárido con lluvias en verano, con una precipitación anual que oscila entre los 330 y 400 mm y una temperatura media anual entre los 12° y 18°C.

3.2 Animales y tratamientos

Se utilizaron nueve venados cola blanca adultos (3 machos y 6 hembras) asignados aleatoriamente a cada uno de los tres tratamientos establecidos (Cuadro 1). Los animales nacieron en cautiverio y fueron colocados en corrales individuales donde se adaptaron durante una semana a las dietas empleadas en el estudio (Figura 2).



Figura 2. Venados empleados en el experimento en corrales individuales.

Cuadro 1. Composición química de las dietas experimentales.

Tratamientos	Composición de la dieta	Composición química de la dieta					
		MS %	Cenizas %	PC %	FDN %	FDA %	Lignina %
Bajo en Fibra	100% alimento comercial para venados Trophy Maker®	92.25	6.21	20.51	33.11	10.84	2.82
Medio en Fibra	70% alimento comercial para venados Trophy Maker® y 30% alfalfa molida	98.47	7.06	19.78	42.13	17.11	6.26
Alto en Fibra	30% alimento comercial Trophy Maker® y 70% de alfalfa molida	98.18	9.12	18.65	48.39	24.93	5.05

3.3 Determinación del consumo de materia seca

Para determinar el consumo, el alimento ofrecido a cada venado se pesó antes del inicio de las 24 horas destinadas para su consumo. El alimento se colocó en comederos individuales sin residuos de forraje. A las 24 horas, se colectó el alimento rechazado y se pesó, y por diferencia del alimento ofrecido y el alimento rechazado se obtuvo el consumo de alimento por animal por día. Posteriormente, con los datos obtenidos en el análisis bromatológico de cada una de las dietas, se determinó el consumo de MS por animal por día.

3.4 Estimación de la tasa de defecación

La colecta de grupos fecales, se realizó una vez por semana en el mismo lapso de tiempo de 24 horas, realizando así un total de cuatro colectas por tratamiento y para cada repetición. El procedimiento de colecta se realizó limpiando cada uno de los corrales, eliminando todas las excretas de días anteriores. Al término de las 24 horas, se hizo la colecta y cuantificación de los grupos fecales dentro de cada corral, obteniendo la tasa de defecación por animal por día de acuerdo al total de grupos fecales colectados (n= 1883). Una vez colectados e identificados los grupos fecales a cada uno se le contaron los pellets para obtener el total de pellets por grupo fecal.

Posteriormente, todos los grupos fecales colectados se colocaron dentro de bolsas de papel para secarse en estufa de aire forzado a 55° C hasta peso constante. Una vez secos, fueron molidos en molino Thomas Willey con malla de 1 mm para su análisis proximal en laboratorio.

3.5 Análisis proximal

Del total de grupos fecales de cada colecta por venado, se tomó una alícuota (n= 200) que fue empleada para su análisis en el laboratorio. Lo mismo se hizo para cada una de las dietas. En el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados, del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, del Campus Montecillo, se determinaron los contenidos de MS, MO, nitrógeno total y cenizas de acuerdo a los procedimientos de la AOAC (2005). Además se determinaron los contenidos de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina, (Van Soest *et al*, 1991).

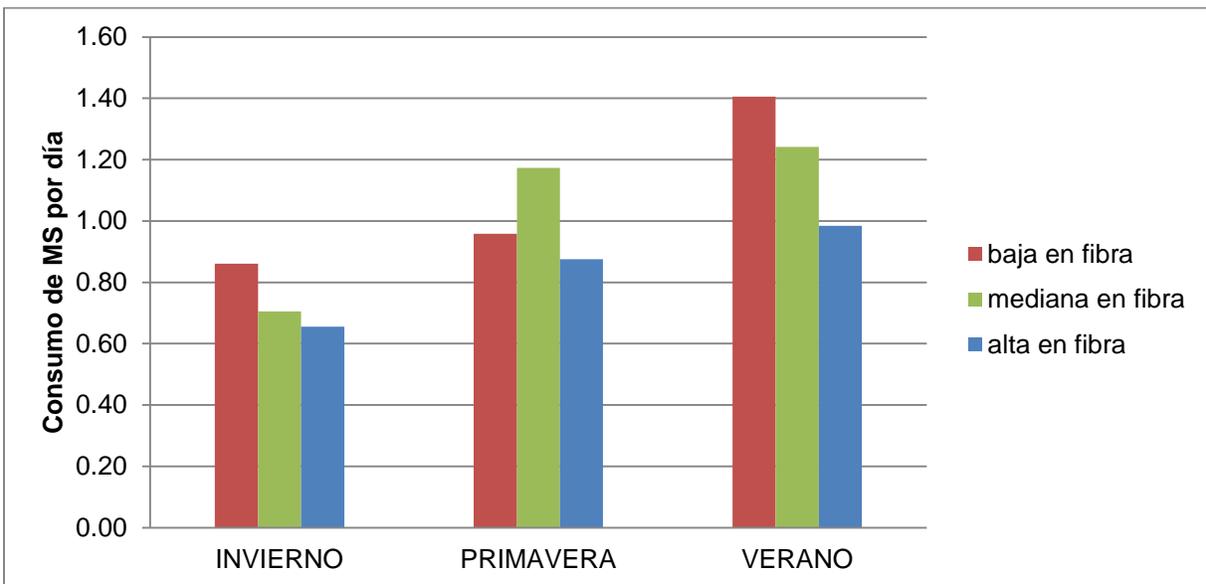
3.6 Análisis estadístico

Con el propósito de conocer el efecto del nivel de fibras (bajo, medio y alto) en las dietas del venado sobre el consumo de alimento y la tasa de defecación a través de diferentes épocas del año (primavera, verano, invierno), se llevó a cabo un ANDEVA bajo un diseño de bloques completos al azar, donde los tratamientos correspondieron a

los tres niveles de fibra en la dieta, y los bloques a las tres estaciones del año consideradas en el estudio. El mismo diseño se aplicó sobre las variables proteína cruda, cenizas y materia orgánica. Confirmados los resultados de que la época del año y la cantidad de fibra en la dieta fueron factores que definieron el consumo y la tasa de defecación, se llevó a cabo un análisis de regresión múltiple por estación, sobre los contenidos de FDN y FDA en heces y su correspondiente tasa de defecación. Los análisis se llevaron a cabo empleando el programa estadístico SAS (v. 9.0).

4. RESULTADOS

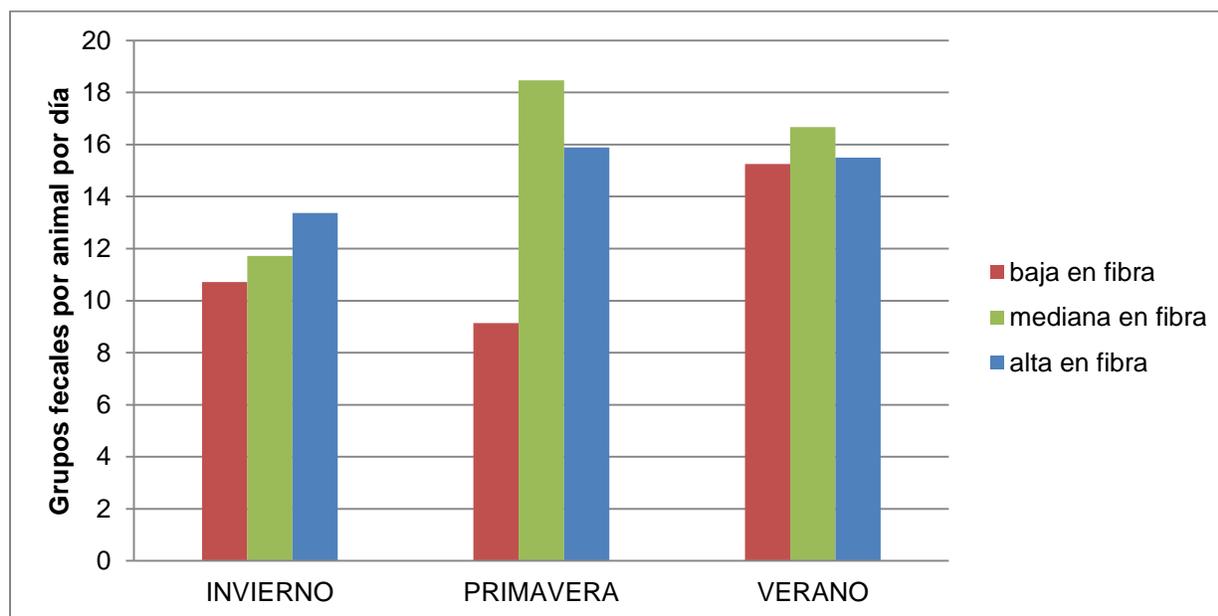
Los resultados mostraron que el consumo diario de MS varió durante el experimento desde 0.37 kg hasta 2.14 kg, con una media de 0.97 kg (\pm 0.342). El ANDEVA mostró que dicho consumo se vio afectado ($p=0.0006$) tanto por el nivel de fibra en la dieta como por la estación del año ($p<0.0001$). El consumo diario de MS más bajo ocurrió durante la estación de invierno (0.37 kg) mientras que el consumo más alto se dio durante la estación de verano (2.14 kg). Los venados que consumieron la dieta baja en fibra mostraron un consumo diario de 0.37 kg durante el invierno, incrementándose hasta 2.14 kg en el verano, con una media de 1.01 kg (\pm 0.41). Los venados alimentados con la dieta mediana en fibra su consumo diario fue de 0.39 kg durante el invierno y 1.61 kg en el verano, con promedio de 1.09 kg (\pm 0.28), mientras que los venados alimentados con la dieta alta en fibra, su consumo diario varió de 0.49 kg en invierno a 1.42 kg en verano, con una media de 0.85 kg (\pm 0.21) (Gráfica 1).



Gráfica 1. Consumo diario promedio de MS en venado cola blanca, de acuerdo a los niveles de fibra en la dieta, obtenidas durante las estaciones de primavera, verano e invierno.

Los resultados con respecto al efecto de los niveles de fibra en la dieta sobre la tasa de defecación mostraron diferencia ($p < 0.0001$), así como entre las estaciones del año ($p = 0.0007$). Lo cual indica que la tasa de defecación del venado varía de acuerdo a la fibra consumida en la dieta y la estación del año. La tasa de defecación para los venados consumiendo una dieta baja en fibra fue de 10.47 grupos fecales por día (± 3.48); mientras que para los venados alimentándose con una dieta mediana en fibra fue de 16.55 grupos fecales por día (± 4.70), finalmente, para los venados consumiendo una dieta alta en fibra la tasa de defecación diaria promedio fue de 15.72 (± 4.18) (Gráfica 2).

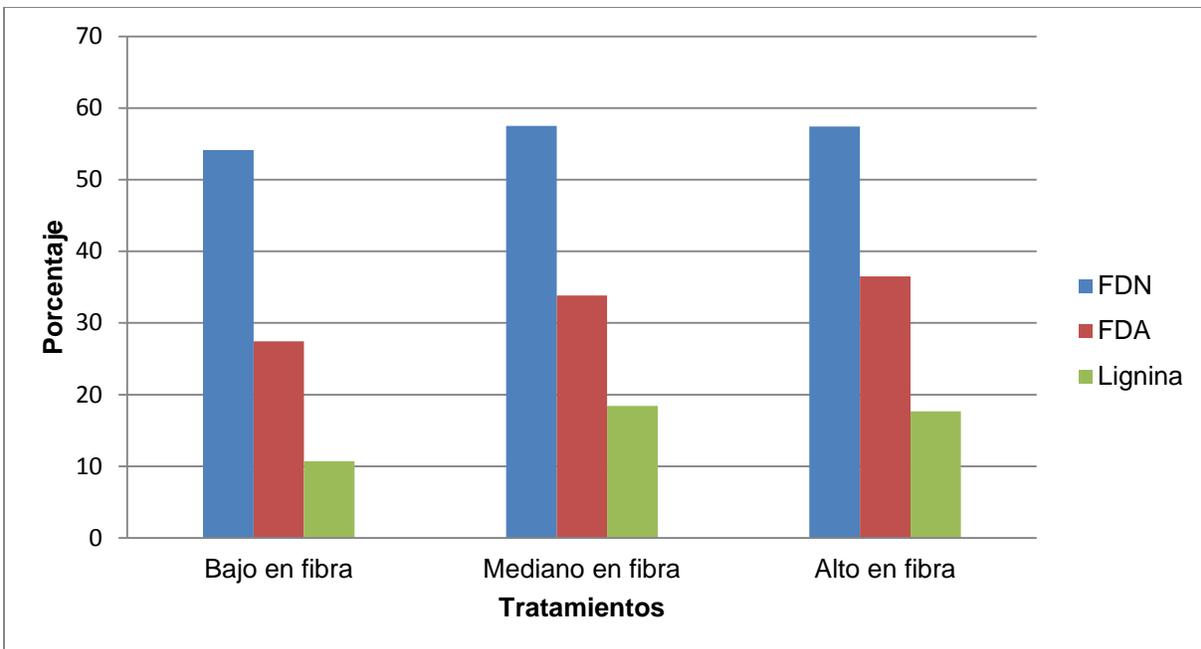
Con respecto a las tasas de defecación durante las tres estaciones consideradas en el experimento, los resultados mostraron que en la estación de primavera se obtuvo una tasa de defecación diaria de 14.27 (± 4.82), mientras que para el verano fue de 15.87 (± 4.26) y para el invierno 12.08 (± 4.85).



Gráfica 2. Tasas de defecación diarias promedio obtenidas de venados cola blanca durante las estaciones de primavera, verano e invierno, de acuerdo a los niveles de fibra en la dieta.

Los resultados de las 200 muestras de grupos fecales analizadas en el laboratorio para conocer la relación de las variables con las tasas de defecación, mostraron que el porcentaje de FDN en heces tuvo valores desde 47.01% hasta 70.22% durante todo el experimento, con una media general de 55.91% (± 4.02). La FDN aumentó ($p < 0.0001$) conforme aumentó el nivel de fibra en las dietas. El porcentaje de FDN encontrada en heces con una dieta baja en fibra fue de 54.11% (± 3.50), mientras que para la dieta mediana en fibra fue de 57.51% (± 4.15), y 57.40% (± 2.92) para la dieta alta en fibra. En cuanto al porcentaje de FDA en heces, éste mostró también diferencias ($p < 0.0001$) entre los niveles de fibra en las dietas, donde el promedio general fue de 32.27% (± 4.74) en un rango de 23.42% a 42.28%. La FDA en los grupos fecales de los venados alimentados con la dieta baja en fibra tuvieron en promedio 27.42% (± 2.02), mientras que las heces con la dieta mediana en fibra tuvieron 33.86% (± 3.17), y con la dieta alta en fibra 36.51% (± 1.92).

En cuanto a los resultados sobre el porcentaje de lignina en los grupos fecales, éstos mostraron un valor promedio de 15.03% (± 4.81), en un rango de 5.55% a 30.51%. Se observó, que en las heces bajo la dieta baja en fibra presentaron 10.86% (± 1.99) de lignina, 18.43% (± 4.24) para la dieta mediana en fibra y 17.65% (± 3.99) para la dieta alta en fibra (Gráfica 3).



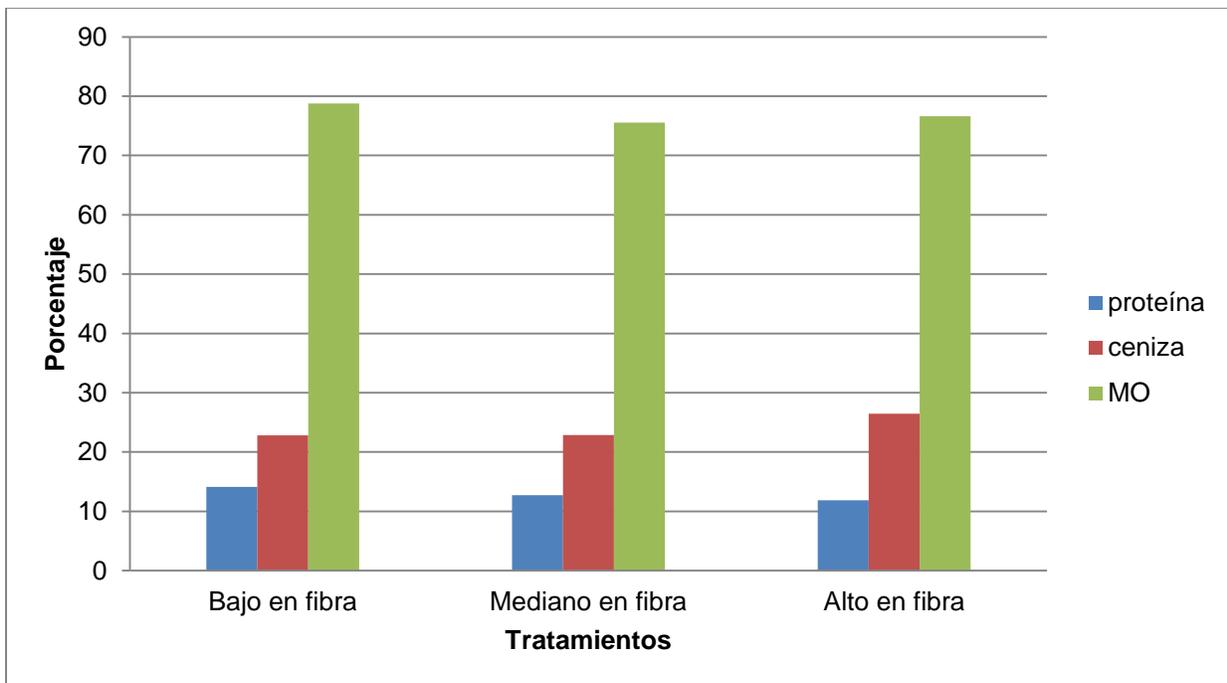
Grafica 3. Porcentajes promedio de FDN, FDA y lignina encontrados en grupos fecales de venado cola blanca con respecto al nivel de fibra en la dieta.

En cuanto al porcentaje de proteína en las heces que se realizó como parte complementaria a los resultados sobre la fibra, se observó que la proteína disminuyó ($p < 0.0001$) conforme el porcentaje de fibra en la dieta aumentó. El rango de variación estuvo de 9.18% a 16.92%, con promedio de 13.07% (± 1.62). El porcentaje de proteína con la dieta baja en fibra fue de 14.09% (± 1.33) mientras que con la dieta mediana en fibra fue de 12.69% (± 1.15) y 11.88% (± 1.39) en las heces con la dieta alta en fibra (Gráfica 4).

Respecto a los resultados sobre el contenido de cenizas en las heces, el valor mínimo encontrado fue de 17.93% y el máximo 40.67%, con valor promedio de 23.92% (± 3.98). Para la dieta baja en fibra las heces arrojaron el valor de cenizas más bajo mientras que con la dieta alta en fibra se tuvo el porcentaje más alto. El promedio de

ceniza encontrado en heces provenientes de la dieta baja en fibra fue de 22.79% (\pm 2.75), para las heces con dieta mediana en fibra fue en promedio de 22.87% (\pm 3.46) y 26.44% (\pm 4.79) para la heces colectadas con una dieta alta en fibra (Gráfica 4).

Los resultados sobre la variable MO en heces estuvieron entre 65.46% hasta 84.43% promediando 77.19% (\pm 3.39). Las heces provenientes de la dieta baja en fibra tuvieron 78.78% (\pm 2.27) de MO, aquellas pertenecientes a la dieta mediana en fibra 75.55% (\pm 4.50) y finalmente para la dieta alta en fibra se obtuvo un promedio de 76.64% (\pm 2.82) de MO en heces. Tanto los porcentajes de proteína, como cenizas y materia orgánica mostraron diferencias ($P < .0001$) entre los niveles de fibra en las dietas (Gráfica 4).



Gráfica 4. Porcentaje de proteína, cenizas y materia orgánica promedio en heces de venado cola blanca, de acuerdo con el contenido de fibra en la dieta.

Dado que la época del año y la cantidad de fibra en la dieta son los factores o variables principales que estuvieron afectando la tasa de defecación. El análisis de regresión múltiple arrojó tres modelos de predicción para obtener la tasa de defecación que debe emplearse para cada una de las estaciones (primavera, verano e invierno) consideradas en la presente investigación. Las ecuaciones por estación se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Ecuaciones de predicción para la obtención de tasas de defecación a partir de los contenidos de FDN y FDA en heces de venado cola blanca.

Ecuación de predicción de la tasa de defecación del venado cola blanca	Estación del año
$TD^a = -4.84696 - [0.02159 (FDN^b)] + [0.58397 (FDA^c)]$	Primavera
$TD = -51.0272 + [0.26868 (FDN)] + [1.61121 (FDA)]$	Verano
$TD = 7.82939 - [0.02667 (FDN)] + [0.17309 (FDA)]$	Invierno

^aTD= Tasa de Defecación; ^bFDN= porcentaje de Fibra Detergente Neutra obtenida en heces; ^cFDA= porcentaje de Fibra Detergente Acida obtenida en heces.

5. DISCUSIÓN

El rango del consumo diario de MS en la presente investigación fue de 0.37 a 2.14 kg, con una media de 0.97 kg (\pm 0.34). El rango del consumo registrado por Short *et al* (1969), fue de 0.98 a 0.47 kg. Mientras que Ruggiero y James (1976) registraron un consumo diario en venados de 1.03 kg (\pm 0.14) en hembras, y 1.78 kg (\pm 0.37) en los machos, lo que muestra que esos rangos son cercanos a los encontrados en la presente investigación, donde los venados empleados mostraron un efecto en el consumo diario de MS debido a la estación del año. Otros autores como Holter *et al* (1977) también reportaron el efecto de la estación sobre el consumo y peso corporal en el venado cola blanca. Por su parte, Short *et al* (1969) notaron una pronunciada reducción en el consumo de venados durante los meses de octubre y noviembre, y observaron un incremento del consumo durante la primavera y el inicio del otoño. Esto concuerda con el consumo más alto presentado en el verano en la presente investigación. Por su lado, Allison (1985) menciona que las diferencias en el consumo de los venados a través del año están determinadas sobre todo por mecanismos del comportamiento, y por los cambios morfológicos y fisiológicos ligados al fotoperiodo donde intervienen cambios a nivel endocrino. El venado cola blanca comienza a acumular grasa al terminar el verano y el comienzo del otoño, ya que requiere de carbohidratos para producir ácidos grasos necesarios en el invierno (Dastaler *et al* 2011). Los venados de ambos sexos necesitan acumular energía para el invierno, la hembra requiere de estar en condiciones para la ovulación e implantación y desarrollo embrionario y para el desarrollo del feto, y el macho para el crecimiento de astas y aumento de la masa corporal principalmente del cuello (Galindo-Leal y Weber, 1998).

En el verano, cuando se presenta el mayor consumo de MS, los venados adultos comienzan a ganar peso y es en los meses de agosto-septiembre cuando las astas se manifiestan en su máximo crecimiento. A mediados de noviembre comienza a notarse el ensanchamiento del cuello en los animales de mayor edad, sobre todo en aquellos de mayor rango social. En los meses de enero y febrero, los machos se encuentran en el punto óptimo de condiciones tanto físico como reproductivo, y es donde manifiestan el máximo grosor de cuello, pelo lustroso y graso y un comportamiento agresivo hacia otros machos y demasiada atracción hacia las hembras. En estos meses es donde se registra el menor consumo de alimento (Galindo-Leal y Weber, 1998) como lo observado en la presente investigación.

Al final del verano la vegetación comienza a declinar en su calidad nutritiva (Clemente 1984; Dastaler *et al* 2011). Por lo que los venados también presentan un cambio en el consumo de MS de acuerdo a como varía la cantidad de fibra en la dieta, ya que conforme las plantas maduran, su digestibilidad, cantidad de proteína, minerales y contenido de carbohidratos solubles disminuyen, mientras que los constituyentes de la pared celular (fibras y lignina) aumentan (Vandigler *et al*, 1982). Al respecto, Johnson *et al* (1998) encontraron una declinación lineal en la proteína y MO conforme la FDN y FDA incrementaron en la dieta. Información semejante se ha reportado en rumiantes domésticos donde también la FDN y FDA incrementaron linealmente conforme avanzó la estación del año. Dado que en invierno los arbustos están más lignificados y con mayor cantidad de fibra el consumo y la tasa de pasaje se reducen considerablemente (Rogers, 1987).

El consumo de forraje está relacionado a la digestión de la fibra porque está limitado por su tasa de desaparición del tracto digestivo (Mertens y Ely 1979). Dado que Van Soest *et al* (1991) ya habían demostrado que la fracción soluble en detergente neutro tiene una digestibilidad que no alcanza el 100%, y que la lignina como componente de la fibra no es completamente digerida en los rumiantes (Mertens y Ely, 1979), el contenido de lignina es el primer factor que inhibe la utilización de los carbohidratos estructurales de los forrajes. Smith *et al* (1972) observaron que el contenido de lignina en la planta está altamente relacionada con la fracción indigestible de la FDN. Smith (1964) comentó que los niveles de consumo parecían afectar la tasa de defecación del venado bura, así como también que el tipo de forraje afectaba su nivel de consumo.

Por su parte, Amman *et al* (1973) observaron que con altos niveles de digestibilidad de la fibra, el consumo se reducía, mientras que con bajos niveles de digestibilidad el consumo de MS aumentaba en venado cola blanca. La relación inversa entre la FDN de la dieta y el consumo de alimento indica que el bajo consumo resulta del llenado del tracto digestivo en el venado (Gray y Sarvello 1995). Esto se ve reiterado en la presente investigación ya que conforme aumentó la cantidad de fibra en la dieta, el consumo se vio disminuido.

El venado cola blanca suele ser selectivo para formar su dieta de una gran variedad de plantas disponibles. Al parecer, la selección está relacionada con la calidad del forraje y la digestibilidad del mismo (Vandigler *et al* 1982). La selección de plantas por los herbívoros pueden variar por estación, por ejemplo seleccionan plantas con alto

contenido de proteína durante el verano, cuando se da el crecimiento, y seleccionan ingredientes con mayor contenido de energía digestible en el invierno, cuando la termorregulación y la época reproductiva trae altos costos energéticos (Dastaler *et al* 2011). Es por ello que la alimentación del venado basada en almidones (granos) en vez de carbohidratos estructurales, aumenta la digestibilidad y producción de ácidos grasos volátiles, su principal fuente de energía (Kebreab *et al* 2009).

Al igual que en el presente experimento se encontraron cambios importantes en la tasa de defecación debido a la estación del año, Rogers (1987) encontró un incremento en la tasa de defecación en venado cola blanca entre primavera y verano de cada año, y los valores más bajos durante el invierno. Van Etten y Benett (1965) ya habían observado diferencias en el número de grupos fecales totales recolectados de venado durante las estaciones del año, obteniendo 869 grupos fecales en la primavera y 682 grupos en el otoño. Por su parte, Neff (1966), también encontró cambios en la tasa de defecación del elk a través del año. Lo mismo fue reportado por Smith (1964) quien reportó que en venado bura hubo gran variación a través del año en cuanto al número de pellets por grupo fecal, y Sawyer *et al* (1990) estimaron una tasa de defecación media de 11.96 la cual se incrementó hasta 34 grupos fecales en el otoño; mientras que Pérez *et al* (2010) encontraron en venado cola blanca un coeficiente de variación alto en el número de grupos fecales, ya que los grupos fecales diarios depositados varió de 8 a 25 con una media de 14 (± 4), rango que se encuentra cercana a las tasas reportadas por otros autores, siendo de 5 a 28 grupos fecales por día, con una media de 14.05 (± 4.83).

La cantidad de la pared celular o fibra en las plantas está relacionado de manera negativa con el consumo, y afecta directamente la tasa de defecación, así como la tasa de paso y tiempo de digestión del alimento (Short *et al* 1974), dado que el material herbáceo con baja fibra se descompone rápidamente en rumen y es subsecuentemente difícil identificarlo en heces y viceversa (Dastaler *et al* 2011). Al respecto, Amman *et al* (1973) comentaron que las cantidades de fibra pudieron haber aumentado la masa de las heces de los venados desde la primavera hasta el otoño, conforme cambió la dieta de hojas tiernas y suculentas en primavera, a plantas más maduras al final del verano, ya que las heces estuvieron compuestas principalmente por agua y elementos no digeridos, como fibra lignificada o elementos con rápida tasa de pasaje, además que los contenidos de FDN y FDA en heces constituyeron más de la mitad del peso seco de las heces (Bravera y Peñafort, 2006).

Los resultados de la presente investigación muestran que el consumo de MS por el venado cola blanca es afectado por la cantidad de fibra en la dieta y la época del año, por lo que la cantidad de FDN y FDA en heces fueron empleadas en los modelos de predicción de las tasas de defecación para las estaciones consideradas en el presente estudio, y que por lo tanto, estos resultados sustentan la hipótesis de que las tasas de defecación difieren de acuerdo a la estación del año y el contenido de fibra en heces colectadas de venados cola blanca.

Se pudiera pensar que por el hecho de que los venados en la presente investigación estuvieron en cautiverio éstos pudieron modificar sus hábitos de alimentación. Lo que se pudo constatar al respecto, es que los cambios por las condiciones de cautiverio no

modificaron el comportamiento de alimentación de los venados en libertad, como ya se discutió por otros autores, en el sentido de que el comportamiento adquirido a través de la evolución de la especie en vida libre, construyó un esquema de alimentación manifiesto en la tendencia del consumo a través del año, debido por un lado a la disponibilidad y calidad de la dieta y al efecto en el comportamiento durante el período reproductivo.

6. CONCLUSIONES

El consumo de alimento por el venado cola blanca varía a través del año de acuerdo a su contenido de fibra dado por la variación en la dieta como consecuencia de las condiciones climáticas de cada estación, ocasionando con esto su efecto en la tasa de defecación.

La tasa de defecación en invierno disminuye considerablemente debido al comportamiento reproductivo de los venados.

La estimación de las tasas de defecación en el venado cola blanca, independientemente del hábitat en que se encuentren en vida libre, puede predecirse para la estación del año en que se colecten los grupos fecales frescos, considerando sus contenidos de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida.

Los modelos de predicción de la tasa de defecación del venado cola blanca obtenidos en la presente investigación son una herramienta para disminuir el error en la estimación de poblaciones a partir del conteo de grupos fecales.

7. LITERATURA CITADA

- Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: A review. *Journal of Range Management*. 38: 305-311.
- Amman, A. P. R., L. Cowan, C.L. Mothershead y B.R. Baumgardt. 1973. Dry Matter and Energy Intake in Relation to Digestibility in White-Tailed Deer. *Journal of Wildlife Management*. 37(2):195-201.
- AOAC International. 2005. Official methods of analysis of AOAC. 18^a edición. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities. 1219 pp.
- Barnes, T.G., H.B. Lyttle, L.W. Varner y F.G. James. 1991. Digestibility of guajillo for white tailed deer. *Journal of Range Management*. 44(6):606-610.
- Beltrán, C. Y. y Díaz de la Vega M. 2010. Estimación de la densidad poblacional del venado cola blanca texano (*Odocoileus virginianus texanus*), introducido en la UMA "Ejido de Amanalco" Estado de México. *Revista Ciencia Ergo Sum. UAEM. México*. 17:154-158.
- Bennett, L.J., P.F. English y R. McCain. 1940. A study of deer populations by use of pellet group count. *Journal of Wildlife Management*. 4(4): 398-403.
- Bravera, G.A. y C. Peñafort. 2006. Lectura de la Bosta del Bovino y su relación con la alimentación. *Cursos de Producción Bovina de Carne*. Facultad de Veterinaria y Agronomía. Universidad Rio Cuatro, Córdoba, Argentina. 35 pp.
- Brooks J. y P.J. Urness. 1984. Comparison of *In Vivo* and *In Vitro* Digestibility of Forages by Elk. *Journal of Animal Science*. 58(4): 963-970.

- Clemente, F. 1984. Utilización de la vegetación nativa en la alimentación del venado cola blanca en Aguascalientes. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. de México. 87 pp.
- Clemente, F., E. Riquelme, G.D. Mendoza, R. Bárcena, S. González y R. Ricalde. 2005. Digestibility of forage diets of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*, Hays) using different ruminal fluid inocula. *Journal of Applied Animal Research*. 27: 71-76.
- Collins, W. B. 1981. Habitat preferences of mule deer as rated by pellet-group distribution. *Journal of Wildlife Management*. 45: 969-972.
- Church, D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2010. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa-Wiley. Segunda Edición. México. 200 pp.
- Dastaler, S., J.P. Quillet, J.F. Therrien, y S.D. Côte. 2011. Are feeding preferences of white tailed deer related to plant constituents?. *Journal of Wildlife Management*. 75(4): 913-918.
- Dinerstein E. y H.T. Dublin 1982. Daily defecation rate of captive axis deer. *Journal of Wildlife Management*. 46(3): 833-835.
- Eberhardt L. y R. C. Van Etten. 1956. Evaluation of the Pellet Group Count as a Deer Census Method. *Journal of Wildlife Management*. 20 (1): 70-74.
- Ezcurra E. y S. Gallina. 1981. Deer Biology, Habitat Requirements and Management in Western North America. Instituto de Ecología. México. 238 pp.
- Fuller, T.K. 1991. Do pellets counts index white tailed deer numbers and population change?. *Journal of Wildlife Management*. 55(3): 393-396.

- Forsyth, D.M., R.J. Barker, G. Morris y M.P. Scroggie. 2005. Modeling relationship between fecal pellets indices and deer density. *Journal of Wildlife Management*. 71(3): 964-970.
- Galindo-Leal, C. y M. Weber. 1998. El venado de la Sierra Madre Occidental, Ecología manejo y conservación. EDICUSA-CONABIO. México, DF. 401 pp.
- Gray, P.B. y F.A. Sarvello 1995. Energy intake relationships for White tailed deer on winter browse diets. *Journal of Wildlife Management*. 59(1): 147-152.
- Halls, L. K. 1984. White-tailed deer: Ecology and Management. Stackpole Books Harrisburg, Pennsylvania. 870 pp.
- Härkönen, S y R. Heikkilä. 1999. Use of pellet group counts in determining density an habitat use of moose *Alces alces* in Finland. *Journal of Wildlife Biology*. 5: 233-239.
- Holter, J.B., W.E. Urban y H.H. Hayes. 1977. Nutrition of Northern white-tailed deer throughout the year. *Journal of Animal Science*. 45: 365-376.
- Johnson, J.A., J.S. Caton, W. Poland, D.R. Kirby y D.V. Dhuyvetter. 1998. Influence of season on dietary composition, intake and digestion by beef steers grazing mixed grass prairie in the northern great plains. *Journal of Animal Science*. 76:1682-1690.
- Jung, H.J.G. 1997. Analysis of forage fiber and cell walls in ruminant nutrition. *Journal of Nutrition*. DOI 0022-3166/97: 810-813
- Kebreab, E., J. Dijkstra, A. Bannik y J. France. 2009. Recent advances in modeling nutrient utilization by ruminant. *Journal of Animal Science*. 87: E111-E122.

- McDonald, P. 2006. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia S.A. 6ª Edición. Zaragoza, España. 581 pp.
- Mandujano S. y S. Gallina. 1995. Comparison of Deer Censuring Methods in Tropical Dry Forest. *Wildlife Society Bulletin*. 23(2): 180-186.
- Massei, G, P. Bacon y P.G. Genov. 1998. Fallow Deer and Wild Boar Pellets Group Disappearance in Mediterranean Area. *Journal of Wildlife Management*. 62(3): 1086-1094.
- Massei, G. y P.G. Genov. 1998. Fallow deer (*Dama dama*) winter defecation rate in Mediterranean area. *Journal of Zoology*. 245: 209-214.
- Mautz, W.W. 1971a. Confinement Effects on Dry-Matter Digestibility Coefficients Displayed by Deer. *Journal of Wildlife Management*. 35(2): 366-368.
- Mautz, W.W. 1971b. Comparison of the $^{51}\text{CrCl}_3$ ratio and total collection techniques in digestibility studies with wild ruminant, the white tailed deer. *Journal of Wildlife Management*. 32(5): 999-1002.
- Mertens, D.R. y L.O. Ely. 1979. A Dynamic model of fiber digestion and passage rate in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*. 49: 1085-1095.
- Miquelle, D. 1983. Summer defecation urination rates and volumes of Moose. *Journal of Wildlife Management*. 47(4): 1230-1233.
- Montgomery, M. J., y B. R. Baumgardt 1965. Regulation of food intake in ruminants 1. Pelleted rations varying in energy concentration. *Journal of Dairy Science* 48(5) 569-574.

- Moore Kenneth, J. y H.J.G. Jung. 2001. Lignin and Fiber Digestion. *Journal of Range Management*. 54(4): 420-430.
- Neff, D. J. 1966. A determination of defecation rate for elk. *Journal of Wildlife Management*. 29(2): 406-407.
- Neff, D. J. 1968. The Pellet-Group Count Technique for Big Game Trend, Census, and Distribution: A Review. *Journal of Wildlife Management*. 32(3): 597-614.
- Pérez, S., Mandujano S., Martínez, R. E. 2010. Tasa de defecación del venado cola blanca, (*Odocoileus virginianus mexicanus*), en cautividad en Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. 20(3): 167-170.
- Portillo R., H. O, J. Hernández, F. Elvitt, F. Leiva y I. Martínez. 2010. Estimación de la tasa de defecación del venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en cautividad en Honduras. *Revista Mesoamericana*. 14(1): 55-57.
- Rasmussen, D. I., y E. R. Doman. 1943. Census methods and their application in the management of mule deer. *Transnational North America Wildlife Conference*. 8:369-379.
- Riney, T. 1957. The use of feces counts in studies of several free-ranging mammals in New Zealand. *New Zealand Journal of Science and Technology*. 38B(6): 507-532.
- Rogers, L.L. 1987. Seasonal Changes in Defecation Rates of Free Ranging white tailed deer. *Journal of Wildlife Management*. 51(2): 330-333.
- Rollins, D., F.C. Bryanty y R. Montadun. 1984. Fecal pH and defecation rates of eight ruminants fed known diets. *Journal of Wildlife Management*. 48(3): 807-813.

- Ruggiero, L.F. y B.W. James. 1976. A comparison of *in vitro* and *in vivo* Feed Digestibility by White tailed deer. *Journal of Range Management*. 29(1): 82-83.
- Ryel, L. A. 1971. Evaluation of pellet group surveys for estimating deer populations in Michigan. Michigan Department of Natural Resources. 250 pp.
- Sawyer T.G., R.L. Marchinton y W. Maclentz. 1990. Defecation rates of female white tailed deer in Georgia. *Wildlife Society Bulletin*. 18(1): 16-18.
- Smith, A. 1964. Defecation rates of mule deer. *Journal of Wildlife Management*. 28(3): 435-444.
- Smith, L.W., H.K. Goering y C.H. Gordon. 1972. Relationships of forage compositions with rates of cell wall components. *Journal of Dairy Science*. 55: 1140
- Short, H. L., J. D. Newsom, G. L. McCoy y J. F. Fowler. 1969. Effects of nutrition and climate on southern deer. *Transactions North America Wildlife Nature Resources Conference*. 34:137.
- Short, H.L., M.B. Robert y A.S. Charles. 1974. Composition of fiber and digestibility of forage in small ruminants. *Journal of Wildlife Management*. 38(2) 197-209.
- Van Etten, R. C. y C. L. Bennett, 1965. Some sources of error in using pellet-group counts for censusing deer. *Journal of Wildlife Management*. 29(4): 723-729.
- Vandigler, L.D., O. Torgeson y W.R. Parath. 1982. Factors influencing diet selection by white tailed deer. *Journal of Wildlife Management*. 46 (3):711-718.

- Van Soest, P.J., J.B. Robertson y B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.
- Vega, D. 2010. Estudio Ambiental del Rancho Chorreños, Municipio de Coneto de Comonfort Durango, para el manejo de venado cola blanca. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México. 56 pp.
- Villarreal, J. G. 2003. Guía de campo para el cazador responsable. Venado cola blanca. ANGADI, CEFFSNL, UGRNL. México. 64 pp.
- Villarreal E.B.O. A., V.R. Guevara, G.F. Franco, M.F. Cortés, A.L. Campos, C.J.C. Rodríguez. 2006. Estimación de la Densidad poblacional del venado cola blanca en la Región Mixteca Poblana. XXX Congreso de Buiatría, México. 180 pp.