

Research Article

¿Pueden las variables de paisaje predecir la abundancia de venado cola blanca? El caso del noroeste de México

Helí Coronel Arellano¹, Carlos A. López González¹, y Claudia N. Moreno Arzate².

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, Col. Las Campanas, Querétaro, Qro. Email Arellano: helikorn@hotmail.com; Email Lopez-Gonzalez: <cats4mex@aol.com>

²Instituto de Ecología, A. C. Km 2.5 Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Apartado Postal 63, 91070, Xalapa, Veracruz, México. Email Moreno: <cnma_69@yahoo.com>

Resumen

La generación de información sobre la abundancia de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) se ha obtenido a nivel local, lo cual reduce su utilidad para tomar decisiones de manejo y conservación a nivel de paisaje. Nuestro objetivo fue generar un índice predictivo regional para estimar la abundancia de venado cola blanca utilizando imágenes de satélite. La información de campo se generó a partir de estudios locales en dos sitios en el noroeste de México, el primer sitio se ubica en la Sierra de San Luís en el municipio de Agua Prieta, Sonora y el segundo se encuentra ubicado en la Sierra Los Pavos, en el municipio de Sahuaripa, Sonora; de acuerdo a sus características el primer sitio es templado y el segundo es tropical. La densidad de venado cola blanca se calculó por medio de transectos lineales para el conteo de grupos fecales. Se encontró una relación significativa entre el valor de índice de vegetación normalizado (análisis que se deriva de la reflectancia del espectro electromagnético entre la biomasa verde y su firma espectral; NDVI) y la abundancia de venado cola blanca para una de las localidades muestreada; sin embargo, para la otra localidad no se encontró una relación significativa entre las variables. El NDVI predice la abundancia en el sitio templado y no en el tropical. Al parecer esta relacionado a variables antropogénicas mas que de paisaje. Es posible utilizar el NDVI para identificar áreas de reintroducción para poblaciones de venado cola blanca en sitios templados del Noroeste de México.

Palabras clave: Venado cola blanca, abundancia, índice de verdor, índice de vegetación normalizado, paisaje, Mexico, *Odocoileus*.

Abstract

White-tailed deer abundance has been determined at local scales, reducing its uses for management and conservation at the landscape-level. Our objective was to determine if normalized difference vegetation index (NDVI) is a predictor of white-tailed deer abundance. Field data was generated for two areas, one temperate and one tropical, the first one in Sierra de San Luís, municipality of Agua Prieta, Sonora and the second in Sierra Los Pavos, municipality of Sahuaripa, Sonora. Density of deer was estimated using pellet count surveys. We found a significant relationship between NDVI and density in the temperate site, but a non-significant one at the tropical area. This difference appears to be attributed to anthropogenic differences and not biotic relationships. This index appears useful to determine reintroduction sites in temperate areas of northeastern Mexico.

Keywords: White-tailed deer, abundance, greenness index, NDVI, landscape, Mexico, *Odocoileus*.

Received: Received 16 Agosto 2008; Accepted 20 January, 2008; Published: 25 May, 2009

Copyright: © Helí Coronel Arellano, Carlos A. López González, y Claudia N. Moreno Arzate. This is an open access paper. We use the Creative Commons Attribution 3.0 license <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/> - The license permits any user to download, print out, extract, archive, and distribute the article, so long as appropriate credit is given to the authors and source of the work. The license ensures that the published article will be as widely available as possible and that the article can be included in any scientific archive. Open Access authors retain the copyrights of their papers. Open access is a property of individual works, not necessarily journals or publishers.

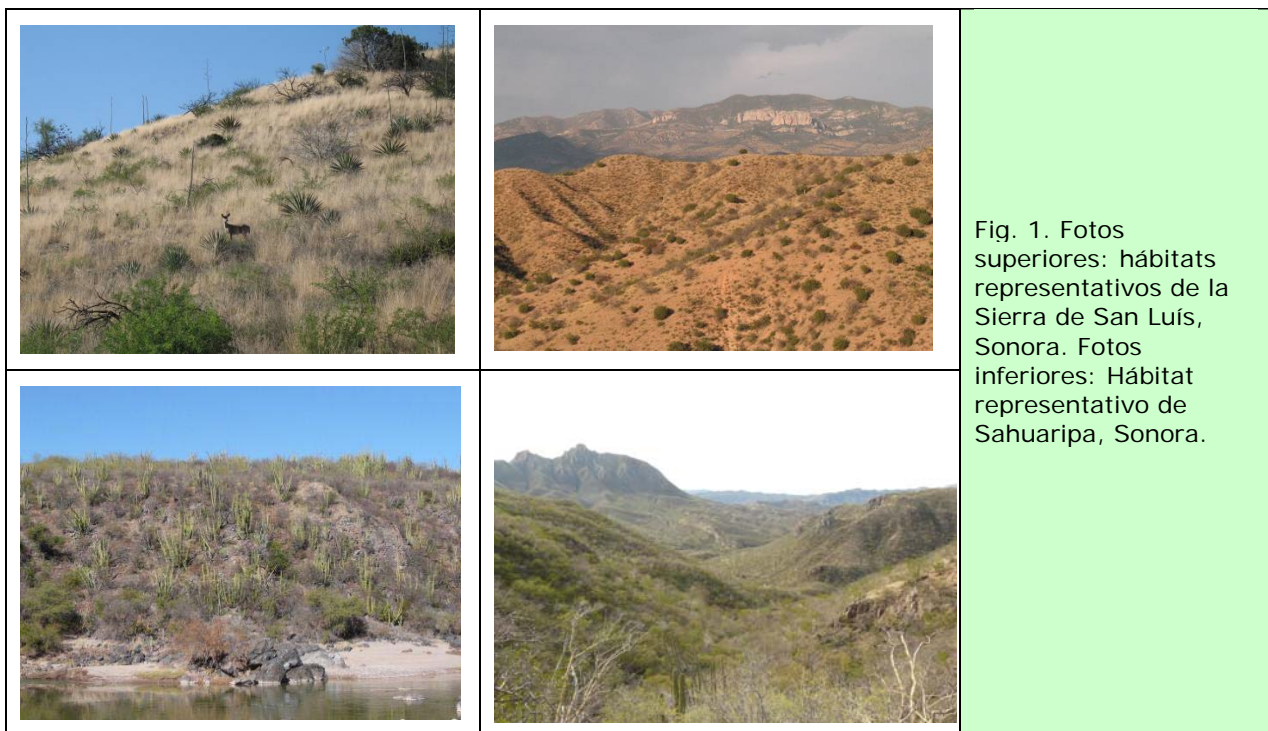
Cite this paper as: Coronel Arellano, H., López González, C. A. & Moreno Arzate, C. N. 2009. ¿Pueden las variables de paisaje predecir la abundancia de venado cola blanca? El caso del noroeste de México. *Tropical Conservation Science* Vol.2(2):229-236. Available online: www.tropicalconservationscience.org

Introducción

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) comprende un área de amplia distribución que abarca desde el sur de Canadá hasta el sur de Perú y posiblemente hasta Bolivia. En México se encuentra prácticamente en todo el país, con excepción de la península de Baja California [1]. Esta especie se encuentra en una gran variedad de hábitats, incluyendo ambientes templados, subtropicales y semiáridos, por lo que se dice que esta especie es extremadamente plástica [1,2]. Este ungulado tiene un gran valor cinegético y probablemente es el animal más importante en la cacería de subsistencia en México [2, 3]. Esta situación ha favorecido la creación de un gran número de planes de manejo, los cuales se han puesto en práctica principalmente en el norte del territorio nacional [4-6]. El venado cola blanca ha sido una de las especies con mayor manejo dentro del país, y por consiguiente los manejadores de fauna silvestre utilizan diferentes métodos estandarizados para evaluar su densidad poblacional, la posibilidad de realizar cosecha y uso sostenible [4-6].

El venado cola blanca es una especie que modifica la estructura del paisaje, ya que para satisfacer su requerimientos nutricionales selecciona comunidades o tipos vegetación específicos para mantenerse y reproducirse en un determinado lugar geográfico [7,8]. Este ungulado prefiere sitios con mayor riqueza específica y biomasa vegetal, por lo cual sus áreas de actividad se concentran en lugares con una alta disponibilidad de recursos [8]. Crete [9] encontró una relación significativa entre la biomasa de venados y la productividad primaria del sistema (dicha productividad es medida por evapotranspiración), es decir, la biomasa del venado cola blanca aumenta conforme se incrementa la evapotranspiración de la materia vegetal. Por lo tanto podemos esperar que en sitios con una productividad primaria alta (cuantificada con diferentes indicadores) puedan mantener una mayor densidad de venados dentro de este mosaico paisajístico.

A pesar de que existen diferentes métodos para la evaluación poblacional de la especie, no se cuenta con una herramienta que evalúe la densidad de venados a nivel paisajístico, de hecho la mayoría de estudios con este ungulado han sido en escalas geográficas pequeñas, menores a 5,000 ha [10]. En este trabajo se propone el uso de un índice de vegetación normalizado como un modelo *a priori* y a nivel de paisaje, para predecir la abundancia de venado cola blanca a partir de valores de productividad en un lugar geográfico determinado.



Métodos

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en dos sitios con características medioambientales contrastantes, el primero es un sitio templado y el segundo un sitio subtropical. El primer sitio se ubica en la Sierra de San Luís, en el municipio de Agua Prieta, Estado de Sonora, la localidad muestreada se conoce como rancho "Los Ojos", el cual tiene una extensión aproximada de 65 km² [11]. Este rancho se encuentra dentro del sistema montañoso denominado islas del cielo, que se caracteriza por estar rodeado de pastizales, desiertos y valles [12]. La hidrografía del lugar se identifica por la presencia del río Cajón Bonito, así mismo este rancho cuenta con varios cuerpos de agua artificiales y encharcamientos. El rancho "Los Ojos" se ubica entre las coordenadas: 20° 50' y 21° 45' Norte y 98° 50' y 100° 10' Oeste y entre los 1,500 a los 1,800 msnm. El clima es seco templado con lluvias en verano, la temperatura media en verano es de 18° C, y en invierno de 7°C; la precipitación media anual va de los 350.6 y 334.6 mm, el mes de julio recibe la mayor precipitación (86.3 a 106.3mm) y la menor precipitación ocurre en el mes de mayo (2.7 a 3.2mm) [13,14]. La vegetación se encuentra constituida principalmente por pastizal y matorral rosetófilo (Fig. 1); las especies más representativas son la palmilla (*Nolina microcarpa*), nopal de Engelmann's (*Opuntia pheacantha*), maguey (*Agave palmeri*) y el sotol (*Dasylirion wheeleri*). También, se encuentran áreas con bosque de galería dominado por álamos (*Populus* sp.), en algunas partes se pueden encontrar asociaciones de junipero-encino (*Juniperus monosperma*, *Quercus rugosa*, *Q. emoryi* y *Q. arizonica*) y/o huizache-encino (*Acacia constricta*, *Quercus* sp.) [15]. El segundo sitio de estudio se encuentra ubicado en la Sierra de Los Pavos en el municipio de Sahuaripa, Estado de Sonora. Este sitio se ubica en la zona central de Sonora al pie de la Sierra Madre Occidental, con una extensión aproximada de 363 km². La elevación de este sitio va de los 400 a los 1400 msnm con una topografía compleja y accidentada, incluyendo montañas, valles intermontanos y cañones profundos. El sitio es irrigado por dos ríos perennes: en el lado este por el Río Aros y en el lado oeste el Río Yaqui, estos dos ríos forman parte de la cuenca más grande del Noroeste de México [16]. Esta zona de estudio se ubica en las coordenadas: 29° 22' y 29° 19' norte y 109° 16' y 109° 01' oeste. El clima es seco con una temperatura promedio anual de 20° C y una precipitación anual de 500 mm, cerca del 70% de la precipitación ocurre entre los meses de julio y septiembre. Este sitio cuenta con dos principales tipos de vegetación, el primer tipo es el matorral sinaloense caracterizado en la época de secas (abril-mayo) por un gradiente entre matorral espinoso tropical; el dosel se encuentra caracterizado con una altura de 2-8 m con plantas espinosas, micrófilas y especies suculentas (e.g. *Acacia* spp.) este tipo de vegetación se encuentra a una altitud que va de los 400 a 900 msnm (Fig. 1). El segundo tipo de vegetación del sitio de estudio es el bosque de encino, el cual se caracteriza por presencia de encinos (*Quercus* spp.) que varían entre 6 y 15 m de altura; este tipo de vegetación se encuentra localizado en pequeñas colinas, cañones, pendientes y elevaciones mayores, este bosque se encuentra de los 800 a los 900 msnm [17].

Densidad

La densidad de venado cola blanca en ambas localidades se calculó por medio de transectos lineales para el recuento de grupos fecales [18], en el área de la Sierra de San Luís se realizaron diez transectos de 400 m de longitud, para el caso de Sahuaripa se realizaron 26 transectos de longitud variable (240 y 280 m). La longitud y el número de transectos se dieron en función de la topografía del sitio y limitando la época de muestreo a un periodo corto, para mantener el supuesto de una población cerrada. En cada transecto, se revisaron parcelas circulares separadas entre sí por 10 m con un área aproximada de 10 m² [19] (Fig. 2).

Cada parcela se revisó y colectaron todos los grupos fecales (entendiéndose por un grupo fecal como una agregación de 5 o más excretas), los cuáles se colocaron en bolsas de papel de estraza y fueron etiquetados con el número de transecto, sitio (nombre de la localidad), cuadrante y fecha. La densidad poblacional se estimó mediante la fórmula modificada de Gallina y colaboradores [20]:

(Número de parcelas en 1 km²) (Promedio de grupos fecales por parcela)

(Días de depósito de grupos fecales) (Tasa de defecación)

Así mismo se consideró un número promedio de 90 días de depósito y una tasa de defecación de 17 grupos por día [21].

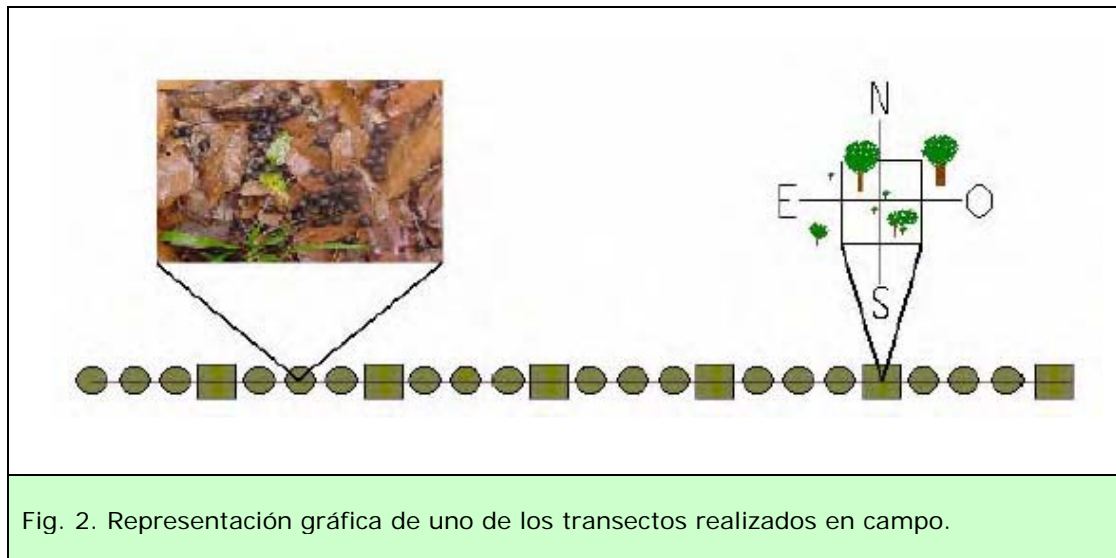


Fig. 2. Representación gráfica de uno de los transectos realizados en campo.

Índice de vegetación normalizado (NDVI)

También llamado índice de verdor, es un índice que se deriva del análisis de reflectancia en las porciones del espectro electromagnético rojo e infrarrojo, el cuál, describe la relación que existe entre la biomasa verde de un área y su firma espectral: $IR - R / IR + R$. Este índice se generó por medio del programa ArcView versión 3.2., con ayuda de la extensión Image Analysis [22].

Análisis de datos

El análisis de la información se realizó utilizando regresión lineal simple para evaluar si existía una relación entre el índice de vegetación normalizado y las densidades de venados calculadas, utilizando como variable independiente el NDVI y la dependiente la densidad de venado cola blanca calculada. La primera regresión se hizo utilizando los datos de la Sierra de San Luís, la segunda regresión con los datos de la localidad de Sahuaripa y posteriormente se combinaron los datos de ambos sitios. Para comparar la densidad de venados de las dos localidades se realizó una prueba de "t". Las regresiones y la prueba de t fueron calculadas por medio del programa StatView [23].

Resultados

En la Sierra de San Luís se obtuvieron un total 37 grupos fecales en el 60% de los transectos, para el caso de Sahuaripa se obtuvo un total de 79 grupos fecales en el 64% de los transectos. La densidad obtenida para la Sierra de San Luís fue de 6.0 ± 6.3 ind/km², para la localidad de Sahuaripa la densidad calculada fue de 9.3 ± 9.6 ind/km². La densidad de venado cola blanca fue similar ($t = 0.975$, $gl = 34$, $P = 0.34$) en las dos localidades muestreadas.

Se encontró una relación entre el índice de vegetación normalizado y la densidad de venados calculada ($P = 0.014$, $r^2 = 0.507$, $gl = 9$) en el sitio de la Sierra de San Luís (Fig. 3). Para el caso de Sahuaripa ($P = 0.1969$, $r^2 = 0.068$, $gl = 25$) no se encontró una relación, sin embargo, este modelo presenta una tendencia positiva, es decir, conforme mayor es el índice de vegetación normalizado al parecer la densidad de venado cola blanca aumenta (Fig. 4).

Finalmente, con los datos de ambas localidades no se encontró una relación significativa ($P = 0.5132$; $r^2 = 0.013$, $gl = 34$; Fig. 5).

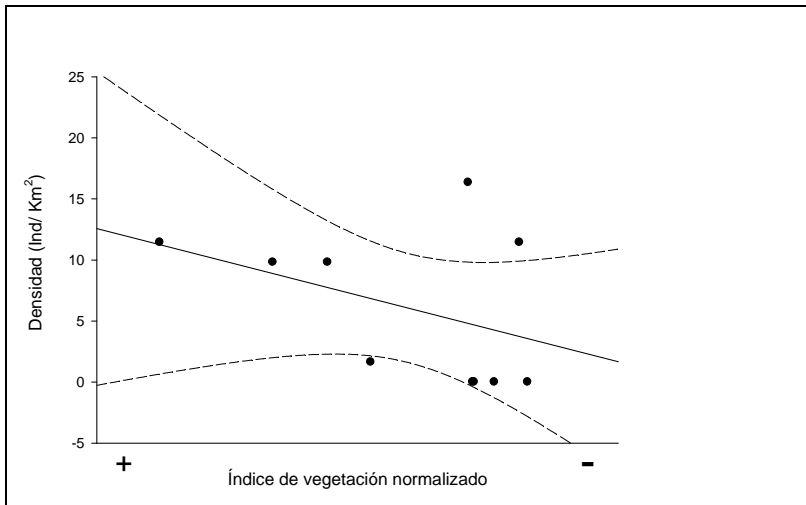


Fig. 3. Regresión lineal simple con los datos de densidad e índice de vegetación normalizado obtenido para la Sierra de San Luís

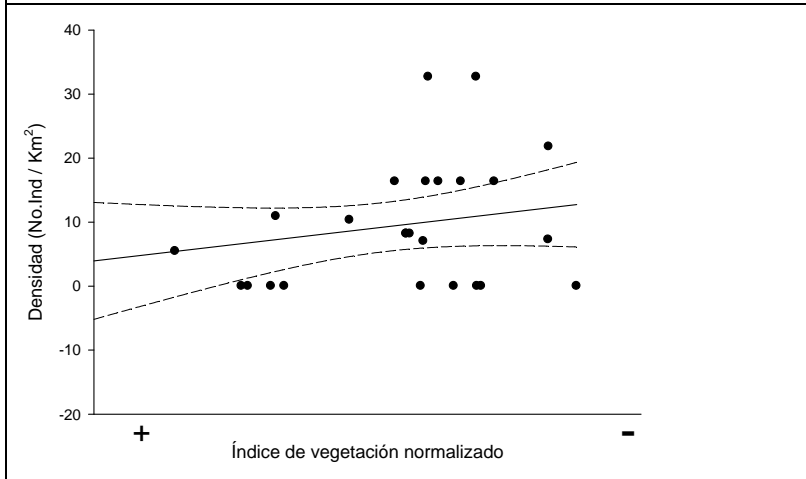


Fig. 4. Regresión lineal simple con los datos de densidad obtenidos para la localidad Sahuaripa.

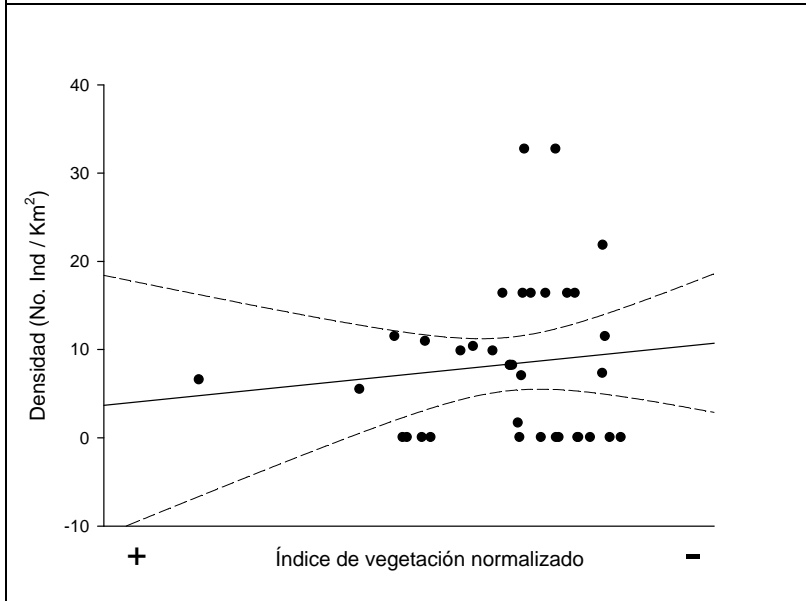


Fig. 5. Regresión lineal simple combinando los datos de las dos localidades muestreadas.

Discusión

En el sitio templado (Sierra de San Luís) se encontró la relación esperada entre las variables analizadas, es decir, conforme aumenta la productividad del sitio aumenta la densidad del venado cola blanca. Este sitio es un ambiente en el cuál ya no existe la presencia de ganado y la cacería (furtiva y cinegética), por lo que este sitio representa un ambiente en rehabilitación. Para el sitio tropical (Sahuaripa) no se encontró la relación esperada, contrastando con el área templada, sitio en el cual, a diferencia del anterior, se presenta una gran cantidad de ganado vacuno y cacería de subsistencia. Al parecer existe una combinación de factores, tanto bióticos como antropogénicos que no favorecen que se cumpla la hipótesis de productividad. El fortalecimiento de la hipótesis de productividad podría verse apoyado con un incremento en el número de transectos, reuniendo así la variabilidad en el uso de hábitats productivos existente dentro de la población de venado cola blanca en los sitios tropicales.

Asimismo, observamos que el modelo propuesto se ajusta mejor al ambiente templado que al tropical. Cabe mencionar que la mayoría de los datos de abundancia se encuentran en lugares con una productividad primaria de calidad intermedia, lo cuál puede ser explicado por una variedad de procesos alternativos. La teoría de forrajeo óptimo, nos dice que el venado cola blanca deben tener un balance entre el tiempo que pasa alimentándose y el de vigilancia, evitando la depredación [24].

La carencia de venados en lugares con alta productividad primaria, puede estar relacionado a sitios con vegetación cerrada asociados a un riesgo de depredación alto [25]. Adicionalmente, la presencia de grandes carnívoros afecta el establecimiento y reclutamiento de especies leñosas a través del riesgo de depredación, influyendo consecuentemente en los patrones de movimiento y herbivoría de las especies de ungulados [26].

La presencia de grandes depredadores entre sitios es diferente, en el sitio templado, actualmente se cuenta con la presencia de puma (*Puma concolor*), aunque históricamente existía lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) y oso plateado (*Ursus arctos*) [27]. En el sitio tropical existen jaguares (*Panthera onca*) y pumas [17, 28], dos de los principales depredadores del venado cola blanca. Se ha demostrado que los grandes depredadores regulan las poblaciones de herbívoros que se encuentra en un lugar determinado.

Por otro lado, la ausencia de venados en sitios de baja productividad primaria, representan lugares con poca o nula vegetación y potencialmente una reducida calidad de hábitat para el venado [29]. Sin embargo, es en estas áreas donde se ha observado la cacería de ejemplares de venado por los habitantes de la región.

Implicaciones para la conservación

El uso del índice de vegetación normalizado en sitios templados como variable predictiva de zonas con alta densidad de venado cola blanca, puede ser una herramienta útil (i.e. sitios donde el ambiente se encuentra en recuperación ó son lugares conservados), para los manejadores de fauna silvestre; ya que se puede seleccionar áreas con mayor productividad para llevar a cabo programas de reintroducción, cosecha y uso sostenible del venado cola blanca del Noroeste de México.

Por otro lado, al tener identificados sitios de alta densidad de venado cola blanca es posible llevar a cabo la reintroducción de grandes carnívoros que se encuentran bajo algún estatus de conservación (e.g. jaguar y lobo mexicano) ya que el venado cola blanca representa una presa potencial para diferentes especies.

Agradecimientos

Esta publicación tuvo apoyo económico del proyecto SEMARNAT-CONACyT-2002-0388, así como diversas fundaciones e individuos tanto de México como de Estados Unidos. M. A Samia Carrillo, Gustavo Lorenzana, Eduardo Ponce, Rodrigo Sierra, Norma Hernández, Verónica Rodríguez, Martha Sánchez, Rosa E. Jimenez Maldonado, Adriana Rodríguez, Rubí González y Efrén Moreno, quienes desinteresadamente ayudaron durante el trabajo de campo.

Agradecemos los comentarios de dos revisores anónimos de versiones anteriores a este trabajo.

Referencias

- [1] Smith, W. P. 1991. *Odocoileus virginianus*. *Mammalian Species* 338: 1-3.
- [2] Gallina-Tessaro, S. 2006. Los venados de México: 30 años de estudio. X Simposio sobre venados en México "Ing. Jorge Villarreal González". Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ANGADI.
- [3] Leopold, A. S. 1959. *Fauna silvestre de México*. Pax-México-Instituto Mexicano de recursos Naturales renovables.
- [4] Villarreal, E. B. 2002. El Grand-Slam de venado cola blanca mexicano, una alternativa sostenible. *Archivos de zootecnia* 51: 187-193.
- [5] Villarreal, G. J. 2006. Recuperación, manejo y aprovechamiento sustentable del venado cola blanca texano (*Odocoileus virginianus texanus*) en la cuenca "Palo Blanco", Nuevo León. X Simposio sobre venados en México "Ing. Jorge Villarreal González". Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ANGADI.
- [6] Villarreal, P. R. y Villarreal, J. G. G. 2006. Manejo para la producción de trofeos de venado cola blanca texano (*Odocoileus vrginianus texanus*) en el rancho "las viboras", Anahuac, Nuevo León. X Simposio sobre venados en México "Ing. Jorge Villarreal González". Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ANGADI.
- [7] Agustine, D. J. y Frelich, L. E. 1998. Effects of White-Tailed Deer on Populations of an Understory Forb in Fragmented Deciduous Forest. *Conservation Biology* 12: 995-1004.
- [8] Mandujano, S., Gallina, S., Arceo, G. y Pérez-Jiménez, L. A. 2004. Variación estacional del uso y preferencia de los tipos de vegetación por el venado cola blanca en un bosque tropical de Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana* 20: 45-67.
- [9] Crete, M. 1999. The distribution of deer biomass in North America supports the hypothesis of exploitation ecosystems. *Ecology Letters* 2: 223-227.
- [10] Mandujano, S. 2004. Análisis bibliográfico de los estudios de venado en México. *Acta Zoológica* 20: 211-251.
- [11] Luna Soria, H. y López González, C. A. 2005. Abundance and food habits of cougars and bobcats in the Sierra San Luis, Sonora. In: *Connecting mountain islands and desert seas: biodiversity and management of the Madrean Archipelago II*. Gottfried, G. J., Gebow, B. S., Eskew, L. G., y Edminster, C. (Eds.), pp. 416-420. Tucson, Arizona. Proceedings RMRS-P-36. E.E.U.U.
- [12] The Wildlands Project. 2000. Sky Islands Wildlands Network, Conservation Plan, An Extraordinary Plan for a Place Beyond Compare. USA.
- [13] INEGI. 1999. *Síntesis de información del Gobierno del estado de Sonora*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- [14] INEGI. 1973. *Cartas topográficas Estado de Sonora, Escala 1:250,000*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- [15] Rodríguez-Martínez, A., Moreno-Arzate, C. N., González-Sierra R. y López González, C. A. *En prensa*. Uso de hábitat, hábitos alimenticios y estructura poblacional del oso negro (*Ursus americanus*) en la Sierra Madre Occidental. In: *Avances en el Estudio de los Mamíferos de México II*. Lorenzo, C. y Espinoza, E. (Eds.) Asociación Mexicana de Mastozoología A. C.
- [16] López González, C. A. 2007. Ecología del jaguar y su relación con la depredación de ganado tanto en el Estado de Sonora como en el Estado de Querétaro. Reporte presentado al CONACyT-SEMARNAT-2002-C01-0388

- [17] Lorenzana, P. P. G., Castillo, G. R. A. y López González, C. A. 2004. Distribution, habitat association, and activity patterns of medium and large mammals of Sonora, México. *Natural Areas Journal* 24: 354-357.
- [18] Gallina, S. 1994. Dinámica poblacional y manejo de la población de venado cola blanca en la reserva de la biosfera La Michilía, Durango, México. In: *Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica*. Vaughan, C y Rodríguez, M. (Eds.), pp. 207-234. Programa Regional de Manejo de Vida Silvestre- Universidad Nacional de Heredia.
- [19] Jiménez, M R. E., Aceves, L. D. R., Ortega, U. A. M. y López González, C. A. 2006. Comparación de densidad y estructura de hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Sierra de San Luís, Sonora y en la Sierra Gorda de Querétaro. X Simposio sobre venados en México "Ing. Jorge Villarreal González". Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ANGADI.
- [20] Gallina, S., P. Galina-Tessaro, y Álvarez-Cárdenas, S. 1991. Estudio de la población de venado bura en el bosque de pino-encino de la Sierra de La Laguna en Baja California Sur, México. *Ethology, Ecology and Evolution* 3: 27-33.
- [21] Sánchez-Rojas G. y Gallina S. 2000. Mule deer (*Odocoileus hemionus*) density in a landscape element of the Chihuahuan Desert, Mexico. *Journal of Arid Environments* 44: 357-368.
- [22] Pinedo, A. C. y Pinedo, A. A. 2006. SIG: Sistemas de Información Geográfica para el monitoreo y evaluación de los recursos forestales. Facultad de Zootecnia, UACH.
- [23] SAS Institute Inc. 1998. StatView for Windows Version 5.0.1. Statistical Analysis Software. North Carolina, E.E.U.U.
- [24] Berger, J. 2007. Fear, human shields and the redistribution of prey and predators in protected areas. *Biology Letters* 3: 620-623.
- [25] Ripple, W. J. y Beschta, R. L. 2008. Trophic cascades involving cougar, mule deer, and black oaks in Yosemite National Park. *Biological Conservation* 141: 1249-1256.
- [26] Ripple, W.J. y Beschta, R. L. 2004. Wolves and the ecology of fear: can predation risk structure ecosystems? *BioScience* 54: 755-66.
- [27] Brown, D. E. 1983. The wolf in the southwest. The University of Arizona Press.
- [28] Brown, D. E. y López González, C. A. 2001. *Borderland jaguars: Tigres de la Frontera*. University of Utah Press.
- [29] Nowak, R. M. 1999. Mammals of the world Sixth Edition Volume II. The John Hopkins University Press.