

**UNIDAD XOCHIMILCO**

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**USO DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES EN**

*Odocoileus virginianus mexicanus*

**EN CAUTIVERIO Y VIDA SILVESTRE**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA:

**Mtra. MSA. DIANA PATRICIA URBINA FLORES**

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR: DR. JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ GARCÍA  
CO DIRECTOR: OSCAR AGUSTÍN VILLARREAL ESPINO-BARROS  
ASESOR: FERNANDO XICOTENCATL PLATA PÉREZ

CIUDAD DE MÉXICO

FEBREO 2022

**USO DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES EN *Odocoileus virginianus*  
*mexicanus* EN CAUTIVERIO Y VIDA SILVESTRE**

La presente tesis fue realizada bajo la supervisión del comité Tutorial indicado a continuación y aprobada como requisito en el plan de estudios para obtener el grado

de:

**DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**COMITÉ TUTORAL:**

**Director**

**Dr. José Antonio Martínez García**



---

**Co Director**

**Dr. Oscar Agustín Villarreal Espino-Barros**



---

**Asesor**

**Dr. Fernando Xicoténcatl Plata Pérez**



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>COMITÉ TUTORAL</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>II</b>
<b>INDICE</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABTRACT</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	<b>3</b>
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
<b>PUBLICACIÓN</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>10</b>
1. Antecedentes	10
2. Importancia de incrementar el tamaño de la población de especies silvestres	11
3. Suplementación de ungulados en vida silvestre	11
4. <i>Odocoileus virginianus</i>	12
5. Suplementación de venado cola blanca	14
6. Impacto de la suplementación en poblaciones en vida silvestre	15
7. Uso de hábitat	16
8. Importancia de la evaluación económica en la dieta	17
9. Vinculación en comunidades rurales	18
10. Unidades para la Conservación de la Vida Silvestre	18
11. Área de estudio	20
11.1. Sitio de estudio manejo en cautividad	20
11.2. Sitio de estudio manejo en vida silvestre	22
12. Referencias	23
<b>CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y ECONÓMICA DE DOS UMA CON VENADO COLA BLANCA BAJO CUIDADO HUMANO</b>	<b>29</b>
Resumen	29
Abstract	29
1. Introducción	30
2. Materiales y métodos	30
3. Resultados y discusión	33
3.1. Dietas	33
3.2. Consumo y digestibilidad	34
3.3. Balance energético y proteico	35
3.4. Cambios en la condición corporal	37
3.5. Evaluación económica	38
4. Conclusiones	39
5. Referencias	39

<b>CAPÍTULO 3. EFECTO DEL USO DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES EN VIDA LIBRE DE <i>ODOCOILEUS VIRGINIANUS</i> EN SANTA CRUZ NUEVO</b>	<b>43</b>
Resumen	43
Abstract	44
1. Introducción	44
2. Materiales y métodos	46
2.1. Sitio de estudio	46
2.2. Tratamientos en estaciones de foto-trampeo	47
2.3. Análisis de datos	49
3. Resultados y discusión	50
4. Conclusiones	60
5. Referencias	60
<b>CAPÍTULO 4: DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y USO DEL HÁBITAT PARA <i>ODOCOILEUS VIRGINIANUS</i> Y SUS POTENCIALES DEPRADADORES</b>	<b>62</b>
Resumen	62
Abstract	62
1. Introducción	63
2. Materiales y métodos	65
2.1 Sitio de estudio	65
2.2 Monitoreo de fauna	65
2.3 Análisis de datos	66
3. Resultados y discusión	67
3.1 Estimación de la abundancia de venados y depredadores	67
3.2 Descripción y traslape del horario de actividad de venado y depredadores	70
3.3 Uso de hábitat de <i>Odocoileus virginianus</i> y depredadores	76
4. Conclusiones	78
5. Referencias	79
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	<b>82</b>



## RESUMEN

En el norte del México, la suplementación de alimento a venados en vida libre es una de las estrategias utilizadas en el manejo para aprovechamiento y conservación. En la parte central de México, el impacto de los suplementos para venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) no ha sido cuantificado. Los objetivos del estudio fueron: 1) comparar dos sistemas de alimentación en Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) de *O. virginianus* realizando un diagnóstico nutricional y una evaluación económica de los costos por concepto de alimentación. 2) determinar la presencia de *O. virginianus* y la fauna circundante por un bloque multinutricional para venados (BMN). 3) determinar el efecto del BMN en la distribución (tasa de visita) y la diversidad. La comparación de las dietas con BMN se realizó entre las UMAs Sierra Morelos y el Ocotil, localizadas en el Estado de México. Mientras que la evaluación de la preferencia de un BMN y el efecto en la tasa de visita de venados cola blanca y fauna se realizaron en la UMA de Bienes Comunales Santa Cruz Nuevo, en el estado de Puebla. Para realizar el diagnóstico nutricional y de determinar cuál sistema garantiza el mayor crecimiento de los animales, en la dieta se determinaron los aportes de materia seca (MS) y de nutrientes: Proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) Ca y P. Para el balance energético proteínico se estimó la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS), la energía metabolizable (EM), la energía neta de mantenimiento (ENm) y la proteína metabolizable (PM). Se compararon los gastos de alimentación por día y totales para determinar el mejor retorno económico. Los resultados demuestran que las dietas tienen aportes similares de nutrientes, energía y que no hay cambios significativos en la condición corporal (CC) entre tratamientos, ya que son marginales los aportes de ENm de los animales. Para evaluar la preferencia de BMN y su efecto en la tasa de visita de venado cola blanca, se realizaron muestreos trimestrales en el periodo de 2016-2019, asignando 16 sitios dentro de una superficie de 4150 ha y distribuidos aleatoriamente, dentro de los cuales se establecieron parcelas de 50 m<sup>2</sup>, con una cámara trampa. En estas áreas se tipificó y cuantificó el tipo de vegetación, de estos sitios, en una forma completamente al azar se eligieron ocho cuadrantes y se colocaron dos tipos de BMN (uno energético-proteico, y otro mineral), los sitios restantes fungieron como testigo. En las estaciones de foto-trampeo se observó el efecto de los tratamientos en la fauna silvestre. Los avistamientos en cada tratamiento se diferenciaron numéricamente, destacándose en los sitios donde se colocaron los BMN con alrededor del 80%, de igual manera, la determinación de la tasa de visitas derivada de las frecuencias de avistamientos por especie con respecto al esfuerzo de muestreo exhibió diferencias estadísticas ( $P < 0.0491$ ). Adicionalmente, existe una correlación negativa entre la ausencia del bloque (-0.0948) y los avistamientos, la cual aumenta en las estaciones de foto trampeo donde hay BMN. De lo anterior se concluye que la condición corporal de venados bajo cuidado humano es más rentable con estrategias de suplementación que utilizan pocos insumos y que la suplementación mineral y proteica a venados en vida libre aumenta la visita y diversidad (Testigo:18 especies; BMN:23 especies) de especies silvestres a las áreas de suplementación.

**Palabras clave:** *Odocoileus virginianus*, Suplementación, Cámaras trampa.

## ABSTRACT

In the north of Mexico, food supplementation for free-living deer is one of the strategies used in management for use and conservation. In central Mexico, the impact of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) supplementation has not been quantified. The objectives of the study were: 1) to compare two feeding systems in Management Units for the conservation of wildlife (UMAs) of *O. virginianus*, carrying out a nutritional diagnosis and an economic evaluation of the costs for feeding. 2) determine the presence of *O. virginianus* and the surrounding fauna by a multinutritional block for deer (BMN). 3) determine the effect of BMN on distribution (visitation rate) and diversity. The comparison of the diets with BMN was carried out between the Sierra Morelos and Ocotlal UMAs, located in the State of Mexico. While the evaluation of the preference of a BMN and the effect on the rate of visit of white-tailed deer and fauna were carried out in the UMA de Bienes Comunales Santa Cruz Nuevo, in the state of Puebla. To carry out the nutritional diagnosis and to determine which system guarantees the greatest growth of the animals, the contributions of dry matter (DM) and nutrients were determined in the diet: Crude protein (PC), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF) Ca and P. For the protein energy balance, the apparent digestibility of dry matter (DAMS), metabolizable energy (ME), net maintenance energy (ENm) and metabolizable protein (PM) were estimated. Feeding costs per day and total were compared to determine the best economic return. The results show that the diets have similar contributions of nutrients, energy and that there are no significant changes in body condition (BC) between treatments, since the ENm contributions of the animals are marginal. To evaluate the preference of BMN and its effect on the white-tailed deer visitation rate, quarterly samplings were carried out in the 2016-2019 period, assigning 16 sites within an area of 4150 ha and randomly distributed, within which plots of 50 m<sup>2</sup> were established, with a camera trap. In these areas, the type of vegetation was typified and quantified, from these sites, in a completely random way, eight quadrants were chosen and two types of BMN were placed (one energetic-protein, and another mineral), the remaining sites served as control. In photo-trapping stations, the effect of treatments on wildlife was observed. The sightings in each treatment were numerically differentiated, standing out in the sites where the BMN were placed with around 80%, in the same way, the determination of the rate of visits derived from the frequencies of sightings by species with respect to the sampling effort exhibited statistical differences ( $P < 0.0491$ ). Additionally, there is a negative correlation between the absence of the block (-0.0948) and sightings, which increases at photo-trapping stations where there are BMN. From the foregoing, it is concluded that the body condition of deer under human care is more profitable with supplementation strategies that use few inputs and that mineral and protein supplementation to free-living deer increases the visit of wild species to the supplementation areas.

**Key words:** *Odocoileus virginianus*, Supplementation, Camera trap.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es una especie que ha acompañado el desarrollo biológico y cultural de los grupos humanos que habitaron y se establecieron en el territorio mexicano desde hace más de 20 mil años, sea como presa o elemento de expresión y conexión entre el mundo natural y espiritual (Baca, 2017), por tanto, se encuentra estrechamente relacionada con la cosmovisión de diversas sociedades (Mandujano *et al.*, 2011), en las tradiciones y expresiones culturales, el consumo de subsistencia y economía local (Retana-Guiascón *et al.*, 2015).

Actualmente, el venado cola blanca es la especie más importante como recurso estratégico a nivel comunitario por su aprovechamiento múltiple, que contribuye a obtener diversos bienes materiales, a partir de los cuales se satisfacen parte de las necesidades de alimentación, herramientas, vestimenta, ornamentos, entre otros (Retana-Guiascón y Lorenzo-Monterrubio, 2016). Asimismo, es una de las principales especies cinegéticas, debido a la calidad y cantidad de su carne, así como a su amplia distribución geográfica, capacidad de adaptación y abundancia (Mandujano *et al.*, 2011).

El manejo de *O. virginianus* debe considerarse en un modelo bioeconómico dinámico integral, un sistema que conjugue componentes biológicos y humanos (Baca, 2017). Por lo cual, el conocimiento y percepciones locales deben ser considerados en el proceso de planificación y establecimiento de programas y políticas nacionales para su conservación y aprovechamiento (Retana-Guiascón y Lorenzo-Monterrubio, 2016). Sin embargo, las acciones de protección del venado cola blanca no se han promovido y tampoco se ha motivado a los dueños de la tierra, para que realicen una gestión apropiada de este recurso y diversifiquen sus actividades productivas, es decir, trasciendan a la práctica de la ganadería diversificada (Medina *et al.*, 2008).

En la Mixteca poblana es evidente la falta de estrategias para el manejo de *O. virginianus*, por lo que es necesario proponer alternativas de desarrollo socioeconómico que permitan mejorar la calidad de vida de sus habitantes, incrementando la producción sin deteriorar el ambiente (López-Téllez *et al.*, 2007), a través del aprovechamiento sustentable de los recursos silvestres, dentro de un marco legal sustentado por el conocimiento científico.

Entre las estrategias de manejo, la suplementación provee ventajas, sin embargo, existen limitantes, por la escasa información sobre estudios de esta práctica en venado. Para

suplementar especies silvestres se debe evaluar el hábitat, con esto se deriva la determinación del aporte nutricional y la disponibilidad de alimento en términos cuantitativos y cualitativos, evaluar la estimación de la capacidad nutricional de carga, considerar la condición de los animales y estudiar el posible cambio de comportamiento y el consumo de los suplementos (Mendoza *et al.*, 2008). Una consideración importante es sí los beneficios de la suplementación alimenticia justifican los costos, la justificación económica de la alimentación depende de la estimación del valor monetario de cada cérvido beneficiado; si el valor del venado es mayor, la suplementación es económicamente viable, demostrando que esta práctica puede ser rentable, no obstante, el valor económico promedio de un venado depende de las condiciones económicas de la región donde habita (Baker y Hobbs, 1985).

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Una dieta con bloques multinutricionales mejorará la condición corporal de venado cola blanca?

¿La presencia de bloques multinutricionales incrementa la presencia de venado cola blanca?

## OBJETIVOS

### General

- Evaluar el impacto de diferentes dietas con bloques multinutricionales en el retorno económico de dos UMAS intensivas.
- Evaluar el efecto de la presencia de bloques multinutricionales en la tasa de visitas del venado cola blanca y otras especies de fauna silvestre.

### Específicos

- 1) Comparar dos sistemas de alimentación en venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) uno basado en una dieta elaborada con seis ingredientes y otra basada en solo dos ingredientes, mediante un diagnóstico nutricional y una evaluación económica para determinar cuál sistema garantiza el mayor retorno económico.
- 2) Determinar si la presencia de bloques multinutricionales modifica la presencia de diversas especies y el número de individuos (tasas de visita de los individuos de una especie y del total de especies)
- 3) Determinar si la presencia de bloques multinutricionales modifica la abundancia de especies silvestres animales.
- 4) Evaluar la correlación de las variables de hábitat que se asocian a la presencia de *O. virginianus*.

## PUBLICACIÓN

Urbina-Flores, D. P., Gómez-Medina, C., Villarreal, E. B. O., Mendoza-Martínez, G. D., Plata Pérez, F. X., Martínez-García, J. A. (2020). Nutritional and economical evaluation of two systems (UMA) of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in captivity. International Journal of Agriculture and Biological Sciences- ISSN (2522-6584) Nov & Dec 2020, 4, pp. 01-07. DOI: 10.5281/zenodo.4625371

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

<b>Cuadro 1</b>	Composición nutricional de las dietas utilizadas en dos albergues de venado cola blanca en México.
<b>Cuadro 2</b>	Balance nutricional del alimento consumido en dos albergues de venado cola blanca en México.
<b>Cuadro 3</b>	Consumo, cambios en la composición corporal y análisis económico del alimento consumido en dos albergues de venado cola blanca en México.
<b>Cuadro 4</b>	Estructura vegetal y riqueza.
<b>Cuadro 5</b>	Avistamientos tasa de visitas y correlación.
<b>Cuadro 6</b>	Avistamientos por especie entre tratamientos.
<b>Cuadro 7</b>	Efecto de los bloques la fauna silvestre.
<b>Cuadro 8</b>	Efecto del tratamiento BMN sobre la diversidad de especies.
<b>Cuadro 9</b>	Abundancia relativa y Ocurrencia Naive.
<b>Cuadro 10</b>	Modelos lineales generalizados para la detección de venados con base al fototrampeo.
<b>Cuadro 11</b>	Modelos lineales generalizados para la detección de depredadores con base al fototrampeo.



## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

- Figura 1** a) Ubicación geográfica del Parque Estatal Sierra Morelos, área del encierro de *Odocoileus virginianus texanus*.  
b) Ubicación geográfica del Parque Estatal El Ocotal, área del encierro de *Odocoileus virginianus mexicanus*.
- r** Ubicación geográfica de Santa Cruz Nuevo, Municipio de Totoltepec de Guerrero estado de Puebla.
- Figura 3** Localización de estaciones de foto-trampeo en la UMA Santa Cruz Nuevo, Totoltepec de Guerrero, Puebla.
- Figura 4** Registros fotográficos de diferentes animales captados con cámaras trampa colocadas en estaciones con tratamiento testigo.
- Figura 5** Registros fotográficos de diferentes animales captados con cámaras trampa en estaciones con tratamiento BMN.
- Figura 6** Efecto de BMN sobre la Diversidad de especies.
- Figura 7** Distribución de *O. virginianus* y meso depredadores en las cámaras trampa. El número dentro de cada círculo representa la cantidad de fotos en la escala UTM.
- Figura 8** Horario de actividad de *Odocoileus virginianus* en UMA Santa Cruz Nuevo, Totoltepec de Guerrero, Puebla.
- Figura 9** Traslape de horario de actividad en interacción depredador – presa, *Canis latrans* - *Odocoileus virginianus*.
- Figura 10** Registro fotográfico, mediante cámaras trampa, de un individuo de *Canis latrans*.
- Figura 12** Traslape de horario de actividad en interacción depredador – presa, *Lynx rufus* - *Odocoileus virginianus*
- Figura 13** Registro fotográfico, mediante cámaras trampa, de un individuo de *Lynx rufus*.

## CAPITULO 1

### 1. Antecedentes

La biodiversidad mundial está disminuyendo a un ritmo sin precedentes y alrededor de un millón de plantas y especies animales se enfrentan a la extinción (Tollefson, 2019). La transformación del hábitat natural en tierras de uso agricultura, para infraestructura y las áreas urbanas son algunos de los principales impulsores de esta reducción (van Klink *et al.*, 2020). Actualmente, aproximadamente las tres cuartas partes de la biosfera terrestre ha sido alterada por actividades humanas (Ellis y Ramankutty, 2008) y se espera que aumente el impacto de estas alteraciones en la biodiversidad este siglo. Hábitats naturales (por ejemplo, bosques naturales, humedales y dunas, entre otros) y seminaturales (por ejemplo, bosques de producción, pastos extensivos) son reconocidos como el baluarte de la mayoría de las especies en la Tierra (Di marco *et al.*, 2019).

Con una media del 80% de sus habitantes viviendo en las áreas urbanas, América Latina (AL) es una de las regiones más urbanizadas del mundo. Cincuenta ciudades tienen más de un millón de habitantes y cuatro tienen más de diez millones de habitantes (ONU, 2014). La urbanización y la expansión de las ciudades están afectando la estructura del ecosistema e induciendo el cambio de uso de la tierra (MacGregor-Fors *et al.*, 2016) por lo que los ecosistemas antropizados en AL están experimentando la pérdida de biodiversidad, con consecuencias importantes para el bienestar de sus habitantes (Grimm *et al.*, 2008).

AL es reconocida como una región con una gran diversidad biológica, biomas intactos y muchos puntos críticos de conservación priorizados (Myers *et al.*, 2000). La región contiene casi la mitad de los bosques tropicales del mundo y cerca del 40% de su agua y recursos renovables (ONU, 2010). Su ubicación geográfica y diversos gradientes de elevación han dado como resultado una amplia gama de biomas como tropical, templado, desértico, de alta montaña, mediterráneo, manglares, entre otros (Eva *et al.*, 2004). Sin embargo, el crecimiento de las poblaciones y el desarrollo económico están impulsando el cambio de uso de la tierra (Inostroza *et al.*, 2013). En la medida en que las áreas urbanas y los sistemas agrícolas crecen, están alterando rápidamente la estructura y función de los ecosistemas con alta biodiversidad e integridad ecológica (Tratalos *et al.*, 2007).

## **2. Importancia de incrementar el tamaño de la población de especies silvestres**

El impacto de los seres humanos en la vida silvestre es tan importante, que la supervivencia misma de muchas especies animales del mundo depende de que se realice un adecuado manejo y utilización. Además, las interrelaciones de la fauna silvestre y los humanos son tan intrincadas que el bienestar social y económico de los humanos a menudo depende de una buena gestión de la vida silvestre y otros recursos naturales.

La vida silvestre es un recurso importante para las comunidades locales que viven en sus alrededores, uno de los aprovechamientos de las especies silvestres es la caza por motivos de alimentación, venta, sociales, culturales o porque son plagas agrícolas (Bennett y Robinson, 2000). En México, la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP) fue creada para fomentar la protección, gestión, conservación y restauración de los recursos naturales y culturales. Por esa razón en el 2012, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) actualmente representan 25 millones de hectáreas, correspondientes a 174 ANP que cubren el 12.90% de la superficie del país (Gallina, 2012), un aumento considerable para contrarrestar el deterioro de los ecosistemas y la reducción del número de individuos en las poblaciones de vida silvestre, dado que los cambios en la composición de las especies en las comunidades alteran sus funciones y se pierden los servicios que proveen, por lo cual es muy importante enfocarse en la pérdida de funciones y en la disminución de las poblaciones.

Un ejemplo es la conservación y aprovechamiento del venado como uno de los recursos faunísticos importantes en México. Los ciervos representan una fuente de ingresos para muchos habitantes, y las AP son importantes para la investigación, misma que conducirá a su uso sostenible y, por lo tanto, a su conservación. En virtud, de la generación de conocimiento para la conservación de los ecosistemas, regulando el uso de recursos e incidiendo en la definición de estrategias de manejo de las poblaciones de venado (Gallina, 2012).

## **3. Suplementación de ungulados en vida silvestre**

La necesidad de aumentar el tamaño de las poblaciones de los animales silvestres ha hecho que se desarrollen importantes estudios de suplementación, entre las especies mayormente estudiadas en Norteamérica, se encuentran los ungulados, de los cuales, la

suplementación con propósitos de conservación y mantenimiento de las poblaciones ha logrado efectos benéficos (Milner *et al.*, 2014).

Poco se ha vislumbrado sobre las repercusiones de las estrategias de suplementación. No obstante, se ha demostrado que después de varias temporadas de ofrecimiento, estos suplementos han sido aceptados, alterando los patrones naturales del comportamiento migratorio, por otra parte, en las áreas donde no se suplementa hay un rebrote más temprano de las plantas emergentes y mayor presencia de venados sugiriendo que los animales realizan un rastreo fenológico para dirigirse a las fuentes de alimento naturales. Asimismo, existe un desajuste, en los animales suplementados hacia la temporada de crecimiento fenológico de la biomasa con potencial forrajero, restringiendo la estrategia inherente al animal de explotar la variabilidad temporal de las fuentes forrajeras de alta calidad nutritiva (Jones *et al.*, 2017).

Los cérvidos suplementados con alimentos de alta calidad muestran mayor selectividad en herbáceas que en arbustivas durante el otoño, inclusive se ha observado, que cérvidos con acceso a alimentos de alta calidad en ciertas temporadas, se alimentan principalmente de especies de baja calidad, este aumento en el consumo de forrajes de baja calidad podría ser una estrategia para reducir las tasas de fermentación en el rumen y así mantener el pH ruminal cerca de la neutralidad (Timmons *et al.*, 2010).

Las interacciones observadas en los lugares de suplementación en vida libre son altamente variables y están determinadas por la cantidad y la calidad del suplemento, y de los requerimientos nutricionales del animal (Lewis y Rongstad, 1998). Existe la posibilidad de deteriorar la calidad nutricional del forraje nativo por suplementar por periodos extensos y no necesariamente en condiciones de emergencia (Jones *et al.*, 2017), además de consecuencias a nivel de comunidades, por el riesgo de ser áreas potenciales de reservorios y dispersores de patógenos en las poblaciones de ungulados en vida libre (Inslerman *et al.*, 2006). Entre los efectos observados en respuesta a la suplementación, se encuentra el incremento de traslape y decrecimiento del tamaño del ámbito hogareño, incremento en tamaño de los grupos y la reducción del territorio (Robb *et al.*, 2008).

#### **4. *Odocoileus virginianus***

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, Zimmermann, 1780) es un cérvido de amplia distribución, habita una amplia gama de hábitats, desde ambientes templados

septentrionales hasta subtropicales y semiáridos (Smith, 1991), que se extiende de norte a sur de América (Hewitt, 2011). Este género se compone por 38 subespecies (Smith, 1991). En México solo está ausente en la península de Baja California. La amplia gama de subespecies de cola blanca ejemplifica la adaptabilidad de esta especie a una multitud de ecosistemas.

*O. virginianus* ha adaptado en general su área de distribución al del mosaico de bosques secundarios, claros y tierras de cultivo creadas mediante la tala, el desmonte de la agricultura, ya que, estas actividades sustituyeron o imitaron muchas perturbaciones naturales como los incendios forestales, que inhiben o retardan la sucesión de la estructura vegetal y proporcionan claros en el hábitat que promueven los rebrotes tempranos de vegetación, por este motivo, es considerado como un cérvido de gran plasticidad adaptativa, tolerante a las actividades humanas; presente aún en áreas altamente perturbadas como zonas agrícolas y ganaderas, siempre y cuando encuentre alimento y cobertura de protección (Smith, 1991).

Si bien la ecología de las subespecies de venado cola blanca que se encuentra en las regiones templadas de América del Norte, ha estudiado ampliamente (Hewitt 2011), es importante dar seguimiento a las subespecies que viven hacia el centro y sur de Latinoamérica en regiones con poca o ninguna atención científica (Weber y González 2003; Meyer *et al.*, 2016, 2019), estas lagunas en el conocimiento resultan en un mal manejo de la conservación, considerando que en la práctica es complejo diferenciar claramente entre algunas subespecies y definir los límites geográficos de distribución, de manera que, es de esperarse que subespecies con distribución continua compartan características fenotípicas similares y que estas características cambien gradualmente conforme las subespecies se separan geográficamente (Mandujano, 2004). Siendo así, es relevante generar información ecológica de referencia para establecer una clasificación de conservación digna de crédito para la subespecie y ayudar con la planificación más amplia de la conservación del ecosistema (Duquette *et al.*, 2020).

En México, el venado cola blanca ha sido valorado por muchas culturas desde la época prehispánica (Sera y Valdez, 1989, Téllez, 1996). La importancia del venado cola blanca en México es innegable; son una fuente de alimento, caza deportiva y artesanías. La importancia de la cacería de subsistencia ha sido documentada (Briceño *et al.*, 2021). En el norte de México, el valor económico del venado cola blanca como principal trofeo de caza

mayor se ha vuelto cada vez más importante desde la década de 1990 (Villarreal *et al.*, 2011). Debido a su importancia económica como cultural es importante incrementar las poblaciones de venado cola blanca para lo cual se tienen diferentes alternativas.

## 5. Suplementación en venado cola blanca

Para mantener las poblaciones de venado cola blanca, además de proteger el mantenimiento de su condición corporal (CC) en UMAs en temporadas críticas, se han promovido estrategias de manejo, entre estas, la suplementación, sin embargo, existen limitantes por la escasa información concluyente sobre esta práctica en *Odocoileus virginianus* en vida libre (Lewis y Rongstad, 1998), que consiste en colocar alimento complementario durante las diferentes temporadas a lo largo del año, principalmente para promover la condición individual de animales o de una población, mitigar el estado de escasez de fuentes de alimento en situaciones críticas, modificar la localización de las poblaciones, influenciar el comportamiento migratorio (Jones *et al.*, 2017), y atraer o concentrar a la fauna silvestre para actividades de recreación como ecoturismo o actividades cinegéticas (Insterman *et al.*, 2006; Mendoza *et al.*, 2008; Miller *et al.*, 2016).

Weckerly y Kennedy (1992) concluyeron que en el venado cola blanca la selectividad y consumo de especies vegetales decrecía cuando la abundancia del suplemento era alta. En cambio, Gann *et al.* (2016), sugieren que la presencia de suplementos de calidad no modifica la disponibilidad de alimento natural de alta calidad, ni aumenta la densidad de plantas palatables, ni reduce crecimiento del venado cola blanca. Los efectos del forrajeo selectivo dependen de la presión ejercida por el tamaño de las poblaciones y de las condiciones del hábitat, por lo que, en ambientes moderadamente húmedos, la presencia de los herbívoros regula la estructura de la vegetación, mientras que en ambientes semiáridos su presencia modifica la composición de la biomasa vegetal (Gordon y Prins, 2008).

Los venados prefieren consumir hojas durante la primavera con mayor presencia de humedad en el ambiente, y consumen principalmente frutos durante el verano, reduciendo la presión de forrajeo o ramoneo en la vegetación, permitiendo a su vez, la recuperación de tejido fotosintético de forrajes nativos con destacada palatabilidad, no obstante, con la suplementación de alimento concentrado para el venado cola blanca, se observa un incremento en la proporción del ramoneo durante la primavera y las hierbas en otoño, pero

dicha estrategia no modifica las preferencias del forraje en verano o invierno (Timmons *et al.*, 2010).

Es importante señalar que en diferentes condiciones edafoclimáticas, distintas especies vegetales incluidas en las preferencias de ungulados en vida silvestre, desarrollan diferentes estrategias para su persistencia en el ambiente, por ejemplo, el aumento de características como la altura, produciendo tejido fotosintético muy por encima del alcance de venados, o estructuras como espinas, y la habilidad para compensar la remoción de tejido, son parte de las respuestas al ramoneo intenso que les permiten tolerar altas densidades de venados (Jones *et al.*, 2017).

## **6. Impacto de la suplementación en poblaciones en vida silvestre**

La densidad de población está relacionada con la capacidad de carga nutricional, y el aumento de la velocidad de crecimiento es más probable cuando se proporciona alimentación suplementaria a una población con escasos recursos de forraje natural (Tarr y Pekins, 2002, Bartoskewitz *et al.*, 2003). Se puede requerir forraje natural para equilibrar la escasez de nutrientes esenciales en la alimentación suplementaria (Schmitz, 1990), o para estimular el tracto digestivo para aligerar el riesgo de la acidosis ruminal (Timmons *et al.*, 2010). Existe evidencia que la suplementación durante el invierno reduce la pérdida natural de masa corporal, o la pérdida de condición corporal (CC), lo que aumenta las reservas corporales, las cuales aseguran la supervivencia en condiciones invernales extremas (Milner, 2014).

La suplementación durante el otoño ha aumentado el crecimiento somático particularmente en machos y juveniles, por su parte, en hembras resulta más complicado observar el efecto debido al fuerte impacto del estado reproductivo en la CC durante la estación, puesto que el gasto de energía durante la lactación en verano causa una disminución en la CC de hembras con o sin crías, (Milner, 2013), sin embargo, las crías de hembras suplementadas fueron más pesadas, debido al incremento en el rendimiento de leche y la tasa de crecimiento neonatal (Smith *et al.*, 1997), por el contrario, cuando la tasa de reproducción ya es naturalmente alta, es probable que la alimentación suplementaria no la mejore (Fauchald *et al.*, 2004).

La efectividad de los programas de suplementación para promover el incremento poblacional depende de la proporción del uso o aceptación del alimento, Bartoskewitz *et al.*

(2003) estudiaron un grupo de venados cola blanca, donde a las hembras se les suplementó en verano, y no encontraron efectos significativos del suplemento en la CC, mientras que una proporción de los machos suplementados mostró efectos significativos en el tamaño de las astas y el peso en algunas clases de edades. La expectativa de la suplementación es que incremente la capacidad de carga nutricional del hábitat, junto con un aumento en la densidad relativa en las poblaciones. En adición, la distribución de puntos focalizados de suplementación altera la distribución natural de los individuos junto con una modificación de su comportamiento forrajero, permitiendo el incremento de densidades locales y agregaciones alrededor de las estaciones de suplementación.

## **7. Uso de hábitat**

En el hábitat se encuentran los recursos y condiciones que favorecen la ocupación, así también, es la suma de los recursos específicos que necesitan diferentes organismos para sustentar la vida, es decir, alimentarse, reproducirse y subsistir (Krausman, 1999). Es así, que se utiliza el análisis de la composición del hábitat para investigar y entender el uso de sus elementos disponibles que dependerá principalmente de la estacionalidad climática (Grund *et al.*, 2002). Toda vez que el uso del hábitat es la manera en que un organismo utiliza los recursos físicos, biológicos y espaciales presentes. Un animal utiliza estos recursos como forraje, fuentes de agua, cobertura de escape, térmica o de descanso, entre otras maneras de desenvolvimiento, asociadas a los comportamientos pre-adaptados a ambientes determinados, que conducen a la selección del hábitat. Las varias actividades de un animal requieren de componentes específicos y experimentan cambios con base estacional o anual, entonces las especies utilizarán un hábitat de acuerdo con la estacionalidad natural de los cambios ambientales (Hall *et al.*, 1997).

En el estudio del uso de hábitat de *O. virginianus* regularmente se definen los tipos de hábitat presentes en el área de estudio, y como es su actividad en estos a lo largo de un ciclo estacional, dicha actividad generalmente es evaluada por la dinámica del ámbito o rango hogareño. *O. virginianus* ha sido estudiado en un gran mosaico de paisaje, en humedales, pantanos, ciénegas, bosques de montaña, matorrales xerófilos, áreas agrícolas, urbanas, pastizales, entre otros (Grund *et al.*, 2002, Nielsen y Stroud-Settles, 2018). El ámbito hogareño y el uso de hábitat de *O. virginianus* está influenciado por muchos factores además



del clima y la temperatura, estos son la calidad del hábitat, la competencia intra e interespecífica, la densidad de población y la actividad humana (Grund *et al.*, 2002, Cobb *et al.*, 2004, Storm *et al.* 2007, Nielsen y Stroud-Settles, 2018)

Entre las teorías del uso del hábitat se expone la disminución de la calidad nutricional de los forrajes nativos, después de la presión forrajera ejercida, en contraste, se ha estudiado el incremento de la concentración de nutrientes como resultado del ramoneo, considerando una retroalimentación que estimula la productividad de la planta, beneficiando la disponibilidad de nutrientes en el forraje nativo.

Los impactos al hábitat incluyen cambios en la composición de las plantas y la diversidad, debido al incremento de presión de ramoneo sobre los en arbustos enanos leñosos (Mathisen *et al.*, 2010) y arboles (Smith *et al.*, 2004), y una pérdida consecuente de la cubierta del sotobosque (Pedersen *et al.*, 2014), y el incremento de la demanda de luz de las especies y los pastos presentes (Mathisen *et al.*, 2010). Evidencia de todos estos efectos ha sido documentada, pero ocurren principalmente como consecuencia de un incremento en la densidad local de herbívoros, un poco más que las consecuencias directas de la suplementación.

## **8. Importancia de la evaluación económica de la dieta**

El manejo de la alimentación para el desarrollo óptimo de herbívoros silvestres en cautiverio es una tarea compleja, que debe de considerar aspectos fundamentales, consumo, requerimientos nutricionales, salud, y manejo (Crissey, 2015), con el fin de proveer una dieta apropiada para cada especie de fauna silvestre (Dierenfeld, 1997; Townsend, 2009).

La formulación de dietas y su posterior evaluación nutricional en animales silvestres bajo cuidado humano, permite identificar deficiencias que de lo contrario encaminan a enfermedades, y así sostener la vida y la salud, puesto que una dieta integral resulta generalmente en una buena condición corporal y reproducción (Dierenfeld, 1997; Fidgett y Plowman, 2009). Se han evaluado los regímenes dietarios en poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) localizadas en Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) enfocadas a la reproducción y conservación del hábitat (Villarreal Espino-Barros *et al.*, 2008); sin embargo, continúan los esfuerzos para proponer opciones que se ajusten a las particularidades ambientales, económicas y nutricionales, que permitan

la viabilidad económica y así solventar las prácticas de manejo nutricional, sin que los costos excedan los ingresos (Townsend, 2009). Tradicionalmente se ha considerado que el consumo de un animal depende de la cantidad y tipos de alimento que se le ofrecen; sin embargo, la oferta de muchos alimentos favorece el consumo selectivo de los mismos y puede volver incompleto el aporte de nutrientes (Crissey 2005). Adicionalmente, la cantidad de alimentos ofrecidos a los animales determina el costo de la dieta y el aumento de los ingredientes de una ración modifica la sustentabilidad económica del sistema.

## **9. Vinculación en comunidades rurales**

La diversificación de las actividades productivas en las comunidades rurales es una oportunidad de vincularse a otras esferas de la dinámica económica, el aprovechamiento de los recursos naturales a través de UMAS ha favorecido la economía local de diferentes organizaciones rurales, implicando la ampliación del espectro de las tareas diarias individuales y colectivas a través de la cooperación en la producción fuera de la explotación familiar, con un nivel de especialización relativamente bajo, mismo que se adquiere directamente en la práctica, de tal manera que los productores campesinos consigan concretar su formación durante la atención y practica de las actividades productivas (Shannin, 1976). De tal manera, la vinculación de profesionales y técnicos especializados adquiere su relevancia y se convierte en el agente impulsor para actividades de manejo que buscan hacer un uso adecuado de los recursos para evitar su explotación irracional, en donde se desarrollen actividades extensionismo en la unidad de producción familiar y a su vez, actividades productivas en el sistema de producción de bienes comunales, como es la ganadería diversificada y aprovechamiento de fauna silvestre. En este sentido, los estudios impulsados por la vinculación de universidades en comunidades rurales a largo plazo a múltiples escalas espaciales, que combinan datos experimentales y de campo, podrían ayudar a llenar estas lagunas de conocimiento y explorar posibles escenarios de gestión (Shannin, 1976).

## **10. Unidades para la Conservación de la Vida Silvestre**

Para contribuir a la conservación de la biodiversidad y desarrollo socioeconómico de México, y en cumplimiento con los acuerdos internacionales de promover esquemas de desarrollo sustentable, en 1997 el gobierno federal implementó el Programa de Conservación

de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural (SEMARNAT, 1997).

Su objetivo fue brindar oportunidades de desarrollo social y económico a las comunidades rurales, frecuentemente asociadas con áreas de gran diversidad biológica y a un acentuado rezago socioeconómico, derivando en la creación de UMAs, sistemas que regulan el uso de los recursos naturales, conservan la diversidad de los ecosistemas y estimulan la derrama económica en poblaciones rurales organizadas, vistas como una alternativa para empujar el desarrollo de poblaciones o comunidades rurales de escasos recursos, diversificando las fuentes económicas de las familias y así evitar la fragilidad socioeconómica.

Para promover una UMA es básico realizar un proyecto para el manejo de fauna silvestre y en general de los recursos naturales presentes. Para realizar el manejo y aprovechamiento de los recursos dentro de un predio, rancho, entre otros. Existen dos esquemas, el intensivo y extensivo o de vida libre, en este último las especies, principalmente de fauna, se encuentran libres, entonces el intemperismo es la característica más notable. Los individuos, se alimentan y resguardan bajo las condiciones naturales y ocasionalmente pueden realizarse prácticas de manejo como: proporcionar alimento, agua, combate de incendios, recolecta de semilla, reforestación, y suplementación a la vida silvestre principalmente en temporadas de estrés, como sequías prolongadas, entre otras actividades de manejo.

Las UMAs como sistemas poseen diferentes actores o componentes, las escalas se definirán a continuación, macro refiere a los actores sociales y las interacciones que existen entre ellos, por el contrario, micro comprendería la vida silvestre y las interacciones entre las especies y el medio ambiente, que finalmente conllevan al surgimiento de emergencias como podrían ser los servicios ambientales o los roles derivados de las actividades que se lleven a cabo en estos sistemas.

Para entender las funciones de los actores, primeramente en la base de estos sistemas se encuentran las poblaciones, comunidades rurales organizadas e instituidas legalmente como figuras morales y que en sus actividades se describan aquellos aprovechamientos de recursos naturales o actividades productivas primarias, básicamente esta compuestas por las familias beneficiadas por la actividad económica, a su vez, otro eslabón de igual importancia son las instituciones que son las encargadas de regular el marco normativo que comprende

dicha actividad económica y de brindar los permisos correspondientes para ejercer la actividad de manera legal. Por último, otros actores en la cadena son los técnicos gestores y los consumidores o sociedad que accede a los servicios que brinda la unidad productiva.

Estos sistemas productivos son dinámicos, sin embargo, en el contexto de aspectos normativos no han tenido cambios relevantes desde el 2010. Debido a la complejidad del sistema y por estar estrechamente influenciado por el entorno ambiental y social, atender y fortalecer la organización y cohesión social dentro de la comunidad resulta crucial, y en este sentido, es imprescindible la vinculación con universidades para formar parte de la cadena productiva, ya que, que facilitaría la obtención de recursos y personas profesionales para llevar a cabo capacitaciones, por ejemplo, capacitar para aprender a trabajar en equipo, promover los valores culturales de la región y a través de estos la conservación. Otro elemento para desarrollar sería la transferencia de la experiencia y técnicas de manejo exitoso, por ejemplo, el enriquecimiento de las actividades ecoturísticas en las unidades de manejo.

## **11. Área de Estudio**

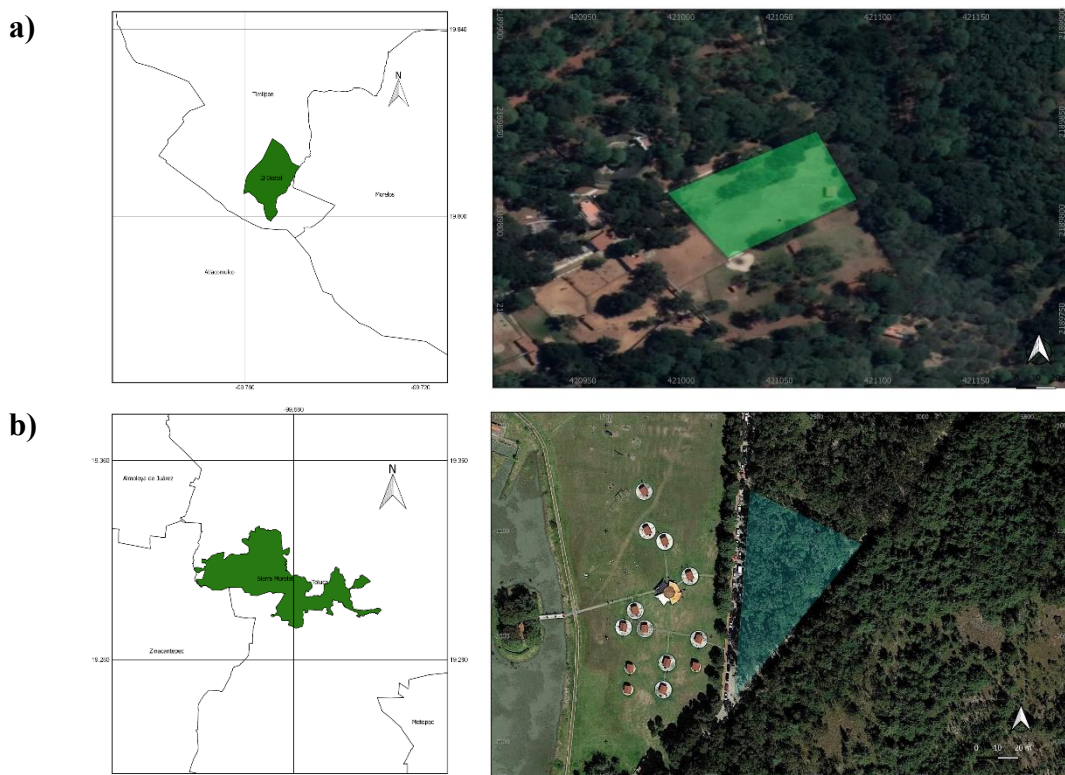
El presente estudio se realizó entre 2018 y 2019, en tres zonas experimentales, localizadas en dos parques estatales que forman parte de la red de Parques recreativos de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF), donde entre otras cosas, se realizan actividades de investigación para la conservación de flora y fauna, equilibrio ecológico y salud ambiental; y en una UMA Bienes comunales de Santa Cruz Nuevo.

### **11.1. Sitio de estudio con manejo en cautividad**

El Parque Estatal Sierra Morelos, ubicado en Toluca de Lerdo, Estado de México (19°18'46" N, 99°41'53" O), posee una altitud entre 2400, el clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwbg; Köppen, 1990), la precipitación media anual varía de 800 a 1500 mm, la temperatura varía entre rangos que fluctúan de 4 a 14°C (Rzedowski, 2006, INEGI, 2009; INAFED 2010). El encierro donde permanecen los ejemplares consta de un área de 10362 m<sup>2</sup> (19.3086876 N, 99.68702809 O), se caracteriza por estar dominado por pastizal en temporada de lluvias y estiaje. Donde el grupo de venados es de la subespecie *O v. texanus*, caracterizada por la mayor talla corporal y de astas (Logan-López *et al.*, 2007), a

comparación de las 13 subespecies que se extienden en el territorio mexicano, su presencia se ha vinculado en las regiones semiáridas del noreste del país. La estructura de la manada se compone de 16 animales, 12 adultos y 4 crías.

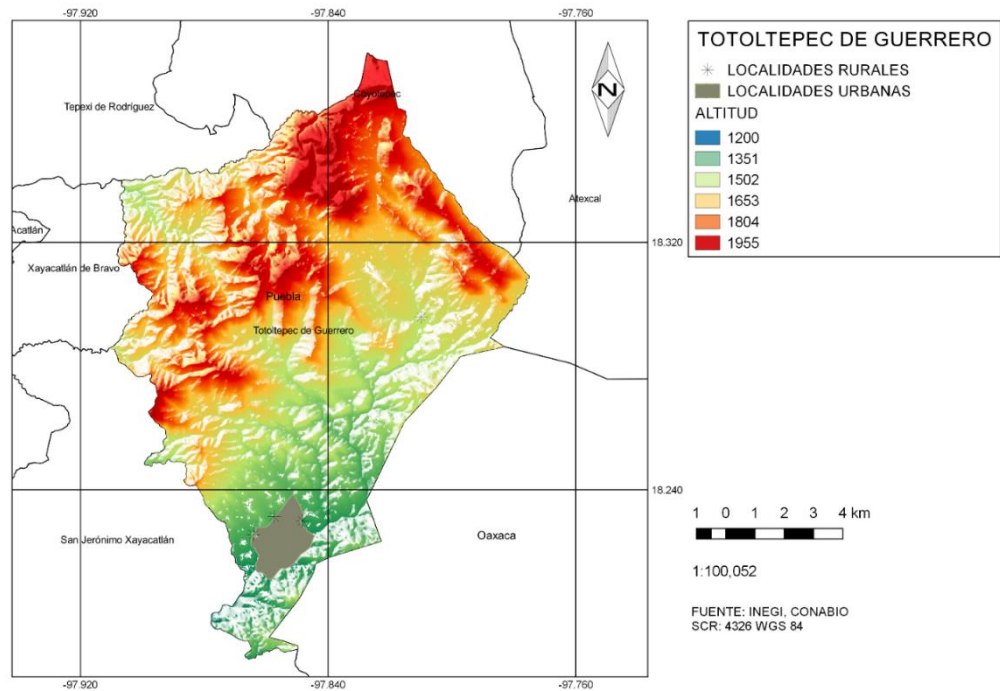
El Parque Estatal El Ocotal, ubicado en el municipio de San Andrés Timilpan, Estado de México (19°48'22.44" N, 99°45'34.28" O), la altitud es de 2759 msnm, el clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwbg; Köppen, 1990), la precipitación media anual es 800 mm, la temperatura fluctúa de 6 a 16 °C (Rzedowski, 2006; INEGI, 2009; INAFED 2010). El área del recinto de los venados es de 4903 m<sup>2</sup> (19°48'10.46" N, 99°45'12.93" O), prevalece el pastizal. En este parque los individuos de la manada pertenecen a la subespecie *O v. mexicanus*, su presencia ha sido ubicada en el valle central de México, están asociados a la selva tropical caducifolia, bosque templado, matorral xerófilo ecosistemas destacables en esta región (Mandujano *et al.*, 2011), son de interés cinegético, no obstante, prevalece el de conservación, y usos relativos a subsistencia. La estructura de la manada en el encierro es de 10 adultos y 2 juveniles.



**Figura 1.** a) Ubicación geográfica del Parque Estatal Sierra Morelos, área del encierro de *Odocoileus virginianus texanus*. b) Ubicación geográfica del Parque Estatal El Ocotal, área del encierro de *Odocoileus virginianus mexicanus*.

## 11.2. Sitio de estudio con manejo en vida silvestre

La UMA ubicada la comunidad de Santa Cruz Nuevo en el municipio de Totoltepec de Guerrero, Puebla, este municipio pertenece a la llamada Mixteca Poblana (18°17'44" N, 97°48'35" O), predominan los climas semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A)C(wo) (Köppen,1990), con temperatura media anual de 22 a 25°C; y precipitación pluvial anual de 759 a 950 mm, y templado subhúmedo con lluvias en verano C(w)O(W) (Köppen, 1990), con temperatura media anual de 17 a 19°C; y precipitación pluvial de 650 a 700 mm (Rzedowski, 2006, INEGI, 2009; INAFED 2010), además forma parte de la región hidrológica del Río Balsas (Villarreal *et al.*, 2011), presentado una estacionalidad marcada. La pendiente va del 20 al 70% de inclinación y los suelos son someros de 0 a 25 cm (INEGI, 2009). Principalmente coexisten los siguientes tipos de vegetación: selva baja caducifolia, que en algunas partes se encuentra como matorral xerófilo, debido a la escasa humedad y pobreza del suelo; otro tipo es el matorral mediano subinermes, no obstante, se pueden encontrar zonas de encinos que se presentan en las partes cerriles más altas. Por último, la selva mediana subcaducifolia espinosa (bosque de galería), que se encuentra en las vegas del río Acatlán; esta área representa menos del 1% de la superficie (Villarreal *et al.*, 2001). En esta zona se ha registrado la subespecie *mexicanus* ecotipo de la depresión del río Balsas (Villarreal, 2006), que se distribuye en la región Mixteca del estado de Puebla, su talla es relativamente pequeña en comparación con otras subespecies (Medina y Viveros 1991), además, se han identificado 26 mamíferos, agrupados en seis órdenes y 11 familias. Entre los mamíferos estos destacan (Villarreal, 2006): el conejo (*Silvilagus spp.*), el coyote (*Canis latrans*), el pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), zacatigre (*Leopardus pardalis*), puma (*Puma concolor*) y lince o gato montés (*Lynx rufus*).



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la UMA Santa Cruz Nuevo, Municipio de Totoltepec de Guerrero estado de Puebla.

## 12. Referencias

- Baca, R. B. (2017). *Odocoileus virginianus* (Venado Cola Blanca). Historia natural, problemática y alternativas de aprovechamiento. Mentor Forestal, 1, 53-57.
- Bartoskewitz, M. L., Hewitt, D. G., Pitts, J. S., Bryant, F. C. (2003). Supplemental feed uses by free-ranging White-tailed deer in southern Texas. Wildlife Society Bulletin, 31, 1218-1228.
- Bennett, E. L., Robinson, J. G. (2000) Hunting of wildlife in tropical forests: implications for biodiversity and forest people WCS New York. In: Bennett, E.L. and Robinson, J.G., Eds., Hunting for sustainability in tropical forests, Columbia University, New York.
- Cobb, M. A., Gogan, P. J. P., Kozie, K. D., Olexa, E. M., Lawrence, R. L. and Route, W. T. 2004. Relative spatial distributions and habitat use patterns of sympatric moose and white-tailed deer in Voyageurs National Park, Minnesota. Alces 40, 169–191.

- Di Marco, M., Ferrier, S., Harwood, T. D., Hoskins, A. J., Watson, J. E. M. (2019). Wilderness areas halve the extinction risk of terrestrial biodiversity. *Nature*; 573, 582–5.
- Ellis, E. C., Ramankutty, N. (2008). Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in ecology and the environment*; 6, 439–47.
- Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Puebla. (2010). Disponible en línea: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21190a.html>. Consultado 28 de enero de 2018.
- Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Puebla. (2010). Disponible en línea: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15018a.html>. Consultado 19 de febrero de 2018.
- Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Puebla. (2010). Disponible en línea: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15106a.html>. Consultado 20 de febrero de 2018.
- Eva, H. D., Belward, A. S., De Miranda, E. E., Di Bella, C. M., Gond, V., Huber, O., Jones, S., Sgrenzaroli, M., Fritz, S. (2004). A land cover map of South America. *Global Change Biology*, 10 (5): 731–744.
- Fauchald, P., Tveraa, T., Henaug, C., Yoccoz, N. G. (2004). Adaptive regulation of body reserves in reindeer, *Rangifer tarandus*: a feeding experiment. *Oikos*, 107 (3), 583-591.
- Gallina, S. (2012). Is sustainability possible in protected area in Mexico? Deer as an example of a renewable resource. *Sustainability*, 4, 2366-2376.
- Gann, W. J., Fulbright, T. E., Grahmann, E. D., Hewitt, D. G., DeYoung, C. A., Wester, D. B., Korzekwa, B. A., Echols, K. N., Draeger, D. A. (2016). Does supplemental feeding of white-tailed deer alter response of palatable shrubs to browsing? *Rangeland Ecology and Management*, 69 (5), 399-407.
- Gordon, I. J., Prins. H. T. (2008). *The ecology of browsing and grazing*. Springer, 328 p.



- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864):756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- Grund, M. D., McAninch, J. B., Wiggers, E. P. (2002). Seasonal Movements and Habitat use of female White-tailed deer associated with an urban park. *The Journal of Wildlife Management*, 66 (1), 123-130.
- Hall, E. (1981). *The mammals of North America*. Wiley-Interscience, 1091-1097.
- Hall, L. S., Krausman, P. R., Morrison, M. R. (1997). The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Management. Wildlife Society Bulletin*, 25 (1), 173–182.
- Hewitt, D. G. (2011). *Biology and Management of White-tailed Deer*. CRC Press, Boca Raton, 686 pp.
- Inostroza, L., Baur, R., Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: a dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management*, 115, 87–97.
- Inslerman, A. R., Miller, J. E., Baker, D. L., Cumberland, R., Doerr, P., Kennamer, J. E., Stinson, E. R., Williamson, S. J. (2006). Baiting and Supplemental feeding of game Wildlife species. *The Wildlife Society. Technical review*, 06-1.
- Jones, J. D., Kauffman, M. J., Monteith, K. L., Scurlock, B. M., Albeke, S. E., Cross, P. C. (2017). Supplemental feeding alters migration of a temperate ungulate. *Ecological Applications*, 24 (7), 1769-1779.
- Köppen, W. (1900) Intento de clasificación climática en relación con las distribuciones vegetales. *Geographic Zeitschrift*, 6, 593-611, 657-679.
- Lewis, T. L., Rongstad, O. J. (1998). Effects of supplemental feeding on white-tailed deer *Odocoileus virginianus*, migration and survival in Northern Wisconsin. *The Canadian Field-Naturalist*, 112, 75-81.
- MacGregor-Fors, I., Escobar, F., Rueda-Hernández, R., Avendaño-Reyes, S., Baena, M. L., Bandala, V. M., Chacón-Zapata, S., Guillén-Servent, A., González-García, F., Lorea-Hernández, F., Montes de Oca, E., Montoya, L., Pineda, E., Ramírez-Restrepo, L., Rivera-García, E., Utrera-Barrillas, E. (2016). City “green” contributions: the role of urban greenspaces as reservoirs for biodiversity. *Forests*, 7 (7): pág.146.

- Mandujano, S. (2004). De Venados en México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20 (1), 211–251.
- Mandujano, S., Pérez, T., Escobedo, L., Yañez, C., González, A., Pérez, L. (2011). Venados: Animales de los dioses. Colección: Manejo de Fauna Silvestre Número: 1 (pp. 5-9). Instituto Literario de Veracruz, Segunda edición. México.
- Mendoza, G.D, F.X. Plata, O.A. Villarreal, F.J. V., F. Guerra. (2008). Ventajas de la Suplementación en venado cola blanca. Libro Conservación y manejo de fauna cinegética de México I (pp. 85-104). BUAP, Primera impresión. México.
- Milner, J. M., Van Beest, F. M., Schmidt, K. T., Brook, R. K., Storaas, T. (2014). To Feed or not to Feed? Evidence of the Intended and Unintended effects of Fedding Wild Ungulates. *The Journal of Wildlife Management*, 78 (8), 1322-1334.
- Milner, J. M., Van Beest, F. M., Solberg, E. J., Storaas, T. (2013). Reproductive success and failure - the role of winter body mass in reproductive allocation in Norwegian moose. *Oecología*, 172, 995-1005.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853–858.
- Nielsen, C. K., Strud-Settles, J. K. (2018). Home range and habitat use of female white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the northern lower peninsula for Michigan. *Mammal Study*, 43 (3), 1-7.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI. Totoltepec de Guerrero, Puebla. Clave geoestadística 21190, (2009).
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Toluca, México. Clave geoestadística 15106, (2009).
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Calimaya, México. Clave geoestadística 15018, (2009).
- Retana-Guiascón, O. G., L. G. Martínez-Pech, G. Niño-Gómez, E. Victoria-Chan, A. Cruz-Mass, A. Uc-Piña. (2015). Patrones y tendencias de uso del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en comunidades mayas, Campeche, México. *Therya*, 6 (3), 597-608.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). (1997). Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural. 1997-2000. México. Primera "ed." México. 221 pp.
- Shanin, T. (1976). La economía campesina: Una generalización. Shanin, Theodor. Naturaleza y lógica de la economía campesina. Barcelona: Anagrama.
- Smith, W. P. 1991. *Odocoileus virginianus*. Mammalian Species 388, 1–13.
- Storm, D. J., Nielsen, C. K., Schaubert, E. M. and Woolf, A. 2007. Space use and survival of white-tailed deer in an exurban landscape. *Journal of Wildlife Management* 71, 1170–1176.
- Tarr, M. E., Perkins, P. J. (2002). Influences of Winter supplemental feeding on the energy balance of whitetailed deer fawns in New Hampshire, USA. *Canadian Journal of Zoology*, 80, 6-15.
- Timmons, G. R., Hewitt, D. G., DeYoung, C. A., Fulbright, T. E., Draeger, D. A. (2010). Does supplemental feed increase selective foraging in a browsing ungulate? *Journal of Wildlife Management*, 74, 995-1002.
- Tollefson J. (2019). Humans are driving one million species to extinction. *Nature*, 569:171.
- Tratalos, J., Fuller, R. A., Warren, P. H., Davies, R. G., Gaston, K. J. (2007). Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning*, 83 (4), 308–317.
- United Nations Environment Programme (2010) Environment Outlook: Latin America and the Caribbean GEOLAC. Panama - United Nations Environmental Programme.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).
- van Klink, R., Bowler, D. E., Gongalsky, K. B., Swengel, A. B., Gentile, A., Chase, J. M. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, 368, 417–20.
- Villarreal, J. (2006). Venado Cola Blanca: Manejo y aprovechamiento cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León (pp. 81-128). Segunda impresión. México.
- Villarreal, O., Soto, A., Castillo, J. C., Tomé, F. J. (2001). Estudio de Diversificación Productiva; para el Establecimiento de una UMA de Venado Cola Blanca, en los

Bienes Comunales de Santa Cruz Nuevo, Puebla. CONAFOR, SDR, Mazamitli,  
A.C. PRODEFOR 2001.

## CAPITULO 2

### **Evaluación nutricional y económica de dos UMA con venado cola blanca bajo cuidado humano**

#### **Resumen**

La evaluación nutricional en animales silvestres bajo cuidado humano permite identificar deficiencias nutricionales y coadyuvar a la mejora de la salud. El análisis económico permite evaluar la sustentabilidad económica del sistema. Los objetivos del estudio fueron comparar dos sistemas de alimentación en Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) enfocadas a la reproducción animal y conservación del hábitat, realizando un diagnóstico nutricional y un análisis económico. El trabajo se realizó en la UMA Sierra Morelos y el Ocotal localizadas en el Estado de México. Se determinaron los aportes de materia seca (MS) y de nutrientes: Proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) Ca y P. Para el balance energético proteínico se estimó la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS), la energía metabolizable (EM), la energía neta de mantenimiento (ENm) y la proteína metabolizable (PM), con el fin de determinar cuál sistema garantiza el mayor crecimiento de los animales y se compararon los gastos de alimentación por día y totales para determinar el mejor retorno económico. Los resultados demuestran que las dietas tienen aportes similares de nutrientes, energía y que no hay cambios significativos en la condición corporal entre tratamientos, ya que son marginales los aportes de EN para las necesidades de mantenimiento de los animales, el sistema Sierra Morelos muestra menores egresos económicos debido a que sus gastos por concepto de alimentación son 50% más bajos que los del Ocotal.

**Palabras clave:** *Odocoileus virginianus*, nutrición animal, condición corporal.

#### **Abstract**

The nutritional evaluation in wildlife species under human care allows to identify nutritional deficiencies and contribute to the improvement of health meanwhile the economic analysis makes it possible to evaluate the financial sustainability of the system. The objectives of this study were to compare two alimentary systems in Management Units for Wildlife Conservation (UAMs, acronym in Spanish) of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) doing a nutritional diagnostic and economic analysis. The study was carried out in UMAs Sierra Morelos and the Ocotal, located in the State of Mexico. The contributions of dry matter and nutrients were determined: crude protein (PC), ether extract, neutral detergent fibers, Ca and P. For the energetic protean balance were estimated, the apparent digestibility of dry matter (ADDM), the metabolizable energy (ME), the net energy for maintenance (NEM), and the metabolizable protein (MP), to establish which system ensures a major animal growth. The total and diary costs of alimentation were compared to determine the optimal economic return. The results probe the diets to have similar contributions of nutrients, energy, and no statistically significant changes in corporal condition between treatments yet the contributions of net energy to animal maintenance necessities being marginal. The Sierra Morelos system shows lower economic expenses since feeding spending is 50% less than those of the Ocotal.

**Key words:** *Odocoileus virginianus*, animal nutrition, corporal condition.

## 1. Introducción

El manejo de la alimentación para el desarrollo óptimo de herbívoros silvestres en cautiverio es una tarea compleja, que debe de considerar aspectos fundamentales, el consumo, los requerimientos nutricionales, la salud, y el manejo (Crissey, 2015), con el fin de proveer una dieta apropiada para cada especie de fauna silvestre (Dierenfeld, 1997; Townsend, 2009). La formulación de dietas y su posterior evaluación nutricional en animales silvestres bajo cuidado humano, permite identificar deficiencias que de lo contrario encaminan a enfermedades, y así sostener la vida y la salud, puesto que una dieta integral resulta generalmente en una buena condición corporal y reproducción (Dierenfeld, 1997; Fidgett y Plowman, 2009).

Se han evaluado los regímenes dietarios en poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) localizadas en UMAs enfocadas a la reproducción y conservación del hábitat (Villarreal Espino-Barros *et al.*, 2008); sin embargo, continúan los esfuerzos para proponer opciones que se ajusten a las particularidades ambientales, económicas y nutricionales, que permitan la viabilidad económica y así solventar las prácticas de manejo nutricional, sin que los costos excedan los ingresos (Townsend, 2009).

Tradicionalmente se ha considerado que el consumo de un animal depende de la cantidad y tipos de alimento que se le ofrecen; sin embargo, la oferta de muchos alimentos favorece el consumo selectivo de los mismos y puede volver incompleto el aporte de nutrientes (Crissey 2005). Adicionalmente, la cantidad de alimentos ofrecidos a los animales determina el costo de la dieta y el aumento de los ingredientes de una ración modifica la viabilidad económica del sistema. Por lo que, los objetivos de este trabajo fueron comparar dos sistemas de alimentación en venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) uno basado en una dieta elaborada con seis ingredientes y otra basada en solo dos ingredientes, mediante un diagnóstico nutricional y un análisis económico para determinar cuál sistema garantiza el mayor retorno económico.

## 2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos parques estatales del Estado de México, ubicados en diferentes localidades, San Andrés Timilpan y Toluca de Lerdo. En el parque estatal El Ocotal (19°48'22.44" N, 99°45'34.28" O), la altitud es de 2759 msnm, clima predominante

es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwbg), precipitación media anual de 800 mm, la temperatura fluctúa de 6 a 16°C (Rzedowski y Fryxell, 1982; INAFED 2010). El área de actividad de los venados es de 4903 m<sup>2</sup> y ahí prevalece el pastizal; las especies presentes son *Axonopus compressus*, *Sporobolus indicus*, *Eragrostis mexicana*; herbáceas como *Urtica dioica*, *Urtica urens*; y arboreas como *Pinus sylvestris* y *Quercus rugosa*.

La segunda localidad donde se realizó simultáneamente el estudio fue parque estatal Sierra Morelos, (19°18'46" N, 99°41'53" O), el cual posee una altitud entre 2400 a 3000 msnm, clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwbg), precipitación media anual varía de 800 a 1500 mm, la temperatura fluctúa de 4 a 14°C (Rzedowski y Fryxell, 1982; INAFED 2010). El encierro consta de un área de 10362 m<sup>2</sup> y se caracteriza por la presencia abundante de pastizal donde se encontraron las especies *Cortaderia selloana*, *Bouteloua gracilis*, *Bromus catharticus*, *Sporobolus indicus*, *Briza subaristata*, *Eragrostis mexicana*; herbáceas *Ageratina adenophora*, *Rumex crispus*. En el estrato arbóreo se localizó *Eucalyptus globulus* y *Acacia melanoxylon*. En ambos sitios está disponible un área para comederos y agua *ad libitum*, sin embargo, los animales no coexisten con otras especies dentro del encierro.

La población de estudio comprendió dos grupos subespecies de venados cola blanca (*O. v. mexicanus* y *O. v. texanus*), con diferentes estructuras de población y un peso promedio grupal, en el parque El Ocotil 41.92 ± 7.79 kg y en el parque Sierra Morelos 37.69 ± 4.15 kg. Para la determinación del peso corporal, se utilizó una técnica no invasiva, basada en las medidas zoométricas (Salazar-Vidal *et al.*, 2012; Bartareau *et al.*, 2019).

El ensayo tuvo una duración de 60 días, y 10 días de adaptación. En el Cuadro 1 se presentan las dietas que fueron suministradas en cada sitio. Las dietas solo se ofrecían una vez al día, adicionalmente se ofreció un suplemento mineral o energético proteico (EP) *ad libitum*. Se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), calcio (Ca), fósforo (P) (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991) de la dieta.

El consumo de materia seca (CMS) se determinó como la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado en materia seca diariamente. Adicionalmente, se determinó el consumo de suplemento mineral y energético proteico para incorporarlos en el balance energético y proteico de los animales evaluados, el consumo de suplemento se estimó como la diferencia

de peso inicial y final del bloque entre el número de animales que se encontraban en el albergue.

La concentración de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) Ca y P se estimaron utilizando un espectrofotómetro cercano al infrarrojo (NIR; AOAC Método número 2007.04). La determinación de la fibra detergente neutro se realizó siguiendo la técnica de Van Soest *et al.*, 1994. Se determinó la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) mediante los cambios en la concentración de un marcador interno, cenizas insolubles en ácido (CIA; Keulen y Young, 1997).

Se realizó un balance energético y proteico; con base al consumo de materia seca se estimó el consumo de proteína cruda (PC), energía metabolizable (EM) y energía neta de mantenimiento (ENm). La concentración de EM y ENm se determinaron a partir de la composición proximal y la DAMS. La estimación de los requerimientos de energía neta de mantenimiento (ENm) y proteína metabolizable (PM) para venados maduros, se realizó con las siguientes ecuaciones (NRC, 2007):

$$\text{ENm} = 0.125 \text{ PV}^{0.75}$$

$$\text{Requerimiento PM} = 3.17x (\text{PV})/4.34;$$

Dónde:

PV: Peso vivo (kg)

Se evaluaron los cambios en la condición corporal con la metodología de puntaje de condición corporal de pequeños rumiantes (Thompson y Meyer, 1994), además de los costos financieros de la alimentación: el costo de alimentación diario, las pérdidas por rechazo, y los egresos por animal en US dólares (USDA-ERS, 2012). El análisis estadístico se realizó utilizando un modelo completamente al azar con 15 repeticiones por tratamiento y utilizando los valores de la digestibilidad previa a la colocación de los bloques como covariable. El análisis de varianza (ANDEVA), la prueba de medias, la estimación del intercepto y la pendiente de cambio fueron realizados con el software estadístico JMP 8.0 de SAS (2008).



### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Dietas

Las concentraciones de nutrientes y el costo de las dietas evaluadas se encuentran en el Cuadro 1. El estudio consideró sitios que comparten condiciones ambientales similares, clima, humedad, latitud, y tipo de hábitat, en los que dominan el estrato vegetal gramíneas, de tal manera que fueron aspectos que no influenciaron las características de las dietas ofrecidas. Se puede observar que, a excepción de la humedad, las concentraciones de nutrientes en ambas dietas no cambian en más del dos por ciento, y la diferencia entre el costo de las dietas representa más de diez centavos (US dólar). Sin embargo, la formulación de raciones con una gran cantidad de ingredientes está basada en recomendaciones puntuales para el manejo de la alimentación de animales en cautiverio. Estas recomendaciones sugieren que “Los alimentos deben presentarse en forma y frecuencia acordes a los requerimientos nutricionales y el comportamiento natural de la especie” (Fidgett y Plowman, 2009). En otras especies, (*Cervus elaphus*), este tipo de dietas aumentan la ingesta de especies de vegetación leñosa que permiten complementar la composición nutricional de la dieta (Miranda *et al.*, 2015). Por tanto, es probable que estos animales tengan una alimentación más equilibrada.

La concentración de PC en las raciones supera los niveles recomendados por el NRC (2007), para mantenimiento (9% PC), inclusive los porcentajes de PC en las dietas son suficientes para cubrir los requerimientos en épocas reproductivas y garantizan el adecuado estado de salud de hembras gestantes (16%) y el desarrollo de astas en machos maduros (11-18%). La inclusión de concentrado en la dieta hace que tanto la DAMS como los valores energéticos de las mismas se eleven. Sin embargo, el aporte de PM es discretamente más alto en la dieta que no incluye frutos. En la dieta con más componentes, estos no representan una pauta para diferenciar los aportes nutricionales, siendo así que los macronutrientes proteína, fibra y grasa, no muestran diferencias entre tratamientos, en cambio, en los aportes minerales sí hay diferencias, siendo mayores en el parque Ocotál, se provee más Ca y P. Es importante señalar que no obstante es menor el aporte de minerales en el Sierra Morelos, se cubren los requerimientos de mantenimiento diario para venados maduros en invierno (NRC, 2007) aspecto que toma relevancia porque ambos minerales son componentes estructurales del esqueleto y formación de las astas, que de no ser cubiertos estos requerimientos minerales,

podría deteriorar la salud en general; en específico la deficiencia de P afecta la salud de la microbiota ruminal (Brown y Cooper, 2006; Ramírez-Lozano *et al.*, 2010), la reproducción y disminuye el apetito (Coates, 1994; Herd y Hooff, 2011).

**Cuadro 1. Composición nutricional de las dietas utilizadas en dos albergues de venado cola blanca en México.**

<b>Ingrediente</b>	<b>El Ocotal</b>	<b>Sierra Morelos</b>	<b>EEM</b>
Alfalfa	51.67	65.64	1.17
Concentrado comercial	42.63	34.10	0.1.07
Zanahoria	0.802	-	0.015
Manzana	1.20	-	0.02
Minelaza	3.64	-	0.069
Suplemento	0.038	0.245	0.072
Costo alimento por Kg, US\$	0.38	0.28	0.003
<b>Composición Nutricional</b>			
MS, %	80.34	89.88	0.199
PC, %	19.66	20.70	0.082
FDN, %	54.15	56.50	0.397
EE, %	2.63	2.8	0.018
Ca, %	3.83	3.28	0.010
P, %	0.71	0.58	0.007
Na, %	0.240	0.30	0.04
K, %	1.30	1.36	0.030
DAMS, %	72.40	70.49	2.64
ED, Mcal/Kg	3.27	3.18	0.119
EM, Mcal/Kg	2.68	2.61	0.098
ENm, Mcal/Kg	1.88	1.83	0.068
PM, g/kg	130.11	135.56	1.94

DAMS: Digestibilidad aparente de la MS, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable, ENm: Energía neta de mantenimiento, PM: Proteína metabolizable, EEM: Error estándar de la media.

### **3.2. Consumo y digestibilidad**

Los consumos registrados en este estudio son superiores a los definidos en el NRC (2007; Cuadro 2). Dichos resultados muestran que los animales consumen suficiente MS para cubrir sus necesidades con base al peso corporal. Los reportes sobre la cantidad de MS y los nutrientes que se consumen son de utilidad para la formulación de dietas en animales (Cryssey, 2005; Plata *et al.*, 2009; Villarreal Espino-Barros, 2011). Por lo que, evaluar los esquemas dietarios en lugares bajo cuidado humano permite tomar decisiones para mejorar las condiciones de vida de las especies silvestres.

Durante el estudio se observó que el rechazo de forraje estaba compuesto básicamente de restos de tallo, lo que se explica porque los venados en vida libre, realizan un forrajeo selectivo con base a la palatabilidad, concentración de nutrientes y disponibilidad de especies, por tal motivo sus hábitos de consumo comprenden generalmente hojas con una alta digestibilidad y mayor calidad de nutrientes evitando consumir tallos que contienen altos niveles de lignina y que reducen la disponibilidad de nutrientes (López-Pérez *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2013). Además, la inclusión en la dieta de los bloques multinutricionales, observando preferencia hacia el suplemento en los animales del parque Sierra Morelos, esto podría indicar que existen limitantes o déficit en la cantidad y minerales.

### **3.3. Balance energético y proteico**

El balance nutricional se refiere a como los animales alteran su consumo de alimento para alcanzar una meta nutricional específica seleccionando de forma balanceada y complementaria sus alimentos (Felton *et al.*, 2017). Por otro lado, la evaluación de dietas de animales puede revelar si las deficiencias nutricionales aparentes en la dieta consumida se deben a la elección de los alimentos por parte de los animales, o a si la dieta proporcionada es inadecuada (Biaza, 2006). El balance nutricional expresado como la diferencia entre los nutrientes consumidos y los recomendados por el NRC (2007) se encuentra en el Cuadro 2. En dicho cuadro se observa que los requerimientos de mantenimiento son aparentemente mayores a con los que el animal cubre con su dieta, sin embargo, en el Cuadro 3 se observa que la condición corporal mejora a lo largo del experimento. Lo anterior sugiere que los requerimientos de mantenimiento son menores a los predichos por el NRC (2007); y se ajustan más adecuadamente a los mismos utilizando el modelo ecológico de Moen (1978). El cálculo de estos utilizando este modelo muestra que los requerimientos durante los primeros tres meses del ensayo son menores a los que el animal obtiene por la ingesta de la dieta y ocasionan un balance positivo con retención de energía lo cual puede explicar el aumento de la condición corporal. Adicionalmente se ha demostrado que los ungulados de tamaño pequeño con una mayor demanda de energía son más selectivos con los forrajes de alta calidad, lo que les permite maximizar sus consumos de energía (Luna *et al.*, 2013). También, los ungulados han desarrollado al estrategia para subsanar las deficiencias nutricionales, aumentando el consumo de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas nativas

en vida silvestre, pero en general los minerales se encuentran en cantidades deficientes debido a que están condicionados por la temporada, especie, propiedades físicas y presencia de microorganismos en el suelo (Ramírez-Lozano *et al.*, 2010), por lo que es de radical importancia proporcionar fuentes de estos minerales, como sucedió en este estudio con la adición en la dieta de bloques multinutricionales; la disponibilidad mineral ha sido ligada a la distribución de ungulados salvajes (Watter *et al.*, 2019), un ejemplo de esto es la migración de ñu (*Connochaetes taurinus*) y cebras (*Equus zebra*) en Tanzania (Voeten *et al.*, 2010).

**Cuadro 2. Balance nutricional del alimento consumido en dos albergues de venado cola blanca en México.**

Variable	El Ocotal	Sierra Morelos	EEM	P =
PV, Kg	41.92	37.69	1.80	0.11
MS, Kg consumida	1.049	1.002	0.027	0.248
MS, Kg requerida*	0.908	0.860	0.041	0.413
Diferencia	0.14	0.142	0.049	0.981
PM, g/día, consumida	137.10	136.47	5.71	0.93
PMg/día, requerida*	30.62	27.53	1.317	0.119
Diferencia	106.48	108.94	5.93	0.772
EM, Mcal/Kg consumida	2.83	2.63	0.148	0.363
EM, Mcal/Kg requerida*	2.13	1.97	0.069	0.115
Diferencia	0.69	0.66	0.164	0.8821
Enm, Mcal/día, consumida	1.98	1.84	0.103	0.363
Enm, Mcal/día, requerida*	2.05	1.89	0.066	0.115
Diferencia	-0.07	-0.05	0.124	0.921
Ca g/día, consumidos	40.23	32.88	1.071	<0.0001
Ca g/día, requeridos	1.95	1.87	0.052	0.287
Diferencia	38.28	31.00	1.072	<0.0001
P g/día, consumidos	7.40	5.76	0.097	<0.0001
P g/día, requeridos	1.46	1.34	0.055	0.143
Diferencia	5.93	4.42	0.115	<0.0001

PV: Peso vivo, PM: Proteína metabolizable consumida, EM: Energía metabolizable, Enm: Energía neta de mantenimiento; Ca: Calcio; P: Fósforo. EEM: Error estándar de la media. T student, P=95%,  $\alpha=0.05$ . \*NRC 2007 Pequeños rumiantes.

Otro factor que pudo mejorar la condición corporal de los animales está relacionado con las características del hábitat puesto que, el régimen de actividad es limitado, el clima es templado, existe una fuente constante de alimento y agua, y no se establecen roles de depredación y competencia (Gallina, 1992) todo lo anterior reduce tanto el tiempo como la distancia promedio por día caminada por los animales y como consecuencia hay un menor gasto energético (Brown y Cooper, 2006).

El balance de proteína metabolizable se realizó con base a Burroughs *et al.* (1974), que considera que la síntesis de proteína microbiana es la fuente del 60-80% de aminoácidos que llegan al intestino (Van der Walt y Meyer, 1988), con los aportes de la dieta se encuentran blindados los requerimientos para otras etapas fisiológicas como la gestación, crianza y lactancia. Los niveles de proteína en la dieta también se relacionan en gran medida, con el alto consumo de hojas de leguminosa con alto porcentaje de proteína cruda (Pedroza *et al.*, 2010).

### **3.4. Cambios en condición corporal**

El cambio en la condición corporal después de la aplicación de los tratamientos se observa en el Cuadro 3. Para evaluar el cambio en la condición corporal de los venados se utilizó como covariable el peso corporal estimado inicialmente, ya que, las comparaciones entre las ingestas de diferentes grupos se hacen mejor sobre la base del peso corporal total del grupo, en lugar de los pesos de cada miembro del grupo (Biaza, 2006). No se encontraron diferencias significativas entre sitios en el cambio de condición corporal concordando con el balance energético, ya que, se estima que no hay abundancia de energía para lograr ganancia que a su vez sea observable en un aumento en la condición corporal. Con base a estudios sobre el puntaje de condición corporal, sugieren que la diferencia entre una unidad de puntaje equivale en promedio al 13% del peso vivo en pequeños rumiantes destinados a la producción (Thompson y Meyer, 1994), sin embargo, en ungulados silvestres como el venado cola blanca es importante considerar que el mantenimiento y ganancia de peso se relacionada al gasto energético, la edad, las temporadas del año y las condiciones propias del individuo (Gallina, 2010).

### 3.5. Evaluación económica

Para hacer un análisis económico básico dirigido a evaluar la eficacia de la dieta, se debe considerar el estado de los animales, los cambios en peso o condición corporal, los costos de la dieta por periodo, las pérdidas por rechazo, mermas o malas condiciones de almacenamiento y los egresos del periodo (CIMMYT, 1998), todo lo anterior permite dar un uso eficiente a los bienes y tomar decisiones financieras responsables y transparentes (Townsend, 2009). En el presente estudio se estimaron variables para el análisis financiero con base a los costos o egresos por concepto de alimentación (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Consumo, cambios en la composición corporal y análisis económico del alimento consumido en dos albergues de venado cola blanca en México.**

Variable	El Ocotac	Sierra Morelos	EEM	Valor de P
Consumo BH, Kg/día	1.30	1.115	0.03	0.0002
Consumo MS, Kg/día	1.049	1.002	0.027	0.248
Condición corporal inicial	2.66	2.91	0.1080	0.116
Condición corporal final	2.91	3.20	0.09	0.032
Cambio condición corporal	0.25	0.291	0.074	0.697
Costo de alimento consumido, Kg/animal/día, US\$	0.493	0.312	0.006	<0.0001
Costo de alimentación, Kg/animal/periodo, US\$	29.64	18.76	0.395	<0.0001
Pérdida por rechazo, animal/periodo, US\$	7.7	4.9	0.456	0.0003
Costos financieros totales, US\$	35.60	23.63	0.354	<0.0001
Costo de dieta consumida anual, US\$	180	114	2.40	<0.0001
Costo de rechazo anual, US\$	46.92	30.22	2.77	0.0003
Rentabilidad B/C	0.007	0.012	0.002	0.180

BH: Base húmeda, MS: Materia seca, B/C: Relación beneficio-costo, EEM: Error estándar de la media. Unidad US\$/día equivalente a tipo de cambio de \$19.99 MXN.

Existen diferencias significativas en los costos de la dieta ( $P < 0.0001$ ), debido a la presencia de algunos componentes en una de las dietas que encarecen el costo, como la fruta, verdura y Minelaza; sin embargo, estos no contribuyen a una diferenciación en los aportes nutricionales. Además, los costos de alimentación por animal por día, los costos de alimentación total por el periodo, las pérdidas por rechazo y el costo total por concepto de

alimentación se incrementan de manera preponderante en el Ocotol, siendo al menos 50% mayores.

La baja rentabilidad de la relación beneficio-costo demuestra que no existe viabilidad financiera en los tratamientos, esto se debe básicamente a los altos egresos en alimentación. Una opción viable para reducir los costos es la de aumentar el consumo de insumos de oportunidad que provee el hábitat *per se*, procurando que la utilización de los recursos disponibles sea encaminada a la sustentabilidad financiera.

### **3.6. Conclusiones**

El uso de dietas complejas con inclusión de ingredientes frutales o vegetales con gran cantidad de agua incrementa los costos de alimentación, pero no tiene un beneficio significativo ni en la condición corporal ni en el balance nutricional de los animales en cautiverio.

## **4. Referencias**

- Bartareau, T. M. (2019). Estimating body mass of Florida white-tailed deer from standard age and morphometric measurements *Wildlife Research*, 46, 334-342.
- Brown, R. D., Cooper, S. M. (2006). The Nutritional, Ecological, and Ethical Arguments Against Baiting and Feeding White-Tailed Deer. *Wildlife Society Bulletin*, 34 (2), 519–524.
- Burroughs, W., Trenkle, A., Vetter, R. L. (1974). A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Veterinary Medicine /Small Animal Clinician*, 69, 713-722.
- CIMMYT. (1988). Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México DF. 80 p.
- Coates, D. B. (1994). The effect of phosphorus as fertilizer or supplement on pasture and cattle productivity in the semi-arid tropics of north Queensland. *Tropical Grasslands*, 28, 90-108.
- Crissey, S. (2005). The complexity of formulating diets for zoo animals: A matrix. *International Zoo Yearbook*, 39 (1), 36–43.

- Dierenfeld, E. S. (1997). Captive wild animal nutrition: a historical perspective. *Proceedings of the Nutrition Society*, 56 (3), 989–999.
- Felton, A. M., Felton, A., Cromsigt, J. P., Edenius, G. M., Malmsten, J., Wam, H. K. (2017). Interactions between ungulates, forests, and supplementary feeding: the role of nutritional balancing in determining outcomes. *Mammal Research*, 62 (1), 1–7.
- Fidgett, A. L., Plowman, A. (2009). *Zoo Research Guidelines: Nutrition and diet evaluation*. BIAZA, London, UK. 23 p.
- Gallina, S. T. (1992). Características y evaluación del hábitat. *Nature in Focus: Rapid Ecological Assessment*, 255–284.
- Gallina, S., Bello, J. (2010). El Gasto Energético del Venado Cola Blanca (*Odocoileus Virginianus Texanus*) en relación con La Precipitación en una Zona Semiárida de México. *Therya*, 1 (1), 9–22.
- <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15018.html>  
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15106.html>
- INAFED. (2010). Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Minicipal. Estado de México. Consultado en febrero 2018, de:
- Keulen, J. V., Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant. *Digestibility studies 1,2*, 44 (2), 282–287.
- López-Pérez, E., Serrano-Aspeitia, N., Aguilar-Valdés, B. C., Herrera-Corredor, A. (2012). Composición nutricional de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* ssp. *Mexicanus*) en Pitzotlán, Morelos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVIII (2), 219–229.
- Miranda, M., Cristóbal, I., Díaz, L., Sicilia, M., Molina-Alcaide, E., Bartolomé, J., Fierro, Y., Cassinello, J. (2015). Ecological effects of game management: Does supplemental feeding affect herbivory pressure on native vegetation? *Wildlife Research*, 42 (4), 353–361.
- Moen, A. (1978). Seasonal changes in heart rates, activity, metabolism, and forage intake of white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management*, 42, 715–738.
- NRC. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants*. Washington D.C. USA: The National Academies Press.



- Pedroza, S. I. M., Garay, A. H., Pérez, J. P., Carrillo, A. R. Q., Estrada, J. A. S. E., Ramírez, J. L. Z., Reynosoc, O. R. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 1 (3), 287–296.
- Plata, F. X., Ebergeny, S., Resendiz, J. L., Villarreal, O., Bárcena, R., Viccon, J. A., Mendoza, G. M. (2009). Palatability and chemical composition of feeds ingested in captivity by Yucatan (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41, 123–129.
- Ramírez-Lozano, R. G.; González-Rodríguez, H., Gómez-Meza, M. V., Cantú-Silva, I., Uvalle-Sauceda, J. I. (2010). Spatio-temporal variations of macro and trace mineral contents in six native plants consumed by ruminants at northeastern Mexico Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12 (2), 267-281.
- Rzedowski, J., Fryxell, P. (1982). Vegetación de México. *Taxon*, 31 (4), 793.
- Salazar-Vidal, D. F., Vélez-Ruiz, J. P., Zapata-Herrera, H. G., Rendón-Vásquez, A. (2012). Photogrammetric techniques application for the morphometric study in native Colombian horses. *Colombian horses*, 6 (1), 66–78.
- Thompson, J., Meyer, H. (1994). Body Condition scoring of sheep. *In Practice*, 6(3), 91-93.
- Townsend, S. (2009). Incorporating sustainable practices for zoos and aquariums: A Triple Bottom Line approach. *International Zoo Yearbook*, 43 (1), 53–63.
- United States Department of Agriculture-Economic Research Service, (USDA-ERS). (2012). Commodity costs and returns. Economic Research Service.
- Van der Walt, J. G., Meyer, J. H. F. (1988). Protein digestion in ruminants. *South African Tydsk. Veek*, 18 (1), 30-41.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10), 3583–3597.
- Villarreal Espino-Barros, O. A. V., Viera, R. G., Franco, F. J., Hernández, J. E., Castañón, S. R. (2008). Evaluación de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre del venado cola blanca en la región Mixteca, México. *Zootecnia Tropical*. 26 (3), 395–398.

- Villarreal Espino-Barros, O. A., Plata-Pérez, F. X., Camacho-Ronquillo, J. C., Hernández-Hernández, J. E., Franco-Guerra, F. J., Aguilar-Ortega, B., Mendoza-Martínez, G. D. (2011). El Venado Cola Blanca en la Mixteca Poblana. *Therya*, 2 (2), 103–110.
- Voeten, M. M., Van de Vijver, C. A., Olf, H., Van Langevelde, F. (2010). Possible causes of decreasing migratory ungulate populations in an East African savannah after restrictions in their seasonal movements. *African Journal of Ecology*, 48, 169-179.
- Watter, K., Baxter, G. S., Pople, T., Murray, P. J. (2019). Effects of wet season mineral nutrition on chital deer distribution in northern Queensland. *Wildlife Research*, 46 (6), 499–508.

### CAPITULO 3

#### Efecto del uso de bloques multinutricionales en vida libre de *Odocoileus virginianus* en Santa Cruz Nuevo

##### Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron: determinar el efecto de la oferta de BMN en la distribución (tasa de visita) de venados cola blanca. El trabajo se realizó en la comunidad de Santa Cruz Nuevo, Puebla, México, la cual cuenta con una población estimada de 190 habitantes. Los climas predominantes son: Semicálido subhúmedo con lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano. Los tipos de vegetación son: selva baja caducifolia, matorral mediano subinermes, zonas de encinos y selva mediana subcaducifolia espinosa. Se eligieron 14 sitios completamente al azar, dentro de los cuales se establecieron parcelas de 50 m<sup>2</sup>. En la parte central de siete de estos cuadros se colocaron dos BMN uno con proteína, y otro con minerales. Los otros 7 sitios fungieron como tratamiento testigo. Para establecer si los BMN modifican la presencia del venado cola blanca u otros animales cerca de los sitios seleccionados, dentro de cada cuadro seleccionado se instaló una cámara de foto trampa y se registraron las visitas de los animales al sitio. En todos los sitios se estimó la frecuencia de visita. La preferencia al BMN se estimó a partir de la frecuencia de aparición de los animales en las cámaras, de tal forma que primero se estableció si la probabilidad de aparición es similar en las áreas con y sin BMN. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y las variables de respuesta fueron: el número y tipo de animales captados en cada fotografía y la tasa de visita, utilizando los días de muestreo (Esfuerzo) como covariable. Los resultados del presente trabajo muestran que la riqueza animal asociada a los sitios con tratamiento de bloques nutricionales fue mayor ( $P=0.049$ ) con 10.6 especies (BMN) y 7 especies (testigo), y que la tasa de visitas derivada de las frecuencias de avistamientos por especie aumenta en las estaciones de foto trampa donde hay presencia de bloques multinutricionales. Estos avistamientos fueron mayores en el grupo de depredadores: zorro (*U. cinereoargenteus*), coyote (*C. latrans*), lince (*L. Rufus*), puma (*P. concolor*), y en los mamíferos menores a 10 kg. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos para los avistamientos y la tasa de visita del venado cola blanca ( $P= 0.1568$ ). En conclusión, la presencia de los bloques suplementarios modifica la tasa de visitas de los depredadores, y mamíferos pequeños, pero no aumenta la presencia de venado cola blanca.

**Palabras clave:** Suplementación, tasa de visita, diversidad, cámaras trampa.

##### Abstract

The objectives of this work were: to determine the effect of the supply of multiple nutrients block (MNB) on the distribution (visit frequency) of white-tailed deer. The work was carried out in the community of Santa Cruz Nuevo, Puebla, Mexico. The predominant climates were semi-warm sub-humid with summer rains and temperate sub-humid with summer rains. The types of vegetation were low deciduous forest, subinermes medium thicket, areas of oaks and thorny sub deciduous medium forest. Fourteen sites were chosen completely at random, within which plots of 50 m<sup>2</sup> were established. In the central part of seven of these squares, two BMN were placed, one with protein and the other with minerals. The other 7 sites served

as control treatment. To establish whether MNB modify the presence of white-tailed deer or other animals near the selected sites, a photo-trap camera was installed within each selected square and the visits of the animals to the site were recorded. Visit frequency was estimated for all sites. The preference for MNB was estimated from the frequency of appearance of the animals in the chambers, in such a way that it was first established whether the probability of appearance is similar in the areas with and without MNB. A completely randomized design with two treatments was used and the response variables were: the number and type of animals captured in each photograph and the visit rate, using the days of sampling (Effort) as a covariate. The results of this study show that the animal richness associated with the sites with nutritional block treatment was higher ( $P=0.049$ ) with 10.6 species (MNB) and 7 species (control treatment), the frequency of visits derived from the sightings by species increases at photo-trapping stations where there is the presence of multinutritional blocks. These sightings were higher in the group of predators fox (*U. cinereoargenteus*), coyote (*C. latrans*); lynx (*L. rufus*), cougar (*P. concolor*), and in mammals less than 10 kg. However, there were no significant differences between treatments for white-tailed deer sightings and visit frequency ( $P=0.1568$ ). In conclusion, the presence of supplementary blocks modifies the rate of visits by predators and small mammals but does not increase the presence of white-tailed deer.

**Key words:** Supplementation, visit rate, diversity, camera trap.

## 1. Introducción

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) conserva un alto valor entre las comunidades indígenas y campesinas de México, además se considera el principal rumiante silvestre que se aprovecha en forma cinegética (Villarreal, 2006), en consiguiente su estudio en Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMAS), en el sureste y noreste, ha sido constante por las comunidades científicas. Para mantener las poblaciones de venado cola blanca, además de proteger el mantenimiento de su condición corporal en UMA en temporadas críticas, se han promovido estrategias de manejo, entre estas, la suplementación, sin embargo, existen limitantes por la escasa información concluyente sobre esta práctica en *Odocoileus virginianus* en vida libre (Lewis y Rongstad, 1998), que consiste en colocar comida durante las diferentes temporadas a lo largo del año, principalmente para promover la condición individual de animales o de una población, mitigar el estado de escasez de fuentes de alimento en situaciones críticas, modificar la localización de las poblaciones, influenciar el comportamiento migratorio (Jones *et al.*, 2017), y atraer o concentrar a la fauna silvestre para actividades de recreación como ecoturismo o actividades cinegéticas (Miller *et al.*, 2016; Insterman *et al.*, 2006; Mendoza *et al.*, 2008). Se recomienda adoptar esta práctica nutricionalmente validada para especies ampliamente estudiadas,

ofreciendo disponibilidad de alimento a bajas densidades por periodos cortos, durante temporadas climáticas impredecibles, que evita la alimentación durante temporadas de migración, y procurando no convertir los sitios de alimentación en puntos de agregación para impedir la prevalencia y dispersión de enfermedades; para mantener los beneficios de la suplementación. Comúnmente para suplementar se utilizan alimentos comerciales o preparados que sean asequibles (Murray *et al.*, 2016), compuestos por valores adecuados de vitaminas, minerales y proteína, para prevenir las deficiencias nutricionales en vida silvestre.

El análisis de la diversidad permite detectar la presencia de especies y estado del hábitat, la base para el análisis es determinar la riqueza de especies, que proporciona información sobre la expresión de procesos ecológicos e históricos que han ocurrido en una localidad, y podría reflejar lo que sucede en otros niveles de organización ecológica, esta a su vez dependerá tanto del tamaño del área, como del periodo de tiempo y del momento en el que sea examinada esa área. De tal manera que, al incrementarse el área de muestreo, la probabilidad de observar más especies también aumentará; así, cuanto más tiempo se invierta para registrar a las especies, mayor será la probabilidad de observarlas (Pineda y Moreno, 2015).

Comparar el ensamblaje (conjunto o grupo de organismos que interactúan entre si de una forma específica y participan en procesos ecosistémicos) permite identificar la composición y la riqueza de especies, en este estudio en particular, sobre las cuales ejerce efecto la suplementación con BMN, entonces permite conocer los beneficios de esta práctica de manejo sobre la diversidad de especies y su conservación.

Para realizar las comparaciones de ensamblaje es recomendable que, se hagan con niveles de completitud de muestreo parecidos y preferentemente altos o duraderos. Para entender el concepto de completitud de muestra Chao y Jost (2012), retoman el concepto de cobertura de la muestra y le otorgan un enfoque biológico, con la intención de determinar la diversidad en áreas determinadas de estudio en donde la cobertura de la muestra es considerada una medida de completitud de la muestra, que indica la proporción del número total de individuos de un ensamblaje que es representado por diferentes especies que pertenecen a una parte de la comunidad (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2015).

La comparación de la riqueza total de especies de varias localidades, ambientes o tratamientos es un proceso que implica tres etapas: la elaboración de curvas de acumulación

de especies, su extrapolación a un mismo esfuerzo de muestreo y la construcción de intervalos de confianza al 84% para contrastar de manera robusta los valores calculados. Se puede definir a una curva de acumulación de especies como un modelo que relaciona el número acumulado de especies registradas en función de alguna medida del esfuerzo aplicado a lo largo de un muestreo. Su uso facilita la comparación entre ensambles pues siempre tiene como referencia el esfuerzo de muestreo, elemento que influye de manera determinante en los valores de riqueza de especies observados (Pineda y Moreno, 2015). Por tal motivo, el objetivo fue evaluar el efecto de bloques nutricionales para venado en vida libre, no obstante, consideramos la posibilidad del efecto respuesta en la atracción sobre la fauna silvestre local, generando la posibilidad de monitorear la diversidad de especies presentes en la UMA Bienes comunales Santa Cruz Nuevo. Los objetivos específicos fueron, determinar las tasas de visita generales e individuales (por especie) por tratamiento, determinar la diversidad con base a los números de Hill por tratamiento, y evaluar la correlación de las variables de hábitat que se asocian a la presencia de *O. virginianus*.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Sitio de estudio**

La UMA ubicada la comunidad de Santa Cruz Nuevo en el municipio de Totoltepec de Guerrero, Puebla, este municipio pertenece a la llamada Mixteca Poblana (18°17'44" N, 97°48'35" O), predominan los climas semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A)C(wo), con temperatura media anual de 22 a 25°C; y precipitación pluvial anual de 759 a 950 mm, y templado subhúmedo con lluvias en verano C(w)O(W), con temperatura media anual de 17 a 19°C; y precipitación pluvial de 650 a 700 mm (Rzedowski, 2006, INEGI, 2009; INAFED 2010), además forma parte de la región hidrológica del Río Balsas (Villarreal *et al.*, 2011), presentado una estacionalidad marcada. La pendiente va del 20 al 70% de inclinación y los suelos son someros de 0 a 25 cm (INEGI, 2009). Principalmente coexisten los siguientes tipos de vegetación: selva baja caducifolia, que en algunas partes se encuentra como matorral xerófilo, debido a la escasa humedad y pobreza del suelo; otro tipo es el matorral mediano subinermes, no obstante, se pueden encontrar zonas de encinos que se presentan en las partes cerriles más altas. Por último, la selva mediana subcaducifolia espinosa (bosque de galería), que se encuentra en las vegas del río Acatlán; esta área

representa menos del 1% de la superficie (Villarreal *et al.*, 2001). En esta zona se ha registrado la subespecie *O. v. mexicanus* ecotipo de la depresión del río Balsas (Villarreal, 2006), que se distribuye en la región Mixteca del estado de Puebla, su tamaño es relativamente pequeño en comparación con otras subespecies (Medina y Viveros, 1991), además, se han identificado 26 mamíferos, agrupados en seis órdenes y 11 familias. Entre los mamíferos estos destacan (Villarreal, 2006): el conejo (*Silvilagus spp.*), el coyote (*Canis latrans*), el pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), zacatigre (*Leopardus pardalis*), puma (*Puma concolor*) y lince o gato montés (*Lynx rufus*).

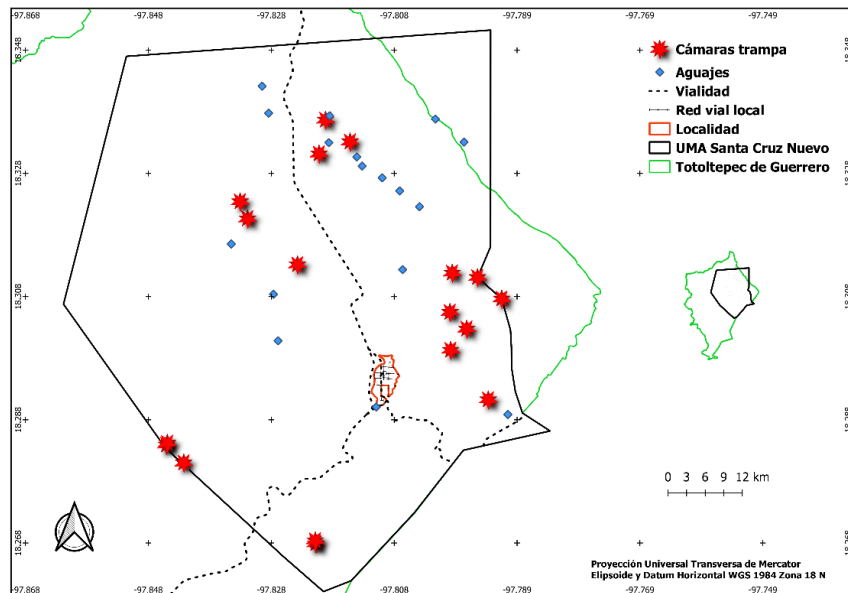
## **2.2. Tratamientos en estaciones de foto-trampeo**

Dentro de una superficie de 4150 ha y distribuidos aleatoriamente se eligieron 16 sitios (Figura 3), dentro de los cuales se establecieron parcelas de 50 m<sup>2</sup> (5 x 10 m). Dentro de estas áreas se tipificó y cuantificó el tipo de vegetación presente (arbóreas, arbustivas, herbáceas y pastos), la cobertura basal, de escape y la biomasa comestible para el venado. De estos sitios, en una forma completamente al azar se eligieron ocho cuadrantes, en su parte central, se colocaron dos tipos de bloques nutricionales uno energético-proteico y otro mineral, los demás sitios fungieron como tratamiento testigo. En todos los cuadrantes se establecieron estaciones de foto-trampeo para observar el efecto de los tratamientos en la fauna silvestre.

Se realizaron muestreos trimestrales en el periodo de 2016 a 2019, colocando un total de 16 estaciones de foto-trampeo, con una cámara cada una, en caso de que las cámaras quedaran en celdas conjuntas se garantizó que la distancia mínima entre ellas fuera de 500 m, no obstante, el espaciado más estrecho entre las estaciones de foto trampeo aumenta la posibilidad de detección de individuos, así como, la densidad de equipos se relaciona positivamente con el número de capturas efectivas obtenidas (O'Brien, 2011).

Se utilizaron cámaras trampa Bushnell Trophy Cam HD con detector de movimiento por infrarrojos pasivo. Las cámaras estuvieron fijas y activas 24 h., la programación de los equipos fue ajustándose según las condiciones del campo focal, en lugares de difícil acceso con cubierta vegetal alta y difícilmente removible se consideró una sensibilidad media, de lo contrario, en áreas accesibles donde se retiró la biomasa para mantener el campo focal libre, se consideró una sensibilidad alta. Para ambos casos el flash fue activado, se registró

temperatura ambiental, ubicación, fecha, hora (Zarza, 2013). Cada cámara se estableció en soportes estables como árboles o troncos secos a una altura de 50 a 60 cm a razón del suelo, donde se tipificó la cobertura de escape, la cobertura basal y la riqueza de vegetación.



**Figura 3.** Localización de estaciones de foto-trampeo en la UMA Santa Cruz Nuevo.

En la mitad de las estaciones de foto-trampeo, se colocaron los dos bloques multinutricionales en la parte central de cada sitio. Los sitios donde solo se colocó la cámara, pero sin bloques fueron estaciones con tratamiento testigo, haciendo mención que no se colocó ningún tipo de cebo o atrayente en ninguno de las áreas de muestreo. La dinámica de colecta de fotografías, limpieza de la cámara y cambio de pilas se realizó cada siete semanas, utilizando formatos de registro de cámaras trampa en campo (Díaz-Pulido y Payán, 2012).

Se registraron las visitas de la fauna a los sitios y la conducta mostrada ante los BMN, para facilitar la observación y ordenamiento de las carpetas fotográficas derivadas del muestreo se utilizó el software de libre acceso Wild.ID (Mandujano y Morteo-Montiel, 2018). Las variables independientes consideradas fueron la frecuencia de visita a partir de la medición de la presencia-ausencia (número y tipo) de animales presentes, la tasa de visita definida como el número de avistamientos con respecto a la duración de muestreo (Esfuerzo), riqueza de especies animales, definidas como el número de especies presentes en las parcelas de muestreo, la diversidad Shannon y Simpson por sitio, incluyendo mamíferos herbívoros



y omnívoros, carnívoros meso-depredadores, entre otros (Jost y González-Oreja, 2012), Por otra parte, las variables de hábitat relacionadas con la presencia de venado, seleccionadas para análisis fueron cobertura de escape (CE %), cobertura basal (CB %), altitud (Ele, msnm), distancia a la fuente de agua más próxima (DAMC), proporción de estratos vegetales: gramíneas (G), herbáceas (H), arbóreas (ARB1), arbustivas (ARB2), riqueza vegetal (RV), riqueza animal (RA).

### 2.3. Análisis de datos

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos (testigo y BMN), las variables de respuesta fueron: la frecuencia de visita con base a la presencia-ausencia del número y tipo de animales captados en cada fotografía, y la tasa de visita como el número de capturas en función de la duración de muestreo (Esfuerzo) utilizada como covariable. Debido a la ausencia de distribución normal en las variables observadas, se utilizaron pruebas no paramétricas para conocer el efecto de los tratamientos y las diferencias estadísticas; además, se determinó la correlación entre avistamientos por especie y tratamientos.

La diversidad se analizó con un análisis de rarefacción y extrapolación con números de Hill (1973), una clase de medidas de diversidad que integra la riqueza y abundancia de especies o números efectivos de especies, con intervalos de confianza al 84% (MacGregor y Payton, 2013). El análisis de la rarefacción se basó en la completitud de la muestra con un esfuerzo de muestreo relativo a la cobertura de la muestra, de tal manera, se puede graficar la riqueza de especies esperada como una función del tamaño de la muestra o en función de la cobertura de la muestra, hacia donde se extendió el concepto de curva de acumulación de especies al concepto de curva de acumulación de diversidad (Chao y Jost 2012). Para la extrapolación se realizaron 100 aleatorizaciones, extrapolando al doble del número de individuos de la comunidad con la mayor cobertura de muestra, con el fin de evaluar el efecto de los BMN en el tiempo, para visualizar gráficamente la influencia de periodos prolongados de suplementación en la diversidad de especies que habitan la UMA, para el análisis estadístico de la rarefacción por cobertura de muestra se utilizó una prueba de Kruskal-Wallis para datos no paramétricos. Los análisis estadísticos se realizaron en el software estadístico JMP 8.0 2008, y en el software de libre acceso Rstudio 1.4.1103.

### 3. Resultados y discusión

Con un esfuerzo de muestreo total de 1077 noches de foto trampeo, se identificaron 24 especies, en este caso particular, se identificaron hembras y machos de *Odocoileus virginianus*, pero en general la mayoría de las especies no fueron sexadas. Fotografías de la misma especie registradas dentro de una hora en la misma estación de foto-trampeo se consideró que pertenecían al mismo individuo o individuos, entonces se consideraron recapturas y se excluyeron del análisis.

El diseño aleatorio de los tratamientos no represento variación en las características del hábitat y el esfuerzo de muestreo (Cuadro 4). La cobertura de escape (CE) para tratamiento con bloques nutricionales resulto de 46.6 y 47 % en los sitios con tratamiento testigo ( $P=0.973$ ), la proporción de la cobertura basal (BMN) fue de 22 a 28 % ( $P=0.460$ ), respectivamente. La riqueza vegetal (Testigo=11.50 y BMN=12.10,  $P=0.712$ ), y el índice de Shannon vegetal (Testigo=2.02 y BMN=2.14,  $P=0.434$ ), en ambos sitios no difiere, por otra parte, la riqueza animal asociada a los sitios con tratamiento de bloques nutricionales es mayor y difiere estadísticamente con 10.6 especies y 7 especies en tratamiento testigo ( $P=0.049$ ), sin embargo, los valores de la determinación de la diversidad animal dada por el Índice de Shannon no son estadísticamente diferentes (Testigo= 1.36 y BMN=1.51,  $P=0.600$ ).

**Cuadro 4. Estructura vegetal y riqueza.**

<b>Variabes</b>	<b>Testigo</b>	<b>BMN</b>	<b>P</b>
<b>Cobertura de escape</b>	47.0	46.6	0.973
<b>Cobertura basal</b>	0.28	0.22	0.460
<b>Riqueza vegetal</b>	11.5	12.1	0.712
<b>Riqueza animal</b>	7	10.6	0.049

Los avistamientos se destacan en los sitios donde se colocaron los bloques multinutricionales con alrededor del 80% del total general, de igual manera, la determinación de la tasa de visitas derivada de las frecuencias de avistamientos por especie con respecto al esfuerzo de muestreo, exhiben diferencias estadísticamente significativas ( $P<0.0491$ ; Cuadro 5), además, existe una correlación negativa con respecto al tratamiento testigo, la tendencia de avistamientos aumenta en las estaciones de foto trampeo donde hay presencia de bloques multinutricionales (Correlación bivariado: -0.0948).

**Cuadro 5. Avistamientos tasa de visitas y correlación.**

Tratamiento	Testigo	BMN	DE	P
Avistamientos	504	2197	0.210	-
% Tasa de visitas	1.31a	1.94b	0.222	0.0491
Correlación	-0.0948	-	0.359	<0.0001

t = 1.97, alpha = 0.05.

No surgieron diferencias significativas en la frecuencia de los avistamientos de *O. virginianus* (P = 0.1568). Además, se observaron otras especies asociadas a la presencia y ausencia de BMN (Cuadro 6, Figura 4 y 5), mamíferos herbívoros, mamíferos generalistas de diferentes tamaños, y depredadores, en los cuales se observó la mayor presencia de meso depredadores. Con respecto a los depredadores, sobresale la presencia de *U. cinereoargenteus* con 133 observaciones, seguida de un depredador de mayor tamaño *C. latrans*, y finalmente *L. rufus*. Destacamos la importancia en la foto captura de *P. concolor*, depredador ápex con escasos reportes en la zona y *H. yagouaroundi* una especie amenazada (SEMARNAT, 2010).

Otra clase detectada fueron las aves de diferentes tallas, también dos aves rapaces fueron avistadas en el tratamiento BMN zopilote (*Coragyps atratus*), esta ave tiene una distribución neártica y neotropical, la segunda ave rapaz avistada fue caracará quebrantahuesos (*Caracara cheriway*). Ambas aves poseen una distribución semejante desde el norte de América del sur, América central, en México y la parte sur de Estado Unidos (CONABIO, 2010, Ramírez *et al.*, 2017). Las dos aves se observan sobre uno de los BMN, esta fuente externa de alimento podría ser funcional para ambas especies por sus amplios hábitos alimenticios, además pueden ser atraídas por la mayor presencia de roedores, visto que ambas especies son consideradas como oportunistas y se alimentan de carroña y una variedad de presas vivas, incluidos los insectos, sin embargo, en México son escasos los estudios sobre su nutrición.

Los géneros lagomorfos, rodentia, bovidae y las aves presentan mayor cantidad de avistamientos. Se observaron especies que solo se registraron en los sitios con tratamiento *E. f. caballus*, *E. a. asinus*, *P. yagouaroundi*, *C. atratus*, *C. cheriway*.

**Cuadro 6. Avistamientos por especie entre tratamientos.**

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Género/Especie	Testigo	BMN	X2	P
Mammalia	Cetartiodactyla	Cervidae	Venado cola blanca	<i>O. v. mexicanus</i>	62	57	2.00	0.156
		Bovidae	Bovino	<i>B. taurus</i>	121	138	0.60	0.438
		Equidae	Équidos	<i>E. f. caballus</i> <i>E. a. asinus</i>	8	4	0.50	0.479
	Lagomorpha	Leporidae	Conejos y liebres	<i>Leporidos spp</i>	57	600	43.5	<0.001
	Rodentia	-	Roedores	<i>Rodentia spp</i>	2	528	12.8	0.003
	Didelphimorphia	Didelphidae	Tlacuache	<i>D. virginiana</i>	6	36	9.12	0.002
			Mapache	<i>P. lotor</i>	31	8	7.40	0.006
	Carnivora	Procyonidae	Cacomixtle	<i>B. astutus</i>	1	6	2.42	0.119
			Coatí	<i>N. narica</i>	2	1	1.50	0.220
		Mephitidae	Zorrillo	<i>Mephitidae spp</i>	12	16	0.49	0.482
			Cánidos	<i>U. cinereoargenteus</i> <i>C. latrans</i> <i>L. Rufus</i>	33	124	4.17	0.041
		Felidae	Félidos	<i>P. concolor</i> <i>P. yagouaroundi</i>	18	17	1.19	0.274
Aves	Columbiformes	Columbidae	Paloma ala-blanca	Z. asiática	25	164	55.5	0.001
			Tórtola	I. Dove	97	76	11.6	0.001
	Cuculiformes	Cuculidae	Correcaminos	G. velox	5	29	3.02	0.082
	Anseriformes	Anatidae	Pato	A. diazi	1	2	1.50	0.221
	Passeriformes	Corvidae	Chara azul	A. californica	0	224	NE	NE
	Cathartiformes	Cathartidae	Zopilote	<i>C. atratus</i>	0	10	NE	NE
Falconiformes	Falconidae	Caracara	<i>C. cheriway</i>	0	1	NE	NE	
Reptilia	Squamata	Anguidae	Lagartijas	Reptiles Spp	19	182	65.5	<0.001

TV= Tasa de visita %, Wilcoxon Test y correlación bivariado. Literales diferentes indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).



a) Macho de *Odocoileus virginianus*



b) Macho de *Odocoileus virginianus*





c) *Canis latrans*



d) *Urocyon cinereoargenteus*



e) *Mephitidae spp*



f) *Nasua narica*



g) *Procyon lotor*



h) *Bos taurus*

**Figura 4.** Registros fotográficos de diferentes animales captados con cámaras trampa en estaciones con tratamiento testigo.





a) *Odocoileus virginianus*



b) *Urocyon cinereoargenteus*



c) *Canis latrans*



d) *Puma yagouaroundi*



e) *Lynx rufus*



f) *Procyon lotor*





g) *Bassariscus astutus*



h) *Lagomorpha* spp.



i) *Rodentia* spp.



j) *Mephitidae* spp



k) *Caracara cheriwey*



l) *Coragyps atratus*





m) *Geococcyx velox*



n) *Aphelocoma californica*



o) *Anas diazi*



p) *Zenaida asiatica*



q) *Bos taurus*



r) Reptil

**Figura 5.** Registros fotográficos de diferentes animales captados con cámaras trampa en estaciones con tratamiento BMN.



La determinación de la frecuencia de visitas específica para cada especie permitió diferenciar en que especie el efecto de suplemento fue significativo (Cuadro 7). Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, en la frecuencia de avistamientos para el venado cola blanca, pero se observa mayor presencia en tratamiento testigo. Por otra parte, con respecto a la visita de otras especies, la significancia entre los tratamientos es variable. El efecto del tratamiento con lepóridos, roedores, y canidos es interesante, estas familias de mamíferos se interrelacionan en la cadena trófica, los canidos como coyote y zorro gris principalmente componen su dieta de mamíferos pequeños como conejos, liebres o roedores.

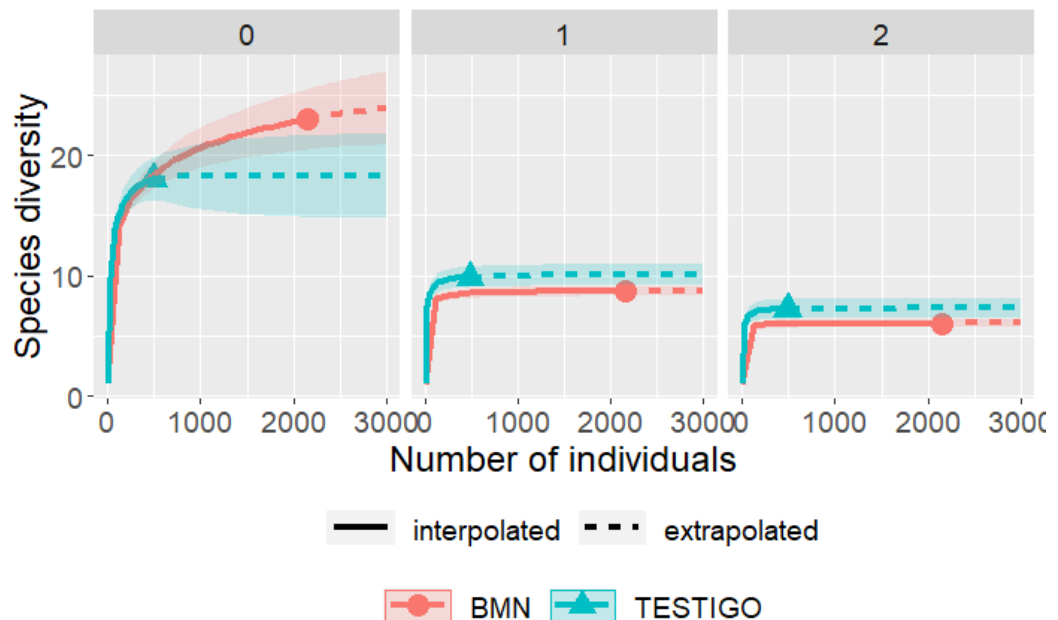
**Cuadro 7. Efecto de los bloques la fauna silvestre.**

Clase	Familia	Días	Occ Naive	TV Testigo	TV BMN	EEM
<b>Mammalia</b>	<i>Cervidae</i>	462	0.21	3.13ab	1.97ab	0.482
	<i>Bovidae</i>	324	0.21	4.16a	2.36ab	0.594
	<i>Equidae</i>	231	0.08	0.59ab	1.40ab	0.729
	<i>Leporidae</i>	748	0.37	2.34b	4.04a	0.370
	<i>Rodentia spp</i>	392	0.18	0.55ab	2.44ab	0.747
	<i>Didelphidae</i>	293	0.16	0.76ab	2.96ab	0.619
	<i>Procyonidae</i>	594	0.26	1.22b	0.55b	0.382
	<i>Mephitidae</i>	670	0.29	0.83b	0.167b	0.408
	<i>Canidae</i>	873	0.39	0.86b	2.11ab	0.287
	<i>Felidae</i>	713	0.32	0.64b	0.70b	0.387
<b>Aves</b>	<i>Corvidae</i>	39	0.03	NE	0.26ab	NE
	<i>Anatidae</i>	110	0.05	0.70ab	0.46ab	1.094
	<i>Cathartidae</i>	98	0.05	NE	0.81	NE
	<i>Cuculidae</i>	473	0.26	0.71ab	1.27ab	0.520
	<i>Culumbidae</i>	801	0.39	2.21ab	2.8ab	0.379
	<i>Falconidae</i>	48	0.03	NE	0.08ab	NE
<b>Reptilia</b>	<i>Anguidae</i>	193	0.11	3.16ab	4.02a	0.894

OccNaive: Ocurrencia Naive, TV: Tasa de visitas, EEM: Error estándar de la media.

Asimismo, la riqueza de especies asociadas a bloques multinutricionales predomina con 23 especies (Figura 7), pero no representa valores de diversidad de Shannon y Simpson mayores, en cambio, el análisis de las distintas determinaciones de diversidad sobre las especies más comunes y abundantes, respectivamente, para el tratamiento testigo resultan en mayores cantidades (Cuadro 8).

El análisis sobre la abundancia de individuos con base a la muestra de referencia consiste en la presencia de especies en cada una de las unidades de muestreo, y considera la rarefacción y extrapolación de los números de Hill, la cual, facilita la observación gráfica de la tendencia del tratamiento con respecto al tiempo. En la curva de rarefacción derivada del análisis de diversidad, se observa que la riqueza de especies aumenta en el tiempo de acuerdo con la presencia del tratamiento BMN, sin embargo, los niveles de la diversidad Shannon y la diversidad Simpson (Cuadro 8), están muy estrechamente dominados por las frecuencias de las especies más comunes, de tal manera, que son menos sensibles al efecto del tratamiento (Chao *et al.*, 2012), además, en la curva de acumulación/extrapolación se define la diversidad y abundancia esperada de una muestra finita de tamaño  $m$ , en este caso, se extrapoló a 3000 individuos teóricamente avistados, de tal manera el análisis muestra que se espera que la diversidad aumente con respecto a un aumento de los avistamientos. Los números de Hill se basan en el conteo de las frecuencias de la abundancia esperada, estos números son representados por 0 (Riqueza), 1 (Diversidad de Shannon), 2 (Diversidad de Simpson). El objetivo de la rarefacción y la extrapolación radica en realizar comparaciones adecuadas entre muestras que podrían estar incompletas, donde se, estandariza el tamaño de muestra y provee información útil para variedades de tamaños, asegurando que se comparan muestras de igual integridad en un rango de coberturas (Chao *et al.*, 2012). La comparación entre tratamientos testigo y BMN se realizó con coberturas de muestra similares cercanas a 1.



**Figura 7.** Efecto del tratamiento BMN sobre la diversidad de especies.

**Cuadro 8. Efecto del tratamiento BMN sobre la diversidad de especies.**

<b>Variable</b>	<b>Testigo</b>	<b>EEM</b>	<b>LCI</b>	<b>LCS</b>	<b>BMN</b>	<b>EEM</b>	<b>LCI</b>	<b>LCS</b>
<b>Riqueza de especies</b>	18	0.79	18.0	22.7	23	3.34	23.2	42.1
<b>Diversidad Shannon</b>	9.8	0.42	9.87	10.8	8.68	0.19	8.68	9.11
<b>Diversidad Simpson</b>	7.2	0.43	7.21	8.14	6.03	0.17	6.03	6.38

La presencia de *O. virginianus* se relaciona a porcentajes de cobertura de escape mayores al 40%, correspondiendo a la correlación alta (Correlación = 0.743) con la riqueza de especies de fauna, en cambio, altos porcentajes de cobertura basal no determinan su presencia, porque se observaron avistamientos donde era escasa en diferentes temporadas de muestreo. Con respecto a la altitud, se asocia a un rango fluctuante de 1500 a 2013 msnm, sin embargo, ejemplares de venado cola blanca fue más avistado alrededor de los 1700 msnm, a su vez, en el muestreo de estratos vegetales se encontró correlación del estrato arbóreo (Correlación = 0.490) con la altitud, sumando a el estrato arbustivo y herbáceo. Sobre la distancia a zonas perturbadas como carreteras o caminos con mucha movilidad, se observa una correlación positiva directa, ya que, a mayor distancia de estas zonas se observaron más avistamientos, a su vez, el mayor número de registros se detectaron en sitios alejados 1.5 km como mínimo de las zonas perturbadas por la presencia antropogénica. Aun cuando la correlación entre la riqueza de especies animales y la cobertura basal es débil, se aprecia que, la riqueza aumenta en sitios donde el estrato arbustivo sobresale (Correlación = 0.743).

El proveer de forraje adicional en puntos locales dentro del hábitat, provoca claramente efectos de desplazamiento espacial de los animales. Cuando los requerimientos del hábitat como el forraje son limitados alrededor de las estaciones de suplementación, los animales podrían de hecho incrementar su movimiento y ajustar el uso del espacio o selección del hábitat donde se encuentran los recursos para satisfacer sus necesidades (Webb *et al.*, 2008). Sin embargo, la tasa de visitas del venado cola blanca, no mostro cambio después de ofrecerles BMN como suplemento, coincidiendo con Murden y Risenhoover (1993). No obstante, el alimento suplementario influencia la distribución y los procesos de selección del hábitat de los individuos, los efectos aparentes son restricciones amplias hacia una menor escala espacial y temporal (Pérez-González *et al.*, 2010).

#### 4. Conclusiones

La presencia de los bloques proteicos y minerales modifica la frecuencia y tasa de visitas de especies silvestres como los depredadores, y mamíferos pequeños, pero no aumenta la presencia de venado cola blanca.

#### 5. Referencias

- Buckland, S. T, Magurran, A. E., Green, R. E., Fewster, R. M. (2005). Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical Transactions Biological Sciences*, 360, 243-254.
- Chao, A., Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533–2547.
- CONABIO, 2010. *Coragyps atratus* (zopilote común) residencia permanente. Distribución potencial. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/cora\\_atragw.xml](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/cora_atragw.xml).
- Jones, J. D., Kauffman, M. J., Monteith, K. L., Scurlock, B. M., Albeke, S. E., Cross, P. C. (2017). Supplemental feeding alters migration of a temperate ungulate. *Ecological Applications*, 24 (7), 1769-1779.
- Jost, L., González, A. (2012). Midiendo la biodiversidad más allá del Índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*, 56 (1-2), 3-14.
- Lewis, T. L., Rongstad, O. J. (1998). Effects of supplemental feeding on white-tailed deer *Odocoileus virginianus*, migration and survival in Northern Wisconsin. *The Canadian Field-Naturalist*, 112, 75-81.
- MacGregor, I., Payton, M. E. (2013). Contrasting diversity values: statistical inferences based on overlapping confidence intervals. *PLoS ONE*, 8: e56794.
- Mandujano, S., Morteo-Montiel, O. (2018). Sugerencias para organizar, administrar y exportar datos de foto-trampeo con el programa WILD.ID. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1 (2),31.
- Mathias, W., Tobler, Samia, E., Carrillo-Percestequi, Powell, G. (2009). Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology*, 25, 261-270.
- Murden, S. B., Risenhoover, K. L. (1993). Effects of habitat enrichment on patterns of diet selection. *Ecological Application*, 3, 497-505.

- Murray, M. H., Becker, D. J., Hall, R. J., Hernandez, S. M. (2016). Wildlife health and supplemental feeding: A review and management recommendations. *Biological Conservation*, 204, 163–174.
- Pérez-González, J., Barbosa, A. M., Carranza, J., Torres-Porras, J. (2010). Relative effect of food supplementation and natural resources on female red deer distribution in a Mediterranean ecosystem. *Journal of Wildlife Management*, 74, 1701-1708.
- Pineda, E., Moreno, C. E. (2015). Gallina, S (ed.) Manual de técnicas del estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. Pp. 115 – 133.
- Ramírez, A. J. E., Tinajero, T., Chapa, V. L. (2017). Cara a cara con el quebrantahuesos. *CONABIO. Biodiversitas*, 130, 12-16.
- Ramirez, A. y Gutierrez-Fonseca, P. E. (2016). Sobre ensamblajes ecológicos, respuesta a Monge-Najera. *Revista de Biología Tropical*, 64 (2), 817-819.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Soria-Diaz, L., Fowler, S. M., Monroy-Vilchis, O. (2017). Top-down and botto-up control on cougar and its prey in a central Mexican natural reserve. *European Journal of Wildlife Research*, 63 (5), 73-83.
- Villarreal, J. (2006). Venado Cola Blanca: Manejo y aprovechamiento cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León (pp. 81-128). Segunda impresión. México.
- Villarreal, O., Soto, A., Castillo, J.C., Tomé, F. J. (2001). Estudio de Diversificación Productiva; para el Establecimiento de una UMA de Venado Cola Blanca, en los Bienes Comunales de Santa Cruz Nuevo, Puebla. CONAFOR, SDR, Mazamiztli, A.C. PRODEFOR 2001.
- Webb, S. L., Hewitt, D. G., Marquardt, D. D., Hellickson, M. W. (2008). Spatial distributions of adult male white-tailed deer relative to supplemental feed sites. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*, 21, 32-42.

## CAPÍTULO 4

### Determinación de la abundancia, patrones de actividad y uso del hábitat para *Odocoileus virginianus* y sus potenciales depredadores

#### Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el Índice de Abundancia Relativa (IAR), los patrones de actividad y las variables que determinan el uso del hábitat, a través de cámaras trampa, en la UMA Bienes comunales de Totoltepec de Guerrero, Puebla, estimando la probabilidad de detección, el uso del hábitat y la abundancia de *Odocoileus virginianus*. En 19 sitios seleccionados completamente al azar, se instalaron estaciones de foto-trampeo, con una cámara cada una. Se registraron las visitas de la fauna a los sitios, clasificadas por fecha, hora, temperatura, cobertura de escape, cobertura basal, tipo de estrato vegetativo, distancia al aguaje más cercano, distancia a la zona perturbada más próxima, y ubicación. El IAR se estimó a través del número de avistamientos, se estimaron los patrones de actividad de venado y depredadores en función del horario de actividad y el coeficiente de traslape (Dhat), Para evaluar el uso de hábitat se obtuvo el mejor modelo ajustado, utilizando el Criterio de Información Akaike (CIA). La detección de *O. virginianus* se modeló con las covariables de cobertura de escape, cobertura basal, distancia al aguaje, distancias a las zonas perturbadas en términos lineales. El IAR para *O. virginianus* fue de 22%, coyote (*Canis latrans*) 9.15%, gato montés (*Lynx Rufus*) 5.6% y puma (*Puma concolor*) 2%. Se observó que *O. virginianus* está presente en el 40 % de las cámaras trampa, *C. latrans* fue captado en 58%. Los patrones de actividad *O. virginianus* muestran mayor actividad diurna, el pico de actividad se da alrededor de 8 y 10 AM, en su traslape de actividad entre *C. latrans*, se obtuvo un coeficiente de traslape de Dhat1: 0.718, se observa un aumento en su actividad sincronizado con los patrones de actividad de *O. virginianus*, aumentando su actividad cuando los venados están más activos buscando alimento. El coeficiente de traslape entre *O. virginianus* y *L. rufus*, Dhat1: 0.664, esta interacción muestra un aumento en la actividad de venado inmediatamente después que el felido decrece su presencia, sugiriendo una modificación en su actividad para evitarlo. El mejor modelo que describe la presencia y uso del hábitat incluye los elementos de riqueza vegetal, distancia al aguaje más cercano y elevación (AIC: 361.46, EEM:1.354, P= 0.0287), la predicción del uso de hábitat muestra mayor probabilidad que los venados estén presentes en sitios donde exista mayor riqueza vegetal en las zonas más altas de la UMA, que intrínsecamente se encuentran más alejadas de las áreas perturbadas por actividades humanas.

**Palabras claves:** Abundancia, Uso de hábitat, Patrones de actividad, *Odocoileus virginianus*, depredadores.

#### Abstract

The objective of the study was to determine the Relative Abundance Index (IAR), activity patterns, and the variables that determine the use of the habitat, through camera traps, in the UMA Communal Property of Totoltepec de Guerrero, Puebla, estimating the probability of detection, habitat use and abundance of *Odocoileus virginianus*. In 20 completely randomly selected sites, photo-trapping stations were installed, with one camera each. Fauna visits to the sites were recorded, classified by date, time, temperature, escape cover, basal cover, type

of vegetative layer, distance to the nearest water source, distance to the nearest disturbed area, and location. The IAR was estimated through the number of sightings, The IAR was estimated through the number of sightings, the activity patterns of deer and predators were estimated based on the activity schedule and the overlap coefficient (Dhat). To evaluate the use of habitat, the best adjusted model was obtained, using the Akaike Information Criteria (CIA). The detection of *O. virginianus* was modeled with the covariates of escape cover, basal cover, distance to the nearest water source, distances to disturbed areas in linear terms. The IAR for *O. virginianus* was 22%, coyote (*Canis latrans*) 9.15%, bobcat (*Lynx Rufus*) 5.6%, and cougar (*Puma concolor*) 2%. It was observed that *O. virginianus* is present in 40% of the trap cameras, *C. latrans* was captured in 58%. The activity patterns of *O. virginianus* show greater diurnal activity, the peak of activity occurs around 8 and 10 AM, in its activity overlap between *C. latrans*, an overlap coefficient of Dhat1 was obtained: 0.718, an increase is observed in their activity synchronized with the activity patterns of *O. virginianus*, increasing their activity when the deer are more active foraging. The overlap coefficient between *O. virginianus* and *L. rufus*, Dhat1: 0.664, this interaction shows an increase in deer activity immediately after the felid decreases its presence, suggesting a modification in its activity to avoid it. The best model that describes the presence and use of the habitat includes the elements of plant richness, distance to the nearest water source and elevation (AIC: 361.46, SEM: 1.354, P= 0.0287), the habitat use prediction shows a greater probability that deer are present in places where there is greater plant wealth in the highest areas of the UMA, which are intrinsically further away from areas disturbed by human activities.

**Key words:** Abundance, Habitat use, activity patrons, *Odocoileus virginianus*, predators.

## 1. Introducción

En la actualidad la técnica de monitoreo de fauna silvestre mediante el uso de cámaras trampa está en auge, ya que, facilita la adquisición y sistematización de la información necesaria para interpretar los fenómenos ecológicos que se desean manipular por medio de un manejo adecuado. Este método es particularmente útil en estudios en donde el área de muestreo es amplia, debido a los patrones de conducta de los animales, o cuando la especie es elusiva y se dificulta su observación. El reto de los investigadores es usar los datos generados con el mayor provecho para hacer inferencias objetivas sobre el estado de las poblaciones de fauna silvestre (O'Brien, 2011), ya que, el conocimiento de la ecología de especies permite esclarecer los aspectos críticos y así generar estrategias de conservación, cuya eficacia dependerá básicamente del entendimiento del uso del hábitat y la abundancia de la especie en el sistema (Rich *et al.* 2014).

La ecología de los ecotipos puede no considerarse por ser subespecies aisladas, un hecho que se refleja en las características del ciclo de vida de los cérvidos. A pesar de una gran variedad de investigaciones sobre cérvidos en ecosistemas templados, la aplicabilidad

de esta información a subespecies de cérvidos continúa siendo cuestionable desde el punto de vista ecológico (Mandujano y Gallina 1995). Por lo que, llenar las lagunas de conocimiento ecológico para los cérvidos a nivel local es imperativo, ya que, juegan un papel clave en el funcionamiento del ecosistema, por ejemplo, la interacción depredador - presa (Duquette *et al.*, 2020), e impulsan la dinámica de la vegetación a través de la herbivoría y dispersión de semillas (Gordon y Prins, 2008; Timmons *et al.*, 2010).

Generalmente se ha examinado a la alimentación, hábitat y tiempo como los tres ejes bases que determinan el uso de los recursos por la fauna. El uso y la abundancia del hábitat del venado cola blanca varían ampliamente en su área de distribución, pero los patrones de uso del hábitat generalmente reflejan la calidad y abundancia de recursos en áreas focalizadas, lo que influye en la variación de la actividad del venado en un paisaje determinado (Duquette *et al.*, 2015). Estimar con precisión el uso del hábitat y la abundancia de cérvidos puede ser difícil debido a la tendencia a evitar a los humanos en todos los sentidos (Stankowich, 2008), y a que, se ubican en ecosistemas con una vegetación densa que dificulta la detección (Urbanek *et al.*, 2012) y accesibilidad.

Las cámaras trampa y los modelos de ocupación que incorporan detecciones individuales sin marcar, presentan un método eficaz y eficiente para estimar el uso del hábitat y la abundancia de cérvidos en zonas con mínima perturbación humana (Duquette *et al.*, 2020). Se ha demostrado que los modelos de ocupación que combinan la detección / no detección del venado cola blanca sin marcar y los datos de covariables de hábitat podrían aproximarse con precisión a la dinámica poblacional simultánea de venados con radio collar. Siendo así, la conjunción de cámaras trampa y los modelos lineales de ocupación, con base a detecciones individuales, ha generado un método de análisis que promete estimaciones precisas del uso y abundancia del hábitat (Duquette *et al.*, 2014).

En la evaluación del uso del hábitat, los modelos lineales generalizados (GLM, Rstudio) son utilizados para determinar cuáles variables influyen la presencia de especies en lugares determinados. Estos modelos consisten en tres componentes: un componente aleatorio, que especifica la distribución condicional de la variable respuesta, la cual da los valores de las variables explicativas en el modelo, la distribución de la variable respuesta será miembro de alguna familia exponencial, como Gaussiana, binomial, Poisson, gamma, o familias Gaussianas inversas. El segundo es un predictor lineal, que es una función lineal de



regresores. Por último, la compone una función de enlace linealizadora suave e invertible  $g$  (Nelder y Wedderburn, 1972), que transforma la expectativa de la variable de respuesta, en el predictor lineal.

El objetivo del estudio fue determinar la abundancia relativa, los patrones de actividad y las variables que determinan el uso del hábitat, a través del uso de cámaras trampa, en la UMA Bienes comunales de Totoltepec de Guerrero, Puebla, estimando la probabilidad de detección y el uso del hábitat y la abundancia de *O. virginianus*.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Sitio de estudio**

La Unidad de manejo y aprovechamiento para la vida silvestre Bienes Comunales Santa Cruz Nuevo, se ubica en el municipio de Totoltepec de Guerrero, Puebla, (18°17'44" LN, 97°48'35" LO). Predominan los climas semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A)C(wo), templado subhúmedo con lluvias en verano C(w)O(W) (Rzedowski, 2006, INEGI, 2009; INAFED 2010), forma parte de la región hidrológica del Río Balsas (INAFED 2010), presentado una estacionalidad marcada. El rango de inclinación de la pendiente esta entre 20 al 70 %, con suelos someros de 0 a 25 cm (INEGI, 2009). Los tipos de vegetación presentes son selva baja caducifolia, matorral xerófilo, el matorral mediano subinermes, la selva mediana subcaducifolia espinosa (bosque de galería), que se encuentra en las vegas del río Acatlán; esta área representa menos del 1% de la superficie (Villarreal *et al.*, 2001). En esta zona se ha identificado 26 mamíferos, agrupados en seis órdenes y 11 familias. Destacándose: el conejo (*Silvilagus spp.*), el coyote (*Canis latrans*), el pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), zacetigre (*Leopardus pardalis*), puma (*Puma concolor*) y lince o gato montés (*Lynx rufus*) (Villarreal, 2006).

### **2.2. Monitoreo de fauna**

El número de estaciones y la distancia entre cámaras trampa aumenta la posibilidad de detección de individuos, así como, la densidad de equipos se relaciona positivamente con el número de capturas efectivas obtenidas (O'Brien, 2011), sin embargo, la experiencia sugiere que tanto la configuración de los equipos como la distancia entre las estaciones de

fototrampeo debe basarse en las características de la especie a muestrear, principalmente en el tamaño promedio del ámbito hogareño.

En 19 sitios seleccionados completamente al azar, se establecieron parcelas de 50 m<sup>2</sup> (Anderson *et al.*, 1979), que fungieron como estaciones de fototrampeo con una cámara cada una, en caso de que las cámaras quedaran en celdas conjuntas se garantizó que la distancia mínima entre cámaras fuera de 500 m, a través de la programación de los equipos se registró temperatura ambiental, ubicación, fecha, hora (Zarza, 2013). Dentro de estas áreas se tipificó y cuantificó el tipo de vegetación presente (arbóreas, arbustivas, herbáceas y pastos), la cobertura basal, cobertura de escape y la biomasa comestible para el venado. Las cámaras se colocaron a 60 cm del suelo y con un rango angular de 80 – 90° perpendicular al suelo según las recomendaciones de Duquette *et al.* (2020) para detectar con mayor probabilidad mamíferos terrestres de gran tamaño.

En la observación de fotografías derivadas del fototrampeo se registraron las visitas de la fauna a los sitios, para facilitar la observación y ordenamiento de las carpetas fotográficas se utilizó el software de libre acceso Wild.ID (Mandujano y Morteo-Montiel, 2018). Se determinó la presencia-ausencia (número y especie) datos que componen la variable visitas, la duración del muestreo (Esfuerzo), por otra parte, los datos ecológicos registrados como componentes del hábitat fueron temperatura (T), elevación (ELE), fase lunar (FL), cobertura de escape (CE), cobertura basal (CB), distancia a la fuente de agua más próxima (DAMC), distancia a la zona perturbada más próxima (DCMC) determinada por la presencia de carreteras de tránsito continuo, de tal manera que, para determinar las distancias a los agujeros y la distancia hacia los caminos con alta actividad humana se utilizó el software libre QGIS 3.18.3-Zurich, trazando la distancia entre estaciones de fototrampeo y los puntos en metros lineales.

### 2.3. Análisis de datos

Se generó el registro de la presencia y ausencia de *O. virginianus* y otras especies, se clasificaron por fecha, hora, temperatura, cobertura de escape, cobertura basal, tipo de estrato vegetativo, distancia al agujero más cercano, distancia a la zona perturbada más próxima y ubicación de la estación de foto-trampeo. El Índice de abundancia relativa (IAR) se estimó a través de los avistamientos, para indicar de una manera indirecta la abundancia de cada

especie. Los supuestos considerados en la estimación del IAR, consideran una relación lineal positiva entre la abundancia de la población y dicho índice, además, para una misma especie el mismo se comporta similar en diferentes localidades y estaciones del año, también considera la probabilidad de detección constante o similar para una especie entre otras, y finalmente no es afectado por la ubicación de las cámaras herramientas de muestreo (Mandujano y Pérez-Solano, 2019). Los análisis de IAR, patrones de actividad y uso de hábitat fueron llevados a cabo en Rstudio 1.4.1103 (Crawley, 2005; R Core Team, 2014).

Se estimaron los patrones de actividad de venado y depredadores en función del horario de actividad, se usó el paquete *overlap* en R para graficar los horarios de actividad utilizando densidad Kernel, el cual permite generar muestras aleatorias de distribución continua modelando la curva a lo largo de un día. El número de registros es determinante para obtener una descripción confiable del horario de actividad, el paquete utilizado sugiere una muestra de 50 o más registros para una mejor estimación del coeficiente de traslape (Dhat), que cuantifica en un rango de 0 (no traslape) a 1 (idénticos patrones de actividad), entonces mientras el valor se acerque al 0 indicara una actividad diferente (Meredith y Ridout, 2017; Mandujano y Pérez-Solano, 2019).

Para evaluar el uso de hábitat se asumió a la variable *visitas* con una distribución de Poisson, como enlace de funciones se utilizó logaritmo, el modelo base se construyó con las variables estadísticamente significativas en la prueba, cobertura de escape, cobertura basal, distancia al agujero más cercano, distancia a la zona perturbada más cercana definida como la zona donde el ser humano a realizado cambios permanentes del hábitat (carreteras, cultivos, construcciones, entre otros), elevación, hora, y año. El proceso fue realizar repeticiones hasta obtener el mejor modelo ajustado, el ajuste para cada modelo fue medido utilizando el Criterio de Información Akaike (CIA) con los valores más bajos de CIA indicando a su vez el modelo más discreto (Burnham y Anderson, 1998).

### **3. Resultados y Discusión**

#### **3.1 Estimación de la abundancia de venados y depredadores**

Se registro una detección de un ejemplar de ciervo cuando existían varias fotografías continuas, suponiendo que era captura desencadenante, fue considerado este supuesto para las demás especies, con excepción de las aves y las capturas que contenían dos o más

individuos de la misma especie, o fotografías con dos especies distintas, las cuales fueron situaciones muy escasas.

La estimación de IAR, para *O. virginianus* fue de 22% (Cuadro 9), no obstante, la mayor abundancia está representada por especies como *B. taurus*, y el género *Rodentia* spp, la primera de estas especies comúnmente se distribuye en ecosistemas naturales perturbados o que hayan sufrido cambios en su matriz homogénea del paisaje por actividades derivadas del cambio de uso de suelo, principalmente por actividades agropecuarias.

Entre los depredadores potenciales que interaccionan con *O. virginianus*, se relacionan al coyote (*Canis latrans*) 9.15% IAR, al gato montés (*Lynx rufus*) 5.6% IAR, y al puma (*Puma concolor*) 2% IAR. Por otra parte, dado que, la abundancia de zorra gris en el hábitat es alta, es la mayor abundancia registrada para carnívoros, probablemente este depredador no ataque a los cérvidos adultos, pero las crías de venado cola blanca podrían ser objetivos de depredación. No obstante, para identificar que depredador es el responsable de los ataques, es necesario analizar *in situ* la sospecha de depredación, con la evaluación externa e interna del cadáver, en búsqueda de marcas de punciones, fracturas entre otros signos (Caicedo *et al.*, 2012), y además se debe muestrear los indicios de depredación y de excretas, ya que sirve para conocer que especies forman parte de la composición de la dieta de los depredadores (Rosas-Rosas *et al.*, 2008).

Las interacciones tróficas también comprenden el carroñeo, los cadáveres de vertebrados, representan una fuente de alimento para numerosas especies, en consecuencia, las carroñas pueden modelar las interacciones entre especies a distintos niveles tróficos. En muchos ecosistemas terrestres los ungulados constituyen la mayor parte del suministro de carroña para los vertebrados carroñeros (Moleón *et al.*, 2014). En la UMA Santa Cruz los cadáveres de ungulados representan una fuente de alimento para especies carroñeras facultativas aquellas que consumen carroña de forma oportunista, en este caso como zorro o coyote, u otras especies de aves carroñeras como zopilote, esta última una especie de carroñero obligado que es muy eficiente en el aprovechamiento de carroña. Los factores principales de mortalidad en ungulados ponen sus cadáveres a disposición de los carroñeros, estos son: los grandes depredadores, que subsidian a los carroñeros con los restos de sus presas, las muertes naturales, causadas por enfermedades, inanición, accidentes, condiciones ambientales adversas o, la mortalidad causada por humanos, mediante la caza o la matanza

de vehículos, también puede ser un importante proveedor de carroña en algunas áreas (Moleón *et al.*, 2014).

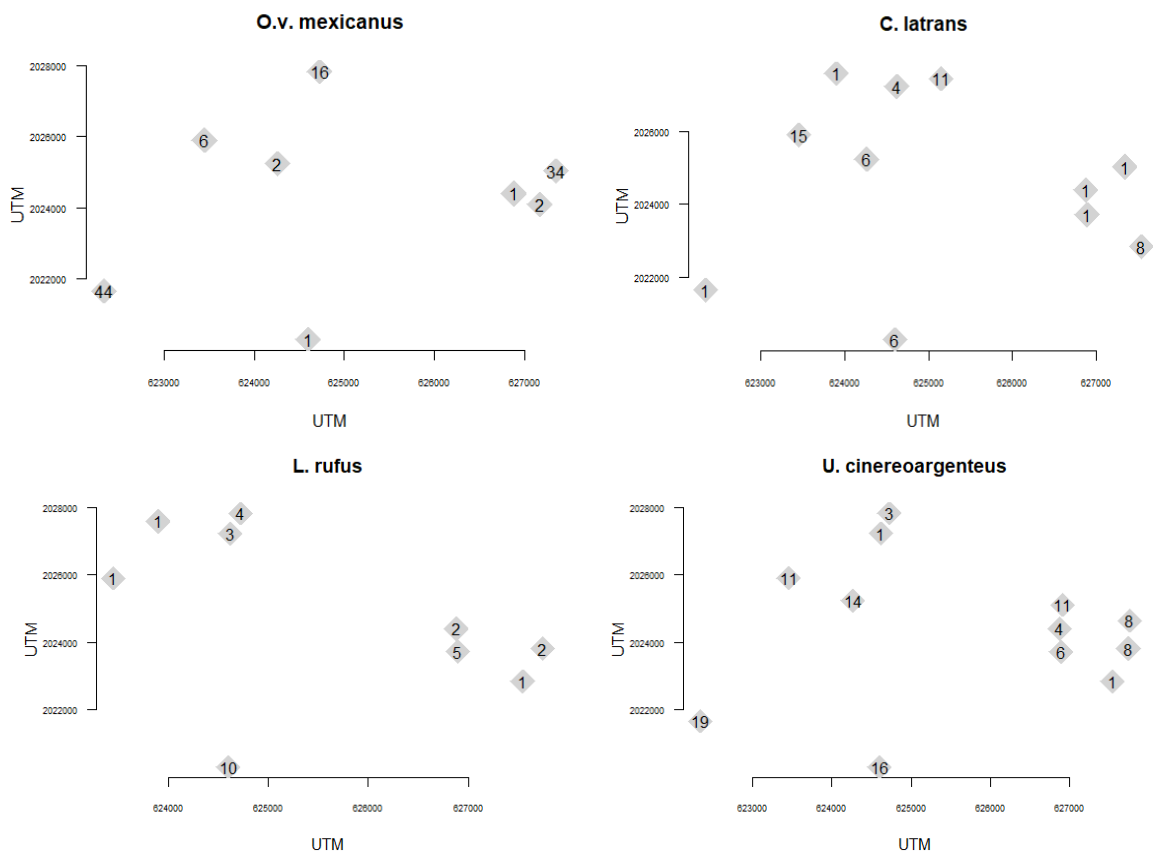
**Cuadro 9. Abundancia relativa y Ocurrencia Naive.**

Género / Especie	Cámaras	Días	n	IAR Gral.	Occ Naive
<i>B. taurus</i>	8	324	267	82.41	0.40
<i>Rodentia spp</i>	7	392	293	74.74	0.37
Reptiles	4	193	141	73.06	0.21
<i>Aves spp</i>	17	911	421	46.21	0.89
Lagomorfos <i>spp</i>	15	825	463	56.12	0.79
<i>O. v. mexicanus</i>	8	462	106	22.94	0.42
<i>D. virginiana</i>	6	293	42	14.33	0.32
<i>U. cinereoargenteus</i>	12	721	102	14.15	0.63
<i>P. lotor</i>	7	411	43	10.46	0.37
<i>C. latrans</i>	11	601	55	9.15	0.58
<i>G. velox</i>	10	473	34	7.19	0.53
<i>L. rufus</i>	9	518	29	5.60	0.47
<i>E. a. asinus</i>	2	152	8	5.26	0.11
<i>H. yagouaroundi</i>	1	39	2	5.13	0.05
<i>E. f. caballus</i>	1	79	4	5.06	0.05
<i>Mephitidae spp</i>	11	670	28	4.18	0.58
<i>C. atratus</i>	2	98	4	4.08	0.11
<i>B. sumichrasti</i>	4	255	7	2.75	0.21
<i>C. cheriway</i>	1	48	1	2.08	0.05
<i>P. concolor</i>	3	199	4	2.01	0.16
<i>N. narica</i>	3	186	3	1.61	0.16

OCC Naive: Ocurrencia naive. n: Número de avistamientos. ANOVA, Tukey 95% P, letras diferentes indican diferencias significativas.

La proporción de sitios ocupados frecuentemente llamada ocupación naive, es una medida simple de la distribución de cada especie en el sitio de estudio, se calcula como el porcentaje de cámaras donde aparece la especie de interés con respecto al número total de cámaras consideradas en el muestreo (Mandujano y Pérez-Solano 2019). Visualizar la distribución de *O. virginianus* y las especies de meso depredadores simpátricos en el sitio de estudio (Cuadro 9; Figura 8) en coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator), permite identificar si los datos obtenidos provienen de una misma estación de fototrampeo o si las especies están distribuidas en los diferentes puntos de muestreo que abarcan el área total estudiada. De tal forma que, con un total de 19 cámaras en este estudio se observa que el venado cola blanca está presente en el 42 % de las cámaras trampa con avistamientos a lo largo de la UMA con una superficie de 4150 ha. *Canis latrans* presenta mayor distribución,

fue captada en el 58% de las cámaras trampa con una Abundancia relativa de alrededor del 10%, a su vez, con los datos derivados de las fotografías *Lynx rufus* es posible asignar su distribución, aparece en 47% de los sitios de muestreo un poco más cámaras que los cérvidos, no obstante, presenta una abundancia relativa menor grado, debido al menor número de avistamientos. Entonces el número de fotografías hará que una especie presente un IAR alto o bajo, de tal manera, si existen muchos avistamientos en un número relativamente bajo de cámaras trampa, tendrá como consecuencia que IAR sea alto (Mandujano, Pérez-Solano, 2019), que es lo que sucede en este estudio para *O. virginianus*.



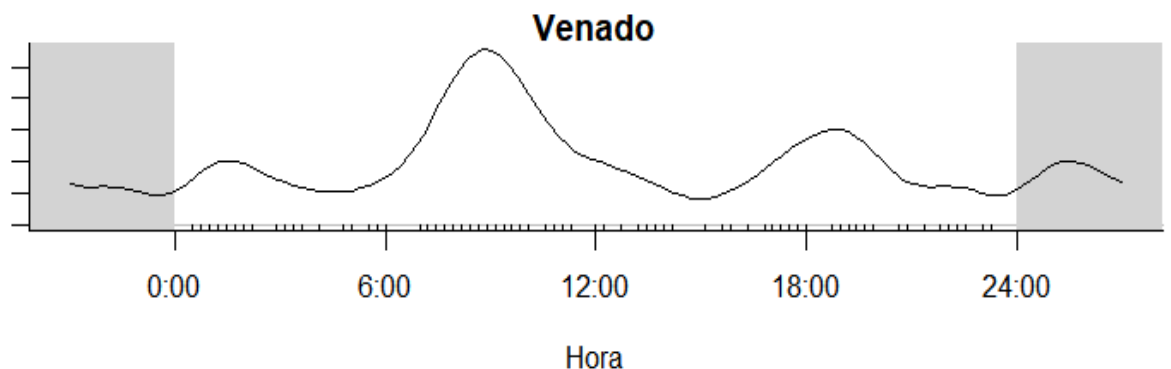
**Figura 8.** Distribución de *O. virginianus* y meso depredadores en las cámaras trampa. El número dentro de cada círculo representa la cantidad de fotos, en la escala UTM.

### 3.2 Descripción y traslape del horario de actividad de venado y depredadores

Durante dos años consecutivos de muestreo en el periodo de 2018-2019 los registros obtenidos para *Odocoileus virginianus* son 119; con respecto a los depredadores seleccionados, se obtuvieron 30 registros de lince (*Lynx rufus*), 120 de coyote (*Canis latrans*)

y 154 registros de zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*). Asimismo, se confirmó la presencia de *Puma concolor* por su avistamiento de la especie en tres estaciones de fototrampeo colocadas en dos cerros llamados Zoque y Piñón, debido a la cantidad limitante de registros se sugiere la presencia de un ejemplar macho residente, actualmente la información del ámbito hogareño del *P. concolor* es escasa, sin embargo, se ha reportado un para puma el tamaño mínimo de ámbito hogareño de 25 km<sup>2</sup> para una hembra adulta (Nuñez-Pérez y Miller, 2019).

Los patrones de actividad *O. virginianus* muestran mayor actividad diurna (Cortes-Marcial y Briones-Salas, 2014; Duquette *et al.*, 2020), en este caso el pico de actividad se da alrededor de las 8 y 10 de la mañana (Figura 9), los venados cola blanca son menos activos cuando la temperatura ambiental incrementa, reduciendo la detección (Duquette *et al.*, 2020), en la área de estudio se presentaron temperaturas altas con una media de 32°C, repercutiendo en la disminución de actividad durante las épocas más cálidas, lo que permite a los mamíferos minimizar el gasto de energía (Valenzuela y Ceballos, 2000),



**Figura 9.** Horario de actividad de *O. virginianus* en UMA Santa Cruz Nuevo, Totoltepec de Guerrero, Puebla.

Para los traslapes de actividades con depredadores potenciales no hay evidencia de ataques directos, durante los transectos no se hallaron indicios, por otro lado, estos traslapes sugieren mayor vulnerabilidad de venados de talla pequeña o menor edad hacia los depredadores (López y Badii, 2000, Duquette *et al.* 2020) como *C. latrans*, *L. rufus* y *P. concolor* (referencia).

La relación de simpatría espacial entre *O. virginianus*, *C. latrans* y *L. rufus* es histórica, hablando de alrededor de uno o dos millones de años que coexisten en asociación,

esta interacción ha sido descrita de diferentes maneras, por ejemplo, Swihart *et al.*, (1991), que la analizó indirectamente a través de la evaluación del grado de forrajeo de dos especies vegetales palatables para venado cola blanca, comprobando la disminución del forrajeo en los tratamientos que contenían orina o extractos de la misma de *C. latrans* y *L. rufus*. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el venado cola blanca u otros mamíferos herbívoros pueden distinguir los olores provenientes de depredadores de los olores pertenecientes a los no depredadores y ajustan su comportamiento en consecuencia.

En la comparación entre los patrones de actividad del venado y coyote, en el traslape del horario de actividad, delta obtuvo un valor de  $D_{hat1}$ : 0.718, este valor es de importancia, ya que, considera similitud en los horarios en los que se encuentran activas estas dos especies, no obstante, el coeficiente de traslape solo es descriptivo ya que no se obtiene un valor de significancia estadístico (Mandujano y Pérez-Solano, 2019).

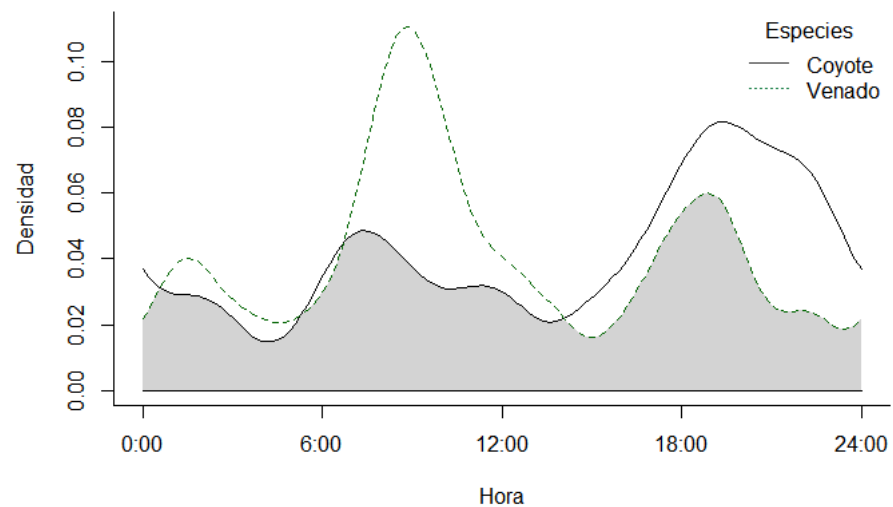
La depredación de cervatos de venado cola blanca por coyote ha sido estudiada en la zona sur del país, en la Mixteca de Oaxaca, con un porcentaje de aparición en excretas de 13.6%, obteniendo una mayor incidencia en temporada de lluvias con el 38% de aparición en las excretas del canido, coincidiendo con la época de mayor densidad de cérvidos y con la temporada de pariciones, por tanto, mencionan que exista la predisposición de las crías a ser depredadas, ya que durante los primeros días después del nacimiento las madres salen a forrajear, dejando a sus crías indefensas (Cruz-Espinoza *et al.*, 2010). Algunos estudios concluyen que el mayor consumo de crías de venado es en julio y principios de agosto, coincidiendo con los inicios de verano, por lo que esta teoría concuerda con las fechas de los nacimientos de cervatos (López y Badii, 2000; Grajales-Tam y Gonzalez-Romero, 2014). Dicha interacción depredador-presa puede no afectar las tasas poblacionales de *O. virginianus*, sin embargo, son causas de estudio para comprender el efecto de la depredación por coyotes sobre la población de venado cola blanca en la UMA, y si podría ser competencia con el uso antropogénico de la fauna silvestre, principalmente en el aprovechamiento de cérvidos, ya que, este carnívoro es generalista, omnívoro y oportunista; y en su dieta la mayor aportación de biomasa en su dieta la obtiene de los mamíferos de diferentes tamaños (Grajales-Tam y Gonzalez-Romero, 2014).

La actividad registrada para *C. latrans* indica que, en Santa Cruz Nuevo esta especie es de hábitos crepusculares (Figura 10), incrementando su actividad durante la tarde y noche,



sin embargo, se mantiene con bajos niveles de actividad las 24 horas. También se observa un aumento en su actividad sincronizado con los patrones de actividad de *O. virginianus*, por lo que, *C. latrans* aumenta su actividad cuando los venados están más activos buscando alimento (Cruz-Espinoza *et al.*, 2010). En contraste, en la zona norte de México, Lopez-Soto *et al.* (2001), documentaron que *C. latrans* consumía venados como carroña o depredación compensatoria (individuos débiles por la edad, enfermos, o heridos).

En adición, se observó en UMA Santa Cruz Nuevo que los horarios de mayor actividad para este canido se registraron en la tarde después de las 18:00 h. y hasta las 21 h., la misma hora en la que se observa una disminución en la actividad de venados (Figura 10), que podrían estar evitando el ataque por manadas, estilo ampliamente documentado como estrategia de depredación de los coyotes, basado en perseguir a su presa en grupos compuestos de dos hasta tres ejemplares (Swihart *et al.*, 1991). En concordancia con lo anteriormente mencionado, en este trabajo se obtuvieron varias imágenes de cámaras trampa donde se aprecia a manadas compuestas hasta por tres individuos de *C. latrans* merodeando principalmente en horarios nocturnos.



**Figura 10.** Traslape de horario de actividad en interacción depredador – presa, *C. latrans* – *O. virginianus*.

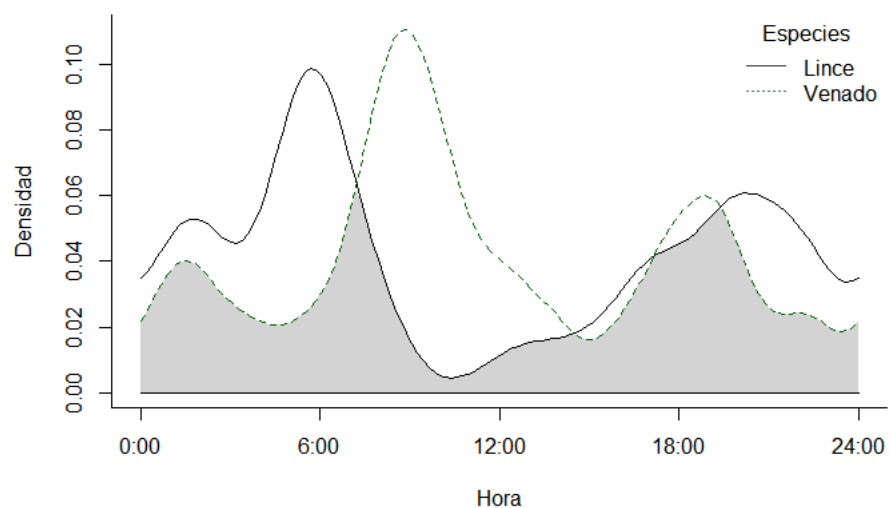


**Figura 11.** Registro fotográfico, mediante cámaras trampa, de un individuo de *C. latrans* en una estación de suplementación de venado cola blanca.

Otro de los posibles depredadores o carroñeros de venado cola blanca es *Lynx rufus*, en el traslape del horario de actividad se obtuvo un valor del Dhat1 igual a 0.664. En la zona estudiada, se registró traslape de actividad continuo para ambas especies, los horarios donde se encuentran simultáneamente activos son por la mañana y durante el atardecer, no obstante, se observa un alza en la actividad de *O. virginianus* inmediatamente después de que el félido decrece su presencia, sugiriendo que los venados podrían estar modificando su actividad para evitarlo (Figura 12). Este felino es de hábitos crepusculares, es un carnívoro estricto considerado de hábitos alimenticios oportunistas, en otras palabras, adapta sus preferencias a la presa más abundante (Griffiths, 1975), sobre los reportes de su dieta los principales mamíferos que la complementan son los lagomorfos y en general mamíferos de talla pequeña como los roedores (Delibes y Hiraldo, 1987, Martínez *et al.*, 2014).

En Norte América, MacDonald-Beyers y Labisky (2005) mencionan que es un depredador común de venado cola blanca en los humedales de Florida EU, causando el 17% de decesos de una población de 36 ciervos adultos, y mostrando que inclusive con bajas densidades del depredador en temporada de inundaciones, estos contribuyen significativamente a la mortalidad de cervatillos, debido a varios factores negativos que impactan en la condición física de las hembras resultando en abortos o en una baja en la tasa de supervivencia de las crías. Por otra parte, en México Aranda *et al.* (2002), analizaron las excretas de gato montés colectadas en dos sitios de estudio, en esta comparación registraron

la presencia de restos de venado en las excretas, los cuales aportaban bajos porcentajes (0.5% a 2.9%) en la estimación de la biomasa consumida, se menciona que no habría que descartar la posibilidad de que el mayor consumo se deba a una mayor disponibilidad en forma de carroña, ya que el mayor valor de consumo se registró en un predio cinegético (Aranda *et al.*, 2002). Agregan que para las especies potencialmente presas del gato montés en una localidad, el valor de cada una está relacionado básicamente con la biomasa que aportan y no con el número de individuos que son consumidos, los requerimientos de consumo de biomasa del gato montés, pueden situarse en un intervalo entre 500 y 1350 g/ind/d, y pueden ser cubiertos con una variedad de especies presa; por ejemplo tlacuache, o coatí, una cría pequeña de venado, una liebre o un conejo, o varios roedores en los cuales el número dependerá de la especie (Aranda *et al.*, 2002). El consumo de venados ha sido reportado por diversos autores (Aranda *et al.*, 2002, Thornton *et al.*, 2004, MacDonald-Beyers y Labisky, 2005), pero nunca en México como la especie presa más importante para el gato montés.



**Figura 12.** Traslape de horario de actividad en interacción depredador – presa, *L. rufus* – *O. virginianus*



**Figura 13.** Registro fotográfico, mediante cámaras trampa, de un individuo de *Lynx rufus* en una estación de suplementación de venado cola blanca.

### 3.3 Uso de hábitat de *Odocoileus virginianus* y depredadores

La detección de *Odocoileus virginianus* se modeló con las covariables de cobertura de escape, cobertura basal y de distancia al aguaje, distancias a las zonas perturbadas en términos lineales, elevación, temperatura y hora. Se realizó un ajuste de los modelos de detección utilizando cada combinación de covariables de detección, realizando varias pruebas de modelos. Los modelos de detección para venado incluyen la distancia a zonas perturbadas más cercanas, clasificadas por la presencia de caminos de terracería o pavimentados con tránsito continuo, asentamientos o zonas de cultivo. Existe una competencia clara en los modelos lineales de detección obtenidos para venado, ya que los valores de AIC son cercanos entre sí, sin embargo, se eligió el mejor modelo que describe la presencia y uso del hábitat, aquel que incluye los elementos de riqueza vegetal, distancia al aguaje más cercano y elevación (AIC: 361.46, EEM:1.354, P= 0.0287, Cuadro 10). La predicción del uso de hábitat derivada de este modelo muestra que es más probable que los venados estén presentes en sitios donde exista mayor riqueza vegetal, con fuentes de agua o reservorios más cercanos, ya que, constituye un factor crítico en el uso del hábitat por el venado (Medina *et al.*, 2008), y en las zonas más altas de la UMA, que intrínsecamente se encuentran más alejadas de las áreas perturbadas con actividades humanas. Mandujano *et al.* (2013) encontraron en el estudio del hábitat de bosque tropical que venado cola blanca evitan la perturbación humana, sugiriendo que perciben la presencia de humanos como un riesgo

de mortalidad, igualmente Duquette *et al.* (2020), reportan mayor detección de venados en caminos de fauna silvestre que en senderos con tránsito humano. En la selección de hábitat diferentes factores se concatenan para descifrar el conjunto de variables que ofrecen una mejor explicación de la presencia de especies en hábitats determinados, debe suponerse que la configuración explicara la selección del hábitat basada en la mejor disponibilidad de recursos (Duquette *et al.*, 2020), sin embargo, en perspectiva es importante estudiar en Santa Cruz Nuevo las diferencias de uso o selección de hábitat de venado cola blanca según el sexo, por causa de que la selección de los recursos difiere entre sexos, con base a las diferencias fisiológicas y conductuales, esencialmente durante las etapas de gestación, crianza y apareamiento. En virtud de conocer la densidad de hembras, machos y cervatos para proyectar su aprovechamiento en tablas de vida y evitar la disminución de la población.

**Cuadro 10. Modelos lineales generalizados para la detección de venados con base al fototrampeo.**

<b>Modelo</b>	<b>DR</b>	<b>AIC</b>	<b>AIC <math>\Delta</math></b>	<b>EEM</b>	<b>P</b>
<b>V ~ RV + DCMC + ELE</b>	11.911	361.43	1.75	1.244	0.0028
<b>V ~ RV + DAMC + ELE</b>	11.934	361.46	1.46	1.354	0.0287
<b>V ~ CE + RV + DCMC</b>	12.641	362.16	1.52	0.521	0.0001
<b>V ~ RV + DAMC + DCMC</b>	12.650	362.17	1.43	0.448	0.0001
<b>V ~ RV + DAMC + DCMC + ELE</b>	10.838	362.36	0.74	1.389	0.0221
<b>V ~ CE + RV + DAMC</b>	13.298	362.82	1.05	0.467	0.0001
<b>V ~ CE + DAMC + DCMC</b>	14.264	363.79	0.22	0.306	0.0001
<b>V ~ CE + RV + DAMC + DCMC + ELE</b>	10.491	364.01	1.72	1.868	0.200

V: Visitas, RV: Riqueza vegetal, ELE: Elevación (msnm), DCMC: Distancia zona perturbada, DAMC: Distancia a aguaje, CE: Cobertura de escape. DR: Desviación residual (variabilidad de datos en líneas de regresión), AIC: Criterio de Información Akaike, AIC  $\Delta$ : Diferencia en AIC, EEM: Error estándar media.

En el caso de depredadores, las variables que más influyen en su presencia son cobertura de escape, cobertura basal y distancia a zonas perturbadas (AIC: 319.08, EEM:0.484, P=0.0001; Cuadro 11), sin embargo, existe otro modelo muy cercano en términos de AIC, que reemplaza a la distancia de zonas perturbadas por la presencia de agujeros más cercanos (AIC: 320.08, EEM:0.463, P=0.0001). Sobre el uso de los depredadores de la CE y CB, se puede atribuir que determinan el éxito de estos debido a que facilitan el acecho a sus presas, de tal

manera estas coberturas conformarían la cobertura de acecho, como áreas con vegetación densa, y presencia de forraje que funciona como fuente atrayente de fauna silvestre como el venado cola blanca, coatíes, entre otros mamíferos herbívoros, los cuales incrementan la probabilidad de la presencia de depredadores y por ende, la vulnerabilidad a la depredación (Rosas-Rosas *et al.*, 2008). Asimismo, la distancia a fuentes de agua permanentes es determinante visto que se asocia a los depredadores a permanecer cerca de estos, ya que, son áreas de concentración de animales (Rosas-Rosas *et al.*, 2008). La topografía también es un factor que favorece el acecho por los depredadores, sin embargo, este elemento no fue considerado en este estudio.

**Cuadro 11. Modelos lineales generalizados para la detección de depredadores con base al fototrampeo.**

Modelo	DR	AIC	AIC $\Delta$	EEM	P
V~ CE + CB + DCMC	33.552	319.08	5.08	0.484	0.0001
V~ CE + CB + DAMC	34.555	320.08	4.81	0.463	0.0001
V~ CE + CB + DCMC + RA	32.951	320.47	7.36	0.577	0.0001
V~ CE + CB + DAMC + ELE	33.281	320.8	5.67	3.067	0.5900
V~ CE + CB + DAMC + DCMC + ELE	32.188	321.71	6.4	3.11	0.6070
V~ CE + CB + DCMC + RA + T	32.693	322.22	7.37	0.62	0.0001
V~ CE + CB + DAMC + DCMC + RA	32.858	322.38	6.9	0.581	0.0001
V~ CE + CB + DAMC + T + RA	34.202	323.72	5.41	0.491	0.0001

RV: Riqueza vegetal, ELE: Elevación (msnm), DCMC: Distancia zona perturbada, DAMC: Distancia a aguaje, CE: Cobertura de escape. DR: Desviación residual (variabilidad de datos en líneas de regresión), AIC: Criterio de Información Akaike, AIC  $\Delta$ : Diferencia en AIC, EMM: Error estándar media.

#### 4. Conclusiones

El venado cola blanca tiene un menor ámbito hogareño que el coyote. Los patrones de actividad *O. virginianus* muestran mayor actividad diurna en comparación con el coyote y el lince. El mejor modelo que describe la presencia y uso del hábitat incluye los elementos de riqueza vegetal, distancia al aguaje más cercano y elevación. La predicción del uso de hábitat derivada de este modelo muestra que es más probable que los venados estén presentes en sitios donde exista mayor riqueza vegetal en las zonas más altas de la UMA, que

intrínsecamente se encuentran más alejadas de las áreas perturbadas con actividades humanas.

## 5. Referencias

- Anderson D. R., Laake, J. L., Crain, B. R., Burnham, K. P. (1979). Guidelines for line transect sampling of biological populations. *Journal Wildlife Manage*, 43 (1),70-78.
- Aranda, M., Rosas, R. O., Ríos, J. De J., García, N. (2002). Análisis comparativo de la alimentación del gato montés (*Lynx rufus*) en dos diferentes ambientes de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 87, 99-102.
- Burnham, K. P., Anderson, D. R. (1998). *Model selection and difference: a practical information-theoretic approach*. Springer, New York. 353 pp.
- Caicedo, J., Ospina J. C., Ávila, J. (2012) Técnica de necropsia, interpretación de hallazgos macroscópicos y toma de muestras en mamíferos silvestres. *Memorias Conferencia interna aprovechamiento de fauna silvestre*, 8 pp.
- Cortés-Marcial, M., Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62 (4), 1433-1448.
- Cruz-Espinoza, A., Gonzalez, P. G. E., Santos-Moreno, A. (2010). Dieta del coyote (*Canis latrans*) en Ixtepeji, Sierra Madre de Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo*, 8 (1), 33-45.
- Delibes, M., Hiraldo, F. (1987). Food habits of the bobcat in two habitats of the southern Chihuahuan desert. *Southwestern Naturalist*, 32, 457–461
- Díaz-Pulido, A., Payán Garrido, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.
- Duquette, J. F., Belant, J. L., Svoboda, N. J., Beyer Jr., D. E., Albright, C. A. (2014). Comparison of occupancy modeling and radiotelemetry to estimate ungulate population dynamics. *Population Ecology*, 56, 481–492.

- Duquette, J. F., Flores, E. E., Ureña, L., Ortega, J., Cisneros, I., Moreno, R., Loman, Z. (2020). Habitat Use and Abundance of Island-Endemic White-Tailed Deer in Panama. *Mammal Study*, 45 (1), 13–25.
- Grajales-Tam, K. M., Gonzalez-Romero, A. (2014). Determinación de la dieta estacional del coyote (*Canis latrans*) en la región norte de la Reserva de la Biosfera Mapimi, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 553-564.
- Griffiths, D. (1975). Prey availability and the food of predators. *Ecology*, 56:1209–1214.
- Lopez, S. J. H., Badii, M. H. (2000). Depredación en crías de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) por coyote (*Canis latrans*) en una Unidad de Manejo y Aprovechamiento del norte de Nuevo León, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 81, 135-138.
- MacDonald-Beyers, K., Labisky, F. R. (2005). Influence of flood waters on survival, reproduction, and habitat use of white-tailed deer in the Florida Everglades. *Wetlands*, 25 (3), 659-666.
- Mandujano, S., Gallina, S. (1995). Comparison of deer censusing methods in tropical dry forest. *Wildlife Society Bulletin*, 23, 180–186.
- Mandujano, S., Morteo-Montiel, O. (2018). Sugerencias para organizar, administrar y exportar datos de foto-trampeo con el programa WILD.ID. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1(2),31.
- Mandujano, S., Perez-Solano, L. A. Eds. (2019). Fototrampeo en R: organización y análisis de datos. Volumen I. Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, México, 248 pp.
- Medina, T., S. Martín, E. García, M. Márquez, H. Vaquera, A. Romero, M. Martin. (2008). Factores que influyen en el uso del hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en la Sierra del Laurel, Aguascalientes, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24, 191-212.
- Meredith, M., Ridou, M. (2017) Overlap: Estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns. R package version 0.3.0.
- Moleón, M., Sánchez-Zapata, J. A., Selva, N., Donázar, J. A., Owen-Smith, N. (2014). *Biological Reviews*, 89,1042-1054.
- Nelder, J. A., Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 135(3), 370.



- Núñez-Pérez, R., Miller, B. (2019). Movements and home range of jaguars (*Panthera onca*) and mountain lions (*Puma concolor*) in a tropical dry forest of western Mexico. En: R. Reyna-Hurtado y C. A. Chapman (Eds.), Movement ecology of neotropical forest mammals, 243–262.
- Rich, L. N., Kelly, M. J., Sollmann, R., Noss, A. J., Maffei, L., Arispe, R. L., Paviolo, A., De Angelo, C. D., Di Blanco, Y. E., Di Bitetti, M. S. (2014). Comparing capture-recapture, mark-resight, and spatial mark-resight models for estimating puma densities via camera traps. *Journal of Mammalogy*, 95, 382–391.
- Rosas-Rosas, O. C., Bender L. C., Valdez, R. (2008) Jaguar and puma predation on cattle calvers in Northeastern Sonora, Mexico. *Rangeland Ecology Management*, 61, 554-560.
- Swihart, K. R., Pignatello, J. J., Mattina, I. M. J. (1991). Aversive responses of White-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, to predator urines. *Journal of Chemical Ecology*, 17 (4), 767-777.
- Thornton, D. N., Sunkist, M. E., Main, M. B. (2004). Ecological separation within newly sympatric populations of coyotes and bobcats in South–Central Florida. *Journal of Mammalogy*, 85, 973–982.
- Tobler, M. W., Carrillo-Percastegui, S. E., Powell, G. (2009). Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology*, 25, pp. 261-270.

## CONCLUSIONES GENERALES

El estudio del estado de la nutrición de venado cola blanca es importante por su valor productivo, y en la conservación ambiental y cultural, de tal manera que detectar las insuficiencias nutricionales en la dieta tendrá que partir de un análisis del balance nutricional de los recursos que aporta el hábitat y sus requerimientos, esto ayudara a diagnosticar las condiciones en que se encuentran los animales y como estas pueden ser modificadas en beneficio.

En vida libre venado cola blanca selecciona su dieta para cubrir sus necesidades nutricionales, sin embargo, esto no sucede en condiciones de cautiverio, donde los cérvidos generalmente tienen poca oportunidad de selección de componentes en su dieta, en algunos casos esto conlleva a desbalances nutricionales. En respuesta, la suplementación con bloques nutricionales es una medida que busca cubrir deficiencias en las dietas y promueve la salud y la mejora de la condición corporal en venado cola blanca, con base a los resultados de este estudio la condición corporal puede ser un indicador del efecto del uso de bloques multinutricionales minerales y proteicos en dietas y se vuelve más rentable con estrategias de suplementación que utilizan pocos insumos. De tal manera que se recomienda evitar el uso de dietas con inclusión de ingredientes frutales o vegetales con gran cantidad de agua, ya que, incrementa los costos de alimentación, pero no tiene un beneficio significativo ni en la condición corporal ni en el balance nutricional de los animales en cautiverio.

Es importante la evaluación del uso de bloques multinutricionales en cautiverio con condiciones controladas, con este aprendizaje se establecen las bases para llevar a cabo la suplementación en vida silvestre. Las Unidades de manejo para la conservación de la Vida Silvestre establecidas por sociedades comunales en ambientes semiáridos, presentan limitaciones económicas y ambientales que afectan al aprovechamiento extractivo de las especies como venado cola blanca, de tal manera se sugiere la planeación de temporadas de suplementación para incrementar la diversidad de fauna en el hábitat, ya que, la tasa de visitas por especie y la diversidad aumenta en estaciones de suplementación, esto diversificará la oferta de servicios y permitirá promover el aprovechamiento cinegético de otras especies como los meso depredadores, y finalmente aumentaría la derrama económica generada por la actividad de los visitantes.

Aunque no fue objeto de estudio en este trabajo, sugerimos estimar la capacidad de carga de venado con respecto a la disponibilidad de forraje en el área, ya que la suplementación podría favorecer al mantenimiento de altas densidades en la población de venados, y en periodos continuos de esta práctica se podría generar deterioro de los recursos de un área determinada. Asimismo, con base a los efectos en el aumento de la presencia de fauna silvestre se puede alejar a los animales de las áreas que se desea conservar, a través de la reducción del grado de forrajeo natural de los venados.