



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
ECOLOGÍA

**PATRONES DE ACTIVIDAD DIURNA DE BISONTES REINTRODUCIDOS Y EL
EFECTO DE SUS REVOLCADEROS EN UN PASTIZAL DE LA RESERVA
ECOLÓGICA EL UNO, JANOS, CHIHUAHUA**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:
ANA LAURA NOLASCO VÉLEZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. RURIK HERMANN LIST SÁNCHEZ
UAM, UNIDAD LERMA
COTUTOR: DR. GERARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, UNAM
COMITÉ TUTOR: DRA. CHRISTINA DESIREE SIEBE GABRACH
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM

MÉXICO, D.F. ABRIL, 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted, que el Subcomité de Biología Evolutiva y Sistemática, en su sesión ordinaria del día 09 de diciembre de 2013, aprobó el jurado para la presentación de examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del Posgrado en Ciencias Biológicas, de la alumna **NOLASCO VELEZ ANA LAURA** con número de cuenta: 301748267, con la tesis titulada **"PATRONE DE ACTIVIDAD DIURNA EN BISONTES REINTRODUCIDOS Y EFECTO DE SUS REVOLCADEROS EN UN PASTIZAL DE LA RESERVA ECOLÓGICA EL UNO, JANOS, CHUIHUAHUA"**, bajo la dirección del **DR. RURIK HERMANN LIST SÁNCHEZ**:

Presidente: DRA. CHRISTINA DESIREE SIEBE GRABACH
Vocal: DR. CARLOS RAFAEL CORDERO MACEDO
Secretario: DRA. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIGUA
Suplente: DRA. KARLA PELZ-SERRANO
Suplente: DR. GERARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 14 de marzo de 2014

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.

Así mismo quiero agradecer por el apoyo proporcionado mediante la beca CONACYT para poder realizar mis estudios de posgrado.

A la fundación Rufford por el apoyo otorgado para la realización del trabajo de campo y la compra del equipo necesario para el proyecto.

A la Dra. Ana Davidson, el Dr. Adolfo Navarro y el Dr. Cuauhtémoc Chávez, por su apoyo para la obtención de esta beca.-

A la fundación Idea Wild por el apoyo recibido a través del equipo proporcionado para llevar a cabo el trabajo de campo.

A los miembros de mi comité tutor: Dr. Rurik ist, Dr. Gerardo Ceballos y a la Dra. Christina Siebe por el apoyo, el tiempo, la atención y el conocimiento brindados para poder realizar este proyecto bajo su dirección y orientación.

A TNC y Antonio Esquer por permitirme realizar mis estudios dentro de la Reserva Ecológica El Uno.

A mis padres, Blanca Vélez y José Nolasco, por su confianza, apoyo incondicional y enseñanzas de vida que me han guiado a través de todo el proceso y que continuarán siempre más allá.

Mamá, gracias por tu fortaleza y amor incondicional, gracias por apoyarme siempre...

Papá, gracias por tus consejos de vida, por los empujones que siempre me das para seguir caminando...

A mi hermano Daniel, por ser mi compañero de vida, por estar siempre a mi lado a través de la distancia, por demostrarme que los lazos de esta amistad son indestructibles...

A mi familia, porque no importa las circunstancias, siempre estaremos juntos y porque el apoyo de la familia no se sustituye con nada.

A todos los que de alguna manera participaron en la elaboración de este proyecto: Daniel Aceves, Gerardo Jiménez, Rodrigo Sierra, Eduardo Ponce, Heliot Zarza, José González, Cuauhtémoc Chávez, Adán Miranda, Familia García Campos, Jorge Díaz y familia.

A la Dra. Lucy Mora, la M.en C. Kumiko Shimada, el M. en C. Enrique Solís y el Dr. Lorenzo Vázquez por la aportación de sus conocimientos para la elaboración de este proyecto así como por permitirme desarrollar mi trabajo en sus respectivos laboratorios.

A la Dra. Livia León, la Dra. Karla Pelz y el Dr. Carlos Cordero por su tiempo invertido en la revisión de la tesis y sus observaciones para enriquecer el trabajo.

A mis compañeros del Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre, del Instituto de Ecología, UNAM.

A mis compañeros del Laboratorio de Edafología Ambiental del Instituto de Geología, UNAM.

A mis amigos Nancy, Cindy, Lemon y José Antonio, por estar siempre conmigo y ser amigos para toda la vida.

A Carlita, por siempre escucharme, por siempre acompañarme, por siempre estar...Te Quiero Mucho.

A Mayris, por ser mi hermanita y siempre tener una sonrisa.

A Lorenzo, por enseñarme que la distancia puede ser tan corta como uno quiera y que las palabras son más poderosas de lo que se puede imaginar. Por descubrir ante mis ojos las maravillas de las montañas.

A Alex, por tu cariño, tu confianza, tu apoyo, tu alegría, tu motivación, todos los buenos momentos que seguiremos compartiendo y los planes que surgirán en el futuro.

A mis amigos Luis, Mariana, David, Guillermo Lacy, Yoli, Rubén, Angy, Laura, Ángel, Beto, Vero, Aseneth, Erick García, Cirene, Andrés, Celia y Othón por su amistad y apoyo a lo largo de este camino.

A mis compañeros y amigos de ERM por su apoyo en este último tramo del proceso.

A Héctor, por tomarme de la mano para empezar a caminar sin importar a donde nos llevaría el camino, por tropezar conmigo y volvernos a levantar, por enseñarme a ver más allá de mis pasos, por crear una historia conmigo que permanecerá siempre en nuestras páginas.

**A Matilde González,
por hacerme extrañarte tanto...**

Índice

Resumen.....	3
Introducción General	6
Bison bison	7
Antecedentes	8
Área de estudio	9
Población de estudio	11
Capítulo 1 Uso de hábitat y patrones conductuales diurnos de una manada de bisontes reintroducidos en Janos, Chihuahua	13
Introducción	14
Antecedentes	14
Objetivo general.....	19
Objetivos particulares	19
Métodos	20
Patrones de actividad diurna	20
Uso de hábitat.....	22
Resultados	24
Patrones de actividad diurna	24
Uso de hábitat.....	34
Discusión y Conclusiones	40
Patrones de actividad diurna	40
Uso de hábitat.....	45
Anexo 1.- Etograma del bison norteamericano.	50
Capítulo 2 Efecto de los revolcaderos originados por los bisontes en los parámetros del suelo y de la vegetación.	55
Introducción	56
Antecedentes	57
Objetivo general.....	58
Objetivos particulares	58
Hipótesis.....	58
Método.....	59

Descripción de los perfiles	59
Ubicación y uso de los revolcaderos	59
Efecto de los revolcaderos en la diversidad y abundancia de la vegetación	60
Nitrógeno: Nitratos (NO_3) y Amonio (NH_4)	62
Fósforo	63
Cationes Intercambiables.....	63
Análisis estadísticos.....	64
Resultados	65
Descripción de los perfiles	65
Ubicación y uso de los revolcaderos	67
Efecto de los revolcaderos en la diversidad y abundancia de la vegetación	70
Discusión y Conclusiones	77
Descripción de los perfiles	77
Ubicación y uso de los revolcaderos	79
Efecto de los revolcaderos en la diversidad y abundancia de la vegetación	81
Anexo 1.- Valores de CEpF1.8 y pH por asociación vegetal	87
Anexo 2.- Catena representativa de los suelos del sitio de estudio	88
Conclusiones generales.....	102
Literatura citada	104

Resumen

Las grandes planicies con pastizales nativos de Norteamérica llegaron a abarcar grandes extensiones en donde el bisonte norteamericano constituyó la especie representativa. Una especie de gran tamaño y amplia distribución que ayudó a mantener las características ecológicas de este tipo de ecosistema, a través de sus actividades y grandes migraciones.

Recientemente se han implementado esfuerzos de conservación orientados a la preservación de la especie y a los pastizales nativos de Norteamérica. Como resultado de estos esfuerzos, en México, se llevó a cabo la primera reintroducción de bisontes con objetivos de conservación, en la Reserva Ecológica El Uno, Janos, Chihuahua, administrada por The Nature Conservancy.

Como una medida para determinar la manera en que ésta especie se adapta a un hábitat del que ha sido extirpado desde hace varios años y el efecto que su presencia genera en el ecosistema, en este trabajo se determinaron los patrones conductuales diurnos, el uso de hábitat dentro de la reserva y el efecto que los bisontes generan en los parámetros del suelo y la vegetación, a través de la actividad de revolcarse, conducta particular de este ungulado en Norteamérica.

Para ello se monitoreó una manada en semicautiverio durante las cuatro estaciones del año. Se obtuvo el registro de las conductas mediante el método focal y el método de escaneo total de la manada. Se determinó el uso de hábitat mediante la percepción remota, y se determinó si existen diferencias en las propiedades del suelo y la vegetación, dentro y fuera de 18 revolcaderos, en los tres tipos de asociación vegetal más utilizados para la actividad de revolcarse.

Se estableció que los bisontes presentan un ciclo polifásico y que dedican más del 95% del tiempo a las actividades de forrajeo y descanso. Durante la primavera dedicaron más tiempo a forrajear (60%) y durante el invierno a descansar (52%). Las variables ambientales que influyeron en los periodos de actividad y descanso fueron la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa.

Por otro lado, los pastizales de toboso, zacate guía y navajita fueron utilizados en mayor proporción a su disponibilidad tanto para la actividad de descanso como para forrajear, mientras que para la conducta de revolcarse, específicamente, fueron el toboso, zacate guía y pastos anuales. No se determinó un impacto significativo asociado a la conducta de revolcarse, debido a que la manada tiene poco tiempo en la reserva y se encuentra representada por un número muy pequeño de individuos, por lo que los procesos geomorfológicos constituyen un impacto mayor.

Abstract

The native grasslands of the Great Plains of North America came to cover large areas where the American bison was the representative species. A large species with wide distribution that helped to maintain the ecological characteristics of this grassland ecosystem through its activities and great migrations .

Recently implemented conservation efforts have been oriented to preserving the species and native grasslands of North America. As a result of these efforts, in Mexico was held the first reintroduction of this species, regarding objectives of preservation, at El Uno Ecological Reserve, Janos, Chihuahua.

As a measure to determine how this species is adapting to the new habitat where it was removed for several years and the effect that their presence in the ecosystem generated, in this work we determined diurnal behavioral patterns, habitat use within the reserve and the effect that the bison wallows have in soil and vegetation parameters.

A semi-captivity herd was monitored during the four seasons of the year. Behavior was recorded by focal and scan methods. Habitat use was determined by remote sensing, and differences in soil and vegetation properties in and out of 18 wallows in three types of plant communities were analyzed.

It was established that the bison exhibit a polyphasic cycle and spend more than 95% of its time in foraging and resting activities. During the spring they spent more time foraging (60%) and during the winter more to resting (52%). Environmental variables like temperature, wind speed and humidity influence the activity and resting periods.

Furthermore, Toboso Grass, Vine-Mesquite grass and Blue Grama were used in greater proportion to their availability for foraging activity, while for wallowing activity, were the Toboso Grass, Vine-Mesquite grass and annual grasses. There was no significant impact associated with the wallowing behavior, so the geomorphological processes constitute a greater impact because of the herd size.

Introducción General

Las grandes planicies con pastizales nativos de Norteamérica llegaron a abarcar aproximadamente 70 millones de ha, sin embargo, en la actualidad únicamente persiste el 4% (ca. 3 millones de ha) de este tipo de vegetación (McMillan *et al.*, 2011). Estos pastizales fueron creados y mantenidos históricamente por regímenes de disturbio como el fuego y las actividades de los grandes herbívoros, particularmente el bisonte norteamericano (*Bison bison*), que influyeron de manera espacial y temporal en la dinámica de las comunidades, incrementando la heterogeneidad ambiental y la diversidad en la vegetación (Collins *et al.*, 1998; Fahnestock & Detling, 2002; Trager *et al.*, 2004).

En la actualidad, la distribución de los pastizales nativos se ha visto notablemente reducida y fragmentada, lo que ha conllevado a la extinción de varias especies (Manzano-Fischer *et al.*, 1999) y por lo tanto, a la pérdida de los servicios ecosistémicos que éstas proveen (Ceballos *et al.*, 2010). Las plantas arbustivas y arbóreas han incrementado su densidad como resultado de los cambios en las condiciones ambientales, transformando a los pastizales en matorrales áridos dominados por arbustos como efedra (*Ephedra trifurca*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*; Ceballos *et al.*, 2010). Dichos cambios han sido producidos, entre otros factores, por la introducción del ganado doméstico, cuyo pastoreo extensivo redujo la biomasa del pasto nativo, principalmente los pastos perennes. Lo anterior disminuyó el combustible disponible y por lo tanto alteró la frecuencia o eliminó los regímenes de fuego naturales desde hace 150 años. Los fuegos que se producían en los pastizales permitían una mayor abundancia de pastos y una baja densidad de especies leñosas (Van Auken, 2000). Los incendios de la primavera permitían el crecimiento de pastos dominantes C₄ y los herbívoros, como los bisontes, preferentemente consumían estos pastos.

Junto con la eliminación de los incendios, la erradicación de estos herbívoros nativos, la fragmentación del hábitat y la elevada deposición de nitrógeno atmosférico, se ha alterado la estructura y la función del ecosistema de pastizal en toda su área de distribución (Collins *et al.*, 1998).

Bison bison

Los mamíferos grandes juegan un papel importante en el funcionamiento del ecosistema, de manera que asegurar su persistencia a largo plazo y restaurar su papel ecológico, constituye una prioridad de conservación (Kuemmerle *et al.*, 2010)

El bisonte norteamericano ha sido considerado como una especie clave de los pastizales, ya que interviene en la redistribución de nutrientes y contribuye al establecimiento de poblaciones de especies en riesgo, como los perritos de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) o anfibios, a través de las actividades de pastoreo, migración y formación de revolcaderos (Owen-Smith, 1987; Power *et al.*, 1996; Coppedge *et al.*, 1998; Frank *et al.*, 1998; Knapp *et al.*, 1999; Fahnestock & Detling, 2002; Davidson *et al.*, 2010). El bisonte es el herbívoro nativo de mayor tamaño y con un amplio rango de distribución en Norteamérica, distribuyéndose desde Alaska y el Oeste de Canadá a través de los Estados Unidos, hasta los pastizales semi-desérticos del norte de México (List *et al.*, 2007; Gates *et al.*, 2010).

Antes de la invasión europea las poblaciones de bisonte se estimaban en decenas de millones, pero la cacería desde la segunda mitad del siglo XVIII prácticamente eliminó a la especie, erradicación que se enmascaró temporalmente debido a la naturaleza nómada del bisonte, ya que la ausencia de la especie por largas temporadas de tiempo durante las migraciones no denotó la disminución drástica de las poblaciones (Meagher, 1986; Flores, 1991; Knapp *et al.*, 1999; Fahnestock & Detling, 2002; Boyd, 2003; Brodie, 2008). Desde que los bisontes casi se extinguieron, los paisajes que contenían a las extensas manadas se han fragmentado y convertido a tierras de cultivo o a potreros, en donde el ganado doméstico ha reemplazado a los ungulados nativos, sustituyendo el papel funcional de éstos al ser ecológicamente similares (Knapp *et al.*, 1999; Towne *et al.*, 2005; Derner *et al.*, 2009; Davidson *et al.*, 2010).

Antecedentes

Aunque es difícil identificar la primera reintroducción, se piensa que se realizó con una manada de 15 bisontes dentro de una reserva recién establecida de Oklahoma, en el año de 1907. Dicha reintroducción no fue planeada ni monitoreada posteriormente para darle seguimiento y diagnosticar la salud de los individuos (Seddon et al., 2007). Hoy en día, ya se han llevado a cabo varias reintroducciones de la especie dentro de parques naturales de Estados Unidos y Canadá, considerando a las dos subespecies de bison que existen en Norte América (*B. bison bison* y *B. bison athabascae*).

En México existen registros de que el bison se distribuyó en los estados de Sonora, Durango, Nuevo León, Chihuahua y Coahuila. En estos dos últimos estados era comúnmente cazado y se llegaron a reportar los movimientos estacionales de las manadas (Escudero, 1834 y Berlandier, 1850 en List et al., 2007). Aparentemente, el bison fue extirpado de Coahuila durante la segunda mitad del siglo XIX y aunque su persistencia en la región Janos-Casas Grandes, Chihuahua es incierta, se estima que desapareció después de 1820 y se piensa que los bisontes que actualmente persisten cruzando la frontera, corresponden a individuos del rancho House Rock al norte de Arizona que fueron trasladados a Chihuahua y fundaron la manada Janos-Hidalgo en la década de 1920, la única que ha persistido silvestre en México. Para el año de 1957, la manada ya se encontraba bien establecida (List et al., 2007; List & Solis, 2009). Esta región ha sido considerada como un sitio importante para el mantenimiento de la biodiversidad regional, ya que alberga poblaciones de varias especies de vertebrados en peligro de extinción, constituye un refugio para especies de aves migratorias en invierno y es uno de los pastizales mejor conservados del país (Manzano-Fischer et al., 1999). Por esta razón, recientemente se implementó un proyecto de reintroducción de bisontes en México con animales provenientes del Parque Nacional Wind Cave (PNWC) en el estado de Dakota del Sur, Estados Unidos, con el objetivo de comenzar una manada para producir bisontes y reintroducirlos en otras áreas dentro del rango de distribución original en México. La reintroducción se llevó a cabo dentro de la Reserva Ecológica El Uno (REU),

Janos, Chihuahua, la cual es administrada por The Nature Conservancy, y se encuentra a su vez, dentro de la Reserva de la Biosfera Janos.

El proyecto es resultado de la colaboración entre la Universidad Nacional Autónoma de México, The Nature Conservancy, Tutuaca Mountain School y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Debido a que existe muy poca experiencia en México con el bisonte, es necesario desarrollar el conocimiento y capacidad para el manejo de la especie, y entrenar a los propietarios de las áreas donde se vayan a llevar a cabo otras reintroducciones.

Dentro del PNWC se han realizado estudios sobre el uso de hábitat por distintas especies de ungulados, incluyendo al bisonte (Wydeven & Dahlgren, 1985). Se ha estudiado la ecología, hábitos alimentarios, la biología de la reproducción, organización social, los patrones conductuales y la interacción del bisonte con otras especies, como los perritos de las praderas (Mchugh, 1958; Haugen & Shult, 1968; Shult, 1972; Haugen, 1974; Krueger, 1985, 1986; Rothstein & Griswold, 1991). Sin embargo, la mayoría de estos estudios no son recientes y las condiciones respecto a nuestro sitio de estudio son distintas, la precipitación media anual es 46% más alta que en la REU y la temperatura promedio anual es 48 % menor, además de que la vegetación dominante dentro del PNWC corresponde a pastizal mixto mientras que en la REU predomina el pastizal semiárido.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo dentro de la Reserva Ecológica El Uno, localizada en el municipio de Janos, al noroeste del estado de Chihuahua. Los bisontes se encuentran dentro del potrero “El Centro”, ubicado en el extremo Este de la reserva (30°50'58.58"N 108°27'7.33"O; 1412 msnm; Fig. 1), con una extensión aproximada de 1 600 ha (terreno de 4 X 4 km).

El sitio se encuentra ubicado dentro de la zona del cuerpo de un abanico aluvial antiguo, formado por el arrastre direccionado de sedimentos provenientes

de las inmediaciones del norte de la sierra Madre Occidental. Se caracteriza por la presencia de innumerables arroyos sub-superficiales de cause somero, presentes dentro del sitio de estudio, con una dirección sur a norte, y un arroyo de mayor caudal que representa el límite del abanico al oeste del sitio, el cual se hace evidente en (superficie) en periodos de mayor precipitación ocasionando inundaciones temporales.

La topografía del sitio está caracterizada por grandes planicies con pendientes menores al 5%, presenta suaves ondulaciones producto de la presencia de los causes someros arriba mencionados, y lomeríos de roca caliza al Este del terreno. Los suelos predominantes corresponden a suelos xerosol, regosol, vertisol y feozem según la clasificación del INEGI y SEMARNAP, 1998 (CONANP, 2006), en donde el material parental representativo se encuentra constituido principalmente por aluviones provenientes de formaciones de basaltos y riolitas depositados durante el Terciario y el Pleistoceno temprano (Nordt, 2003).

La sequía, junto con el pastoreo extensivo de la región Norte del Desierto Chihuahuense, ha producido el cambio de un pastizal perenne a un pastizal anual (Ceballos *et al.*, 2010; Davidson *et al.*, 2010), y aunque la vegetación en el área de estudio ha sido descrita como pastizal desértico (Nordt, 2003), está compuesta de una mezcla de pastos, hierbas y especies leñosas, con extensas áreas invadidas principalmente por mezquite (*Prosopis glandulosa*; Humphrey, 1987). Existen muchas especies de pastos que caracterizan a este tipo de pastizal, las comunidades vegetales predominantes en el sitio corresponden a pastizales cortos, representados por especies como: navajita (*Bouteloa gracilis*), navajita negra (*B. eriopoda*), banderilla (*B. curtipendula*), navajita velluda (*B. hirsuta*), tres barbas (*Aristida divaricata*), festuca (*Festuca* sp.) y toboso (*Hilaria mutica*). Así mismo se encuentran presentes el ocotillo (*Fouquieria splendens*), nopal (*Opuntia* sp.), cholla (*O. imbricata*); y rodadora (*Salsola kali*) y popotillo o cola de caballo (*Ephedra trifurca*) en áreas perturbadas (Humphrey, 1987; List, 1997; CONANP, 2006). La riqueza de especies es alta y muchas de ellas se encuentran adaptadas a la sequía.

El clima característico de la región ha sido descrito como árido, con veranos calientes (máxima promedio de 50°C) e inviernos fríos (mínima promedio de -12°C) (\bar{x} = 15.7°C). La precipitación media anual es de 306.7 mm, cayendo alrededor del 65% durante la temporada de lluvias (julio-septiembre), en donde la tasa de evaporación excede la tasa de precipitación (List, 1997; Nordt, 2003).



Figura 1. Ubicación del potrero el Centro (rectángulo blanco en el recuadro), Reserva Ecológica El Uno, Janos, Chihuahua.

Población de estudio

En noviembre de 2009 se reintrodujo una manada de bisontes genéticamente puros, es decir, sin genes de ganado bovino, y libre de enfermedades (brucelosis, tuberculosis), proveniente del PNWC, con el fin de conformar una manada satélite para futuras reintroducciones en distintos sitios del país. Durante el estudio, la manada se encontraba constituida por 16 hembras y 3 machos de entre 3 y 4 años de edad, una hembra de dos años, nacida en la primavera de 2010, 9 becerros que nacieron en mayo de 2011 y 7 becerros nacidos en 2012. Los bisontes conforman un solo grupo, pues aún no se han separado los machos de las hembras; tienen acceso a cuerpos de agua artificiales permanentes; no coexisten con ninguna otra especie de ungulado y la depredación y la competencia no son

factores importantes para la población, ya que el único carnívoro grande presente en la región es el coyote (*Canis latrans*). El pastizal se encuentra en buen estado al no ser pastoreado por el ganado doméstico desde hace varios años.

En este trabajo se determinó de qué manera se está adaptando la manada al nuevo sitio y cómo impacta la presencia de esta especie al ecosistema en donde ha estado ausente por varios años. Para ello se determinaron los patrones de actividad diurnos y el uso de hábitat de los bisontes dentro de la Reserva Ecológica El Uno, en un primer capítulo de la tesis; y se evaluó el efecto de los revolcaderos originados por los bisontes en la composición y estructura de la vegetación, en un segundo capítulo, los cuales se presentan a continuación.

Capítulo 1

Uso de hábitat y patrones conductuales diurnos
de una manada de bisontes reintroducidos en
Janos, Chihuahua.

Introducción

Desde la cercana extinción del bisonte norteamericano se han implementado esfuerzos de conservación, principalmente por la American Bison Society, en donde la reintroducción ha sido considerada como una herramienta de conservación que busca restablecer poblaciones viables de la especie nativa dentro de su rango de distribución original, principalmente en parques nacionales y estatales (Seddon et al., 2007; Pyne *et al.*, 2010). Sin embargo, aunque el número de individuos de bisonte de las praderas se ha incrementado considerablemente a lo largo del tiempo, su manejo aún constituye una de las principales preocupaciones para las agencias de manejo de vida silvestre (Pyne *et al.*, 2010), ya que la mayoría se encuentran confinados en ranchos privados con un manejo exclusivamente ganadero (93% de la población continental; 400,000 individuos aprox.; Hedrick, 2009; Gates *et al.* eds., 2010). En 2008 se estimó que sólo el 7% (<30,000 individuos) se encontraba dentro de ranchos con objetivos de conservación dentro del rango de distribución histórico de la especie (Boyd, 2003; Hedrick, 2009; Gates *et al.* eds., 2010), lo cual es de consideración importante ya que al ser producidos como ganado son mantenidos con objetivos únicamente de manejo, eliminando la función ecológica natural de la especie (Seddon et al., 2007; Brodie, 2008), mientras que con base en objetivos de investigación se desean restablecer los procesos y funciones naturales en el ecosistema y la conservación, tanto de la ecología como de la genética de la especie (Boyd, 2003; Seddon et al., 2007; Allred *et al.*, 2011). Con base en la evidencia histórica, se ha establecido que las únicas manadas donde las técnicas moleculares actuales no han arrojado introgresión con genes de ganado, corresponden al Parque Nacional Yellowstone y al Parque Nacional Wind Cave, así como a las manadas que se han derivado de ellas (Hedrick, 2009), incluyendo a la de Janos, Chihuahua.

Antecedentes

Dentro de los sitios en donde se han llevado a cabo reintroducciones, en Estados Unidos y Canadá (i. e. The Nature Conservancy's Tallgrass Prairie Preserve,

Oklahoma; Pawnee Site, Colorado; Badlands National Park, South Dakota; Konza Prairie Biological Station, Kansas; Peden, 1976; Pfeiffer & Hartnett, 1995; Trager *et al.*, 2004; Coppedge & Shaw; 1997, 1998; Crockett & Engle, 1999; Pyne, 2010), se han realizado estudios para determinar la ecología de la conducta y la biología de la especie. Así mismo, se han llevado a cabo estudios para determinar patrones de actividad tanto en potreros pequeños y con pocos individuos como con manadas de libre pastoreo (Fuller, 1960; Komers *et al.*, 1994; Coppedge & Shaw; 1997, 1998; Rutley & Hudson, 2001; Pyne, 2010). Un patrón de actividad se define como el ritmo diario en un individuo, de actividad e inactividad, que generalmente se documenta mediante la observación directa, la observación por puntos fijos, la interpretación de la señal de radio collares con sensor de movimiento o la interpretación en la fluctuación de radio señales (Grant, 2001).

Se ha observado que los bisontes presentan patrones de actividad polifásicos, alternando periodos de pastoreo y descanso durante el día y que el tiempo invertido en la conducta de pastoreo se encuentra correlacionado negativamente con la disponibilidad de recursos. Se han comparado los periodos de observación conductual con intervalos de 5, 10 y 15 min en donde los patrones de forrajeo variaron en un 30% entre cada intervalo, pues las “actividades menores” no ocurren frecuentemente, y en un periodo de observación con intervalos de 10 min, el escaneo puede sobrestimar las actividades en un 200%. Por lo tanto, se han sugerido escaneos de 5 minutos para categorizar adecuadamente la actividad en un grupo pequeño en libre pastoreo (Rutley & Hudson, 2001).

En la Isla Santa Catalina y en las Montañas Henry se determinó que los bisontes presentan una área de actividad de 56.1 y 52 km², respectivamente. Los factores que influyen el ámbito hogareño son la disponibilidad del forraje, la homogeneidad ambiental y el tamaño de la reserva. Así mismo, se ha determinado que durante el verano realizan movimientos diarios entre los parches de alimentación de entre 2.8 y 3.2 km, y el promedio de estancia en un sitio es de 1.9 días (Meagher, 1986; Constible *et al.*, 2005).

Para entender el rol ecológico del pastoreo por parte de los bisontes en el desarrollo y mantenimiento de los grandes pastizales de Norteamérica se han realizado estudios sobre la composición de la dieta y selección de forraje en praderas con y sin regímenes de fuego estacionales (Peden, 1976; Plumb & Dodd, 1993; Pfeiffer & Hartnett, 1995; Knapp *et al.*, 1999; Coppedge and Shaw, 1998; Coppedge *et al.*, 1998; Rutley & Hudson, 2001).

De igual manera, se ha determinado que los movimientos estacionales de los bisontes no siempre implicaban largas migraciones, pues existían pastizales con una alta variedad de comunidades vegetales que podían mantener a las poblaciones locales durante todo el año. Respecto a las grandes migraciones, se ha evaluado la correlación de los movimientos con el desarrollo de las comunidades de pastos más productivas en diferentes estaciones, por lo que se ha propuesto que en invierno se congregaban en zonas boscosas con una alta producción de biomasa y protección, mientras que en verano las manadas se fragmentaban y dispersaban hacia los pastizales abiertos (Morgan, 1980; Crisholm, 1986). Dichos patrones de migración, que posteriormente fueron alterados por la presión de cacería y los incendios inducidos, y la coevolución con los pastos nativos, permitieron que el bisonte fuera una especie silvestre de las grandes praderas, más eficiente que el ganado doméstico (Morga, 1980; Flores, 1991).

Por lo tanto, al ser sustituido el rol ecológico del bisonte como especie nativa por el ganado introducido en la época de la colonia, se ha debatido mucho sobre las diferencias entre ambas especies. Se ha comparado la ecología entre las dos (Plumb & Dodd, 1993; Steuter & Hidinger, 1999) y se ha especificado que los bisontes pasan menos tiempo cerca de los cuerpos de agua o zonas riparias y maximizan la distancia en relación a éstos. Así mismo, el ganado prefiere zonas boscosas mientras que los bisontes las evitan (Steuter & Hidinger, 1999; Allred *et al.*, 2011).

En general, los bisontes exhiben más adaptaciones y son más tolerantes al frío desde una edad más temprana, ya que presentan tasas metabólicas y

cardiacas más bajas al ser expuestos a bajas temperaturas (Christopherson & Hudson, 1978; Christopherson et al., 1979).

Plumb and Dodd (1993), encontraron que los bisontes pasan menos tiempo alimentándose pero presentan más ciclos al día. Incluso, son menos selectivos en el alimento (Peden *et al.*, 1974) y aunque su dieta se encuentra dominada por pastos de tipo C₄ durante la mayor parte del año, durante la primavera y al inicio del verano incrementan el consumo de los pastos tipo C₃ (Crisholm, 1986).

Los bisontes pueden digerir alimento con alto contenido de fibra y poca proteína (forraje de menor calidad) debido, en parte, a que presentan un sistema de aprovechamiento de nitrógeno más eficiente (Hawley *et al.*, 1981a; Hawley *et al.*, 1981b; Hawley, 1987; Keith *et al.*, 1981; De Liberto & Urness, 1994), a pesar de que tienen cantidades y tipos de protozoarios y bacterias similares en el rumen (Pearson, 1967; Towne *et al.*, 1989). Esto les permite explotar de mejor manera los recursos herbáceos de los pastizales y se ha demostrado que la dieta de los bisontes constituye una muestra más representativa del parche de alimentación que la dieta del ganado (Crisholm, 1986).

Se ha evaluado el impacto que tienen los regímenes periódicos de fuego, la deposición de nitrógeno y el pastoreo por bisontes y se ha establecido que el impacto de los herbívoros nativos mantiene la diversidad de especies vegetales, pues al eliminar este factor, la diversidad se reduce en un 48% (Collins *et al.*, 1998).

Por otro lado, los parches específicos de hábitat producidos por regímenes de fuego y pastoreo intenso por bisontes, presentaron comunidades de aves y estructura de hábitat distintas a escala local, ya que las aves del pastizal responden a cambios específicos en la estructura del hábitat como la altura y la densidad de plantas (Griebel *et al.*, 1998).

Finalmente, una de las mayores ventajas de los bisontes sobre el ganado doméstico, es el hecho de que se encuentran en constante movimiento y no permanecen en un área hasta que la vegetación disponible haya sido consumida por completo, como en el caso del ganado, lo que sugiere que bajo condiciones estables, existe una interrelación compatible entre bisontes y pastizales, papel

fundamental en las iniciativas de restauración a nivel de paisaje (Morgan, 1980; Knapp, 1999; Boyd, 2003).

Objetivo general

Determinar el uso de hábitat y los patrones de actividad de una manada de bisontes reintroducida en la Reserva Ecológica El Uno, Janos, Chihuahua.

Objetivos particulares

- Determinar los patrones conductuales diurnos de la manada de bisontes de la REU.
- Establecer el uso de hábitat de la manada de bisontes de la REU.

Métodos

Patrones de actividad diurna

Aunque Collins y Smith (1989) sugieren que realizar observaciones únicamente durante el día sobrestima los tiempos de forrajeo en un 37%, el incremento en la inseguridad dentro del sitio de estudio, no nos permitió realizar observaciones dentro de los periodos nocturnos.

Se realizaron cuatro periodos de observación: primavera (abril-mayo), verano (julio-agosto), otoño (octubre-noviembre) e invierno (diciembre-enero), con una duración de 25 días cada uno. Para abarcar el total de horas luz se alternó el horario: amanecer-10hrs., 10hrs-14hrs y 14hrs-anocheceer, registrando todas las conductas descritas en el etograma previamente elaborado para bisontes (Anexo 1). La evaluación de las conductas se llevó a cabo mediante un muestreo focal, seleccionando un individuo al azar y registrando la duración de cada estado (conductas con una duración apreciable) y la frecuencia de cada evento (conductas de corta duración). Se complementó con el método de escaneo de la manada completa en intervalos de 5 min para categorizar adecuadamente la actividad (Rudley & Hudson, 2001).

Las observaciones diarias se realizaron con binoculares Nikon (10x42) y un telescopio Nikon Prostaff 550 (6x21) desde un vehículo, a una distancia de los animales de entre 0 y 500 m. La distancia mínima se consideró cuando la manada se aproximó al observador siguiendo su propio rumbo, evitando el movimiento del mismo para no generar un mayor disturbio.

Al inicio de cada periodo de trabajo de campo se realizaron observaciones por 3 días sin tomar en cuenta los registros para los análisis, con el objetivo de que los individuos se acostumbraran a la presencia del observador, sin modificar sus conductas naturales. Esto debido a que la distancia de observación fue reducida, considerando que un bisonte es capaz de detectar un Jeep a 1.6 km, el ruido de una rama al romperse a una distancia mínima de 900 m, y de alcanzar velocidades de 48 a 56 km/h (Fuller, 1960).

Con el fin de establecer si las variables ambientales incidieron en el comportamiento de los animales, se tomaron los datos climáticos de temperatura media, humedad relativa, precipitación, dirección y velocidad del viento con una estación meteorológica colocada dentro de la Estación Biológica La Pradera, a una distancia aproximada de 5 km del potrero “El Centro”.

Para analizar los datos obtenidos mediante el muestreo focal por individuo, se construyó una tabla de contingencia para determinar el porcentaje del día invertido en cada actividad: forrajear, descansar (echado), descansar (de pie), caminar, beber. Se realizó una transformación arcoseno de los datos debido a la distribución de los mismos, para homogenizar las varianzas y se desarrolló un análisis de variancia por estación del año, entre el tratamiento (por hora) y la proporción del tiempo dedicado a forrajear, para establecer los picos de actividad diurnos.

De manera independiente se analizó la conducta de lactar a diferentes edades en los becerros. Se empleó el estadístico no paramétrico Kruskal Wallis, ya que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad, para evaluar el efecto del tratamiento (edad) en la duración y en la frecuencia de la conducta. Se realizó una prueba de comparaciones múltiples por pares siguiendo la metodología propuesta por Conover (1999).

Para analizar los datos obtenidos mediante el muestreo de escaneo completo de la manada, se obtuvo el tipo de vegetación para cada punto de georreferencia a partir del mapa de vegetación. Así mismo, se agruparon las conductas en tres categorías (pastar, descansar, otras) y se determinó la de mayor prevalencia, para ello, se seleccionó la media más alta del número de individuos que desarrollaron cada conducta, para cada intervalo de 30 minutos.

Se elaboró una tabla de contingencia a partir de las frecuencias observadas analizando la temporada del año contra la conducta y la vegetación y se calculó el estadístico X^2 para evaluar la significancia de la tabla. Se desarrolló un análisis de correspondencias múltiples para evaluar las relaciones entre las categorías de cada variable (vegetación, conducta, temporada).

Para determinar el efecto de las variables ambientales en la incidencia de la actividad, se realizó un análisis de regresión simple entre la proporción del tiempo dedicado a la actividad (forrajear) y las distintas variables ambientales: temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad promedio y dirección del viento. Se empleó un análisis de t de student para probar la significancia de cada regresión.

Uso de hábitat

La percepción remota ha sido utilizada para clasificar y mapear con precisión la cobertura de la vegetación en una región, aplicando análisis estadísticos de agrupación (Ravan & Roy, 1997; Rocchini et al., 2007), ya que la vegetación es el componente más importante del ecosistema y debe ser estudiado para poder realizar acciones de manejo. La aplicación de esta herramienta ha sido altamente recomendada para el estudio de las regiones áridas, debido a la extensa área que presentan, el clima libre de nubosidad y sus brillantes propiedades espectrales en conjunto con las altas temperaturas del suelo y el aire, las altas tasas de evapotranspiración y la vegetación dispersa (Tueller, 1987; Ravan & Roy, 1997).

Se obtuvo una imagen satelital que corresponde al año 2007, la cual se convirtió en formato TIFF y se georreferenció en coordenadas UTM, identificando 5 puntos de control, mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.1. Para la caracterización de los parches de vegetación se realizó un estudio de reconocimiento de toda la zona y se correlacionaron las características de la imagen con las características de la vegetación. Se obtuvieron en campo 200 puntos al azar dentro del potrero El Centro, con los cuales se creó un archivo *shape* de los puntos de entrenamiento para realizar una clasificación supervisada con la extensión Spatial Analyst, utilizando el estadístico de máxima probabilidad. Se generaron 7 tipos de asociaciones vegetales con base en los elementos dominantes: pastizal de toboso (*Hilaria mutica*); pastizal de navajita (*Bouteloua gracilis* y *B. hirsuta*); pastizal de zacate guía (*Panicum obtusum*); pastizal de pastos anuales (*Aristida adsencionis*), matorral de popotillo con pastizal (*Ephedra*

trifurca), pastizal en colonia de perritos y suelo desnudo. Se procesó la imagen para eliminar el ruido y mejorar la calidad mediante las herramientas de Generalización de la extensión Spatial Analyst.

Adicionalmente, se tomaron 176 puntos en campo para corroborar el mapa de vegetación generado con el SIG. Se estimó el porcentaje del total de puntos que coincidieron para obtener un valor de precisión.

Para determinar en campo el uso de hábitat de los bisontes dentro del potrero, se registró la ubicación de la manada tomando como referencia el punto medio de ésta. La posición geográfica se obtuvo con referencia a la localización del observador, midiendo la distancia (rangefinder Nikon Monarch Gold Laser 1200) y azimut (brújula Sylva Ranger) al punto medio de la manada. Posteriormente se obtuvieron las coordenadas en un mapa, utilizando el SIG ArcMap 10.1. Se registró la fecha y hora de cada posición.

Se determinó el área total por cada tipo de asociación vegetal y el número de puntos dentro de cada una de las categorías utilizando el SIG ArcMap 10.1. Se calculó el número de puntos esperados por categoría con base en los observados y se estableció si los individuos utilizan los distintos tipos de asociación en relación a su disponibilidad, mediante el estadístico X^2 . Se calcularon los intervalos de confianza de Bonferroni para determinar el uso de hábitat en proporción a la disponibilidad de cada tipo de asociación vegetal.

Para estimar la distribución del uso de hábitat por los bisontes, se utilizó el método de densidad de Kernel para cada temporada del año. Se estimó el ancho de banda con base en el estimador de validación cruzada de máxima probabilidad (Cvh) y se generó únicamente la isopleta del 90%. Se calculó el área por temporada del año y se determinó el porcentaje de vegetación utilizado mediante las herramientas de extracción de la extensión Spatial Analyst. Se calculó el porcentaje de la vegetación utilizada respecto al total disponible y se generó una prueba de t de muestras apareadas para determinar diferencias en el uso de la vegetación entre temporadas.

Resultados

El mapa de vegetación que se utilizó para el desarrollo de los análisis, obtuvo un valor de precisión del 84%.

Patrones de actividad diurna

Se obtuvo un total de 293.5 horas de registro mediante el muestreo focal por individuo y 305.2 horas mediante el muestreo de escaneo completo de la manada. La temporada menos representada correspondió a la época de otoño, debido a que el periodo de observación coincidió con las fechas de manejo para la revisión y vacunación de los individuos.

Muestreo Focal

Con base en los resultados obtenidos por el muestreo focal por individuo ($\chi^2=10.99$, $p=0.5297$), se determinó que los bisontes utilizan el 96.7% de su tiempo en alimentarse y descansar. Es decir, al día dedican entre 4.9 y 7.8 horas a forrajear y entre 4.5 y 5.9 horas a descansar (Tabla 1).

La actividad mejor representada fue el forrajeo, ya que el tiempo invertido fue mayor al tiempo de descanso. Esta conducta se incrementó durante la primavera (60.5%) y disminuyó durante el invierno (44.7%). De manera opuesta, los bisontes dedicaron más tiempo a descansar durante el invierno (51.8%) y menos tiempo en primavera (35.1%), tomando en cuenta ambos estados, de pie y echado. Aunque la actividad de beber se encontró muy poco representada debido a la corta duración de este estado ($\bar{X}=1.7$ min), se determinó que el tiempo invertido durante la primavera (1.3%) y el verano (0.8%) fue mayor que en invierno y otoño ($\leq 0.5\%$). Así mismo, es evidente que los bisontes se desplazan poco sin buscar alimento (2.6%), ya que generalmente se mueven al mismo tiempo que forrajean (Fig. 2).

Tabla 1. Horas dedicadas por día a forrajear y descansar, por época del año.

Estación	Duración del día (hrs)	Proporción forrajear por día (hrs)	Proporción descansar por día (hrs)
Invierno	11	4.9	5.7
Otoño	12	6.3	5.4
Primavera	13	7.9	4.6
Verano	13	6.7	6

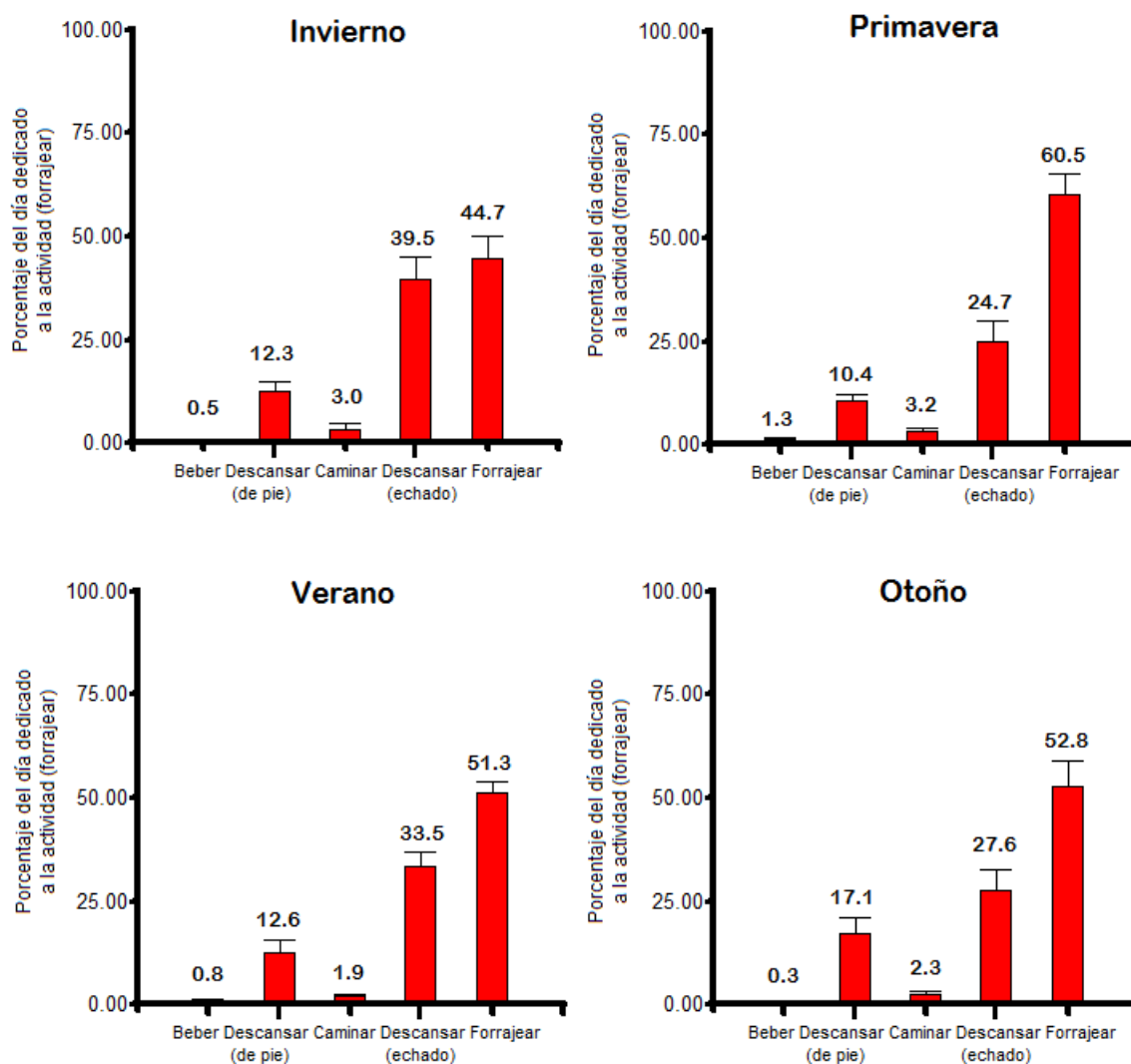


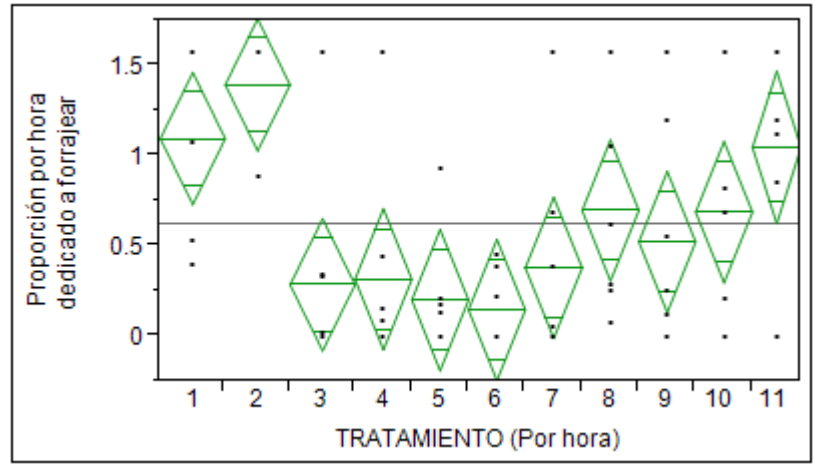
Figura 2. Proporción dedicada a cada actividad por época del año, registrada mediante el muestreo focal por individuo (las barras representan el error estándar).

Los bisontes presentaron un ciclo de actividad alternando periodos de forrajeo con periodos de descanso. Inmediatamente después de un periodo de actividad (forrajeo) continuaban con un periodo de descanso prolongado.

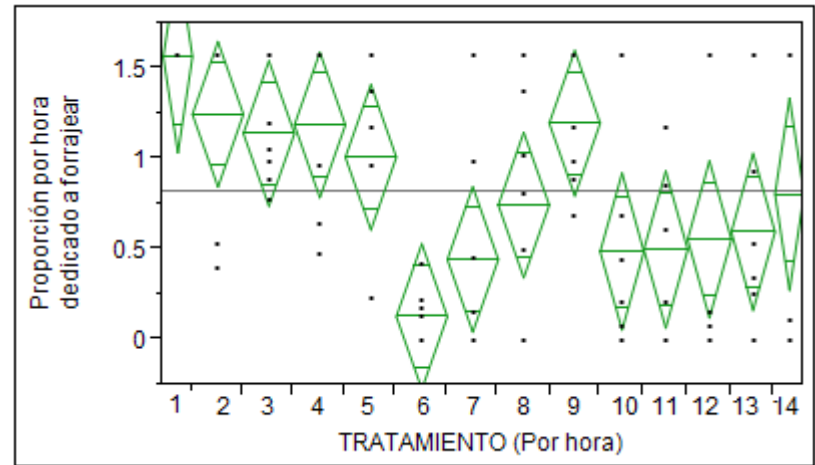
Con base en los análisis de varianza se encontraron diferencias en la proporción del tiempo dedicado a forrajeo (por hora) a lo largo del día y durante todo el año (Tabla 2). En invierno, el mayor pico de actividad se presentó entre las 700 y las 900 hrs (86%), así mismo, los bisontes presentaron un pico alto entre las 1700 y las 1800 hrs (76%). En primavera, el pico más alto se presentó entre las 530 y las 600 de la mañana (100%), sin embargo el pico de actividad permaneció constante de 600 a 900 (86%) y de 1300 a 1400 hrs (88%). Durante el verano, los picos de actividad más altos se presentaron de las 600 a las 700 (93%), de las 1100 a las 1200 (72%) y de las 1700 a las 1900 hrs (93%). En otoño, los mayores picos de actividad ocurrieron entre las 600 y las 700 hrs (100%), de 1300 a 1400 hrs (74%) y entre las 1600 y las 1800 hrs (77%; Fig. 3).

Tabla 2.- Resultados del análisis de varianza de la proporción del tiempo dedicado al día a forrajeo (por hora), por época del año.

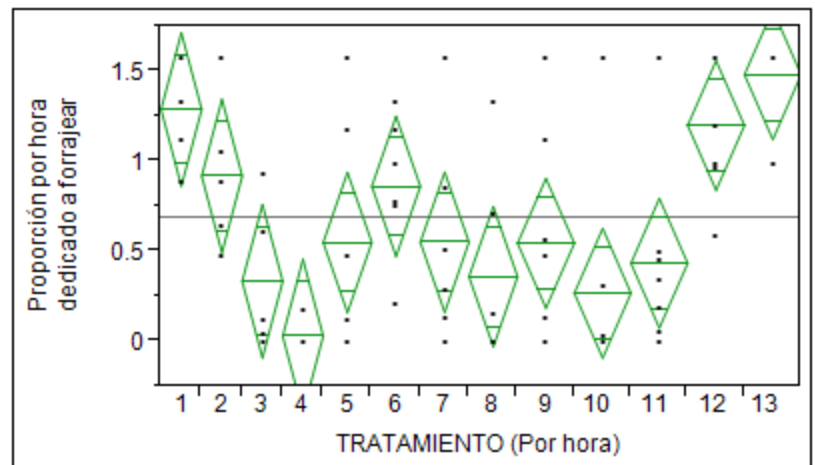
	Fuente	g.l.	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	P
INVIERNO						
	TRATAMIENTO (Por hora)	10	12.595325	1.25953	4.6818	<.0001
	Error	68	18.293815	0.26903		
	C. Total	78	30.889139			
PRIMAVERA						
	TRATAMIENTO (Por hora)	13	12.80387	0.984913	3.4559	.0003
	Error	74	21.089495	0.284993		
	C. Total	87	33.893365			
VERANO						
	TRATAMIENTO (Por hora)	12	13.991163	1.16593	5.1151	<.0001
	Error	66	15.043922	0.22794		
	C. Total	78	29.035084			
OTOÑO						
	TRATAMIENTO (Por hora)	11	15.36531	1.39685	7.8572	<.0001
	Error	56	9.955629	0.17778		
	C. Total	67	25.320939			



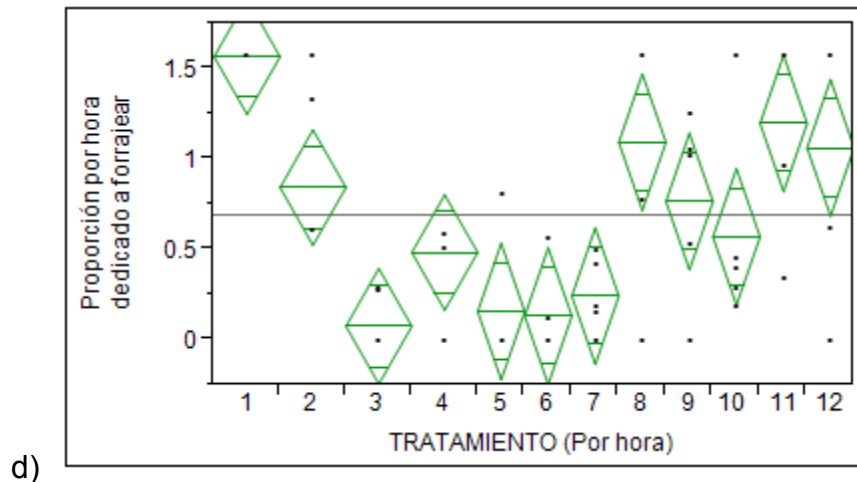
a)



b)



c)



d) Figura 3. Ciclos polifásicos de actividad. a) Invierno b) Primavera c) Verano d) Otoño. En el eje de las x se muestra la longitud del día en número de horas, de manera que esta puede variar de 11 a 13 horas con un horario de 530 (primavera) a 1900 hrs (verano). En verano, el primer y último intervalo corresponden a lapsos de media hora.

De manera independiente, se analizó la conducta de lactar en los becerros a diferentes edades con base en la duración y la frecuencia de la misma. Se observó que la duración de dicha conducta disminuyó significativamente ($H=89.59$ $p<0.0001$) a partir del mes y medio de edad (Tabla 3.), pero la frecuencia no mostró diferencias significativas hasta los 15 meses ($H=63.27$, $p<0.0001$). De hecho la conducta se observó únicamente una vez con un becerro macho de 18 meses de edad el 6 de noviembre de 2012.

Tabla 3. Duración y frecuencia de la conducta de lactar.

Edad (meses)	Número de individuos	Media (duración min/ind)	Análisis no paramétrico Kruskal Wallis	Media (frecuencia ind/hr)	Análisis no paramétrico Kruskal Wallis
1.5	7	6.93	B	0.09	B
4	7	4.65	A	0.1	B
8	9	4.07	A	0.12	B
12	9	3.20	A	0.09	B
15	9	2.87	A	0.04	A
18	9	2.00	A	1.80E-03	A

*Letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos (edad)

Al analizar los datos obtenidos mediante el muestreo de escaneo total de la manada, se obtuvo un alto valor de significancia para la tabla de contingencia (χ^2 MV-G2= 99.22, $p= 0.0005$).

Con base en el análisis de correspondencias múltiples, se extrajeron 3 ejes que explicaron el 67.3% del total de las variables (Fig. 4). Se observó que para cada temporada se asociaron distintas variables. Durante el invierno, los bisontes se encontraron más asociados a los pastizales de navajita y toboso para la conducta de descansar. En primavera, pasaron más tiempo forrajear en el pastizal de zacate guía y pastizal en colonia de perritos. Durante el otoño, se relacionó la categoría de conducta “otras” y la asociación de suelo desnudo. Aunque las dos categorías presentaron una baja frecuencia, cuando ésta fue más alta fue durante ésta época. En verano, pasaron más tiempo descansando en las asociaciones de pastizal de pastos anuales y matorral de popotillo con pastizal.

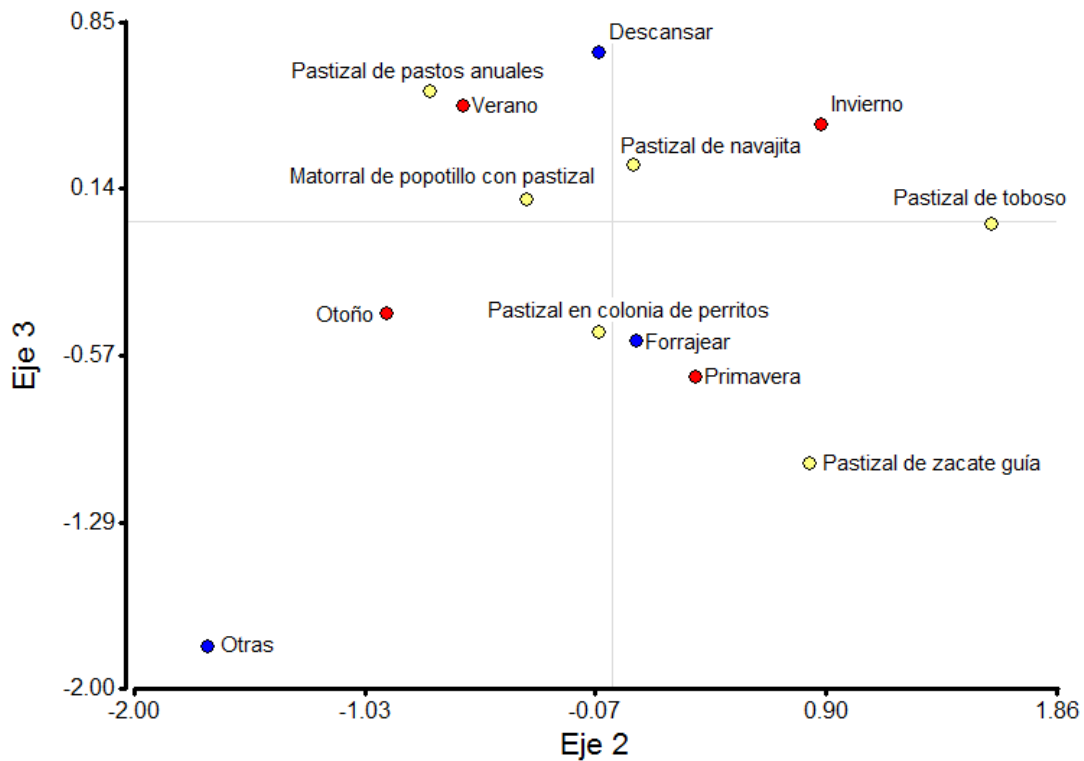


Figura 4.- Análisis de correspondencias múltiples entre las variables de las categorías de temporada, vegetación y conducta.

Efecto de las variables ambientales

Con base en los resultados del análisis de las variables ambientales, se estimó que en general, existe una correlación negativa entre la proporción del tiempo dedicado a la actividad y la temperatura ($t = -2.66$, $p = 0.0083$) y la velocidad del viento ($t = -2.18$, $p = 0.0301$), es decir, a mayor temperatura y velocidad del viento, menor es el porcentaje de actividad (Fig. 5, a y c). En caso contrario, se estimó que la actividad aumenta considerablemente al incrementar la humedad relativa ($t = 4.15$, $p < 0.0001$; Fig. 5. b). Por otro lado, no se encontró una relación significativa entre la proporción del tiempo invertido y la dirección del viento y la precipitación (Tabla 4). Sin embargo, para ésta última variable, no se obtuvo un registro significativo debido a que durante el periodo total de muestreo se registraron únicamente 170 mm ($\bar{X} = 0.62$ mm) de lluvia.

Al analizar la relación de las variables ambientales por época del año, únicamente se obtuvo una correlación significativa entre las variables para las épocas de invierno y primavera (Tabla 4). En invierno se obtuvo una correlación positiva respecto a la humedad relativa ($t = 2.9$, $p = 0.0048$) y la dirección del viento ($t = 2.03$, $p = 0.0455$). Por el contrario, la proporción del tiempo invertido en la actividad disminuyó conforme aumentó la temperatura ($t = -2.72$, $p = 0.0079$). De igual manera, durante la primavera, se obtuvo una correlación inversamente proporcional respecto a la temperatura ($t = -4.66$, $p < 0.0001$) y la velocidad del viento ($t = -3.82$, $p = 0.0003$), mientras que la proporción de actividad aumentó conforme se incrementó la humedad en el ambiente ($t = 3.43$, $p = 0.0010$; Fig. 6).

Aunque se muestra una tendencia en la relación de las variables con el tiempo que los bisontes dedican a la actividad, el coeficiente de determinación de todas las variables fue bajo ($r^2 \leq 0.22$; Tabla 4). Dichos valores del coeficiente presentaron una mayor relación durante la primavera.

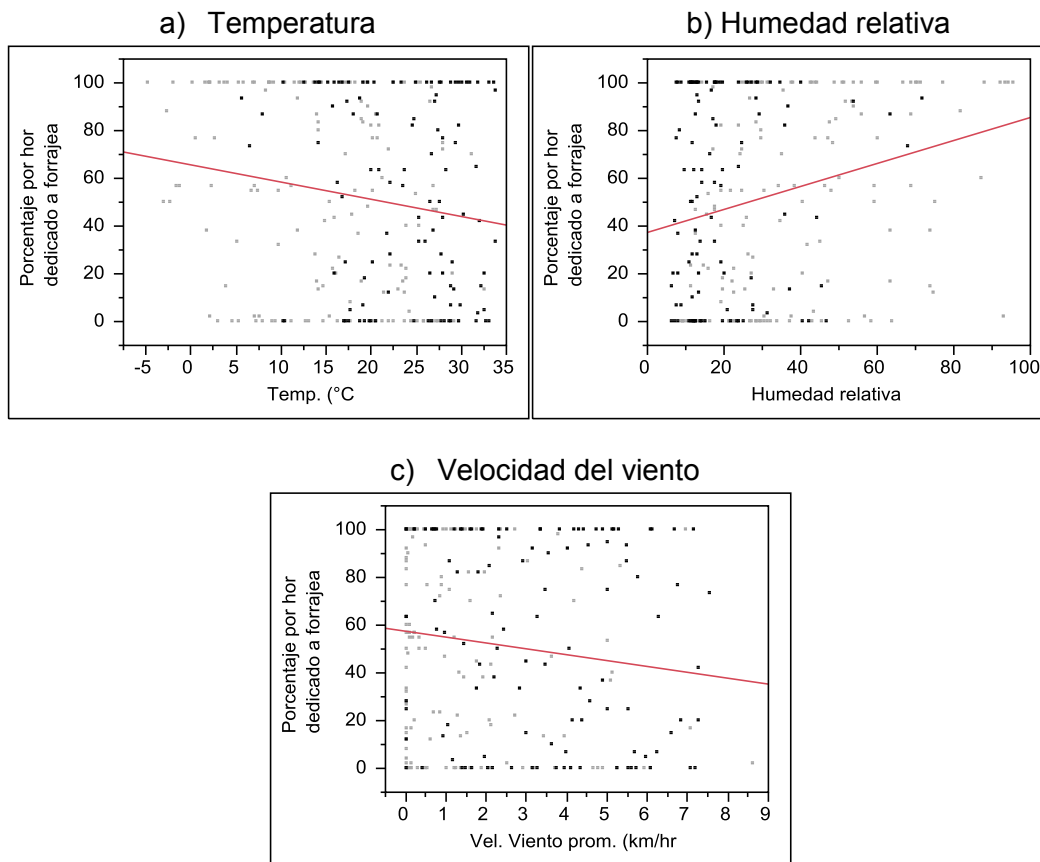


Figura 5.- Análisis de regresión lineal para estimar el efecto de las variables ambientales en el porcentaje del tiempo dedicado a la actividad (forrajear).

Tabla 4.- Estimación de los parámetros de la regresión simple de cada una de las variables ambientales en relación a la proporción del tiempo dedicado a la actividad.

	Variable	Estimador	Error estándar	Prueba t	P	r2
ANUAL						
	Temperatura (°C)	-0.72	0.27	-2.71	0.0072*	0.03
	Humedad relativa %	0.48	0.12	4.06	<.0001*	0.06
	Vel. viento prom. (km/hr)	-2.46	1.13	-2.13	0.0338*	0.02
	PP (mm)	-0.73	0.63	-0.9	0.3706	0.00
	Dirección del viento (grados)	0.00	0.02	0.09	0.9322	0.00
INVIERNO						
	Temperatura (°C)	-0.03	0.01	-2.72	0.0079*	0.09
	Humedad relativa %	0.01	0.00	2.9	0.0048*	0.10
	Vel. viento prom. (km/hr)	-0.02	0.03	-0.58	0.5646	0.00
	PP (mm)	0.76	0.53	1.42	0.1606	0.03
	Dirección del viento (grados)	0.00	0.00	2.03	0.0455*	0.05
PRIMAVERA						
	Temperatura (°C)	-0.04	0.01	-4.66	<.0001*	0.22
	Humedad relativa %	0.01	0.00	3.43	0.001*	0.13
	Vel. viento prom. (km/hr)	-0.11	0.03	-3.82	0.0003*	0.16
	PP (mm)	-0.01	0.01	-1.31	0.1947	0.02
	Dirección del viento (grados)	0.00	0.00	0.21	0.8308	0.00
VERANO						
	Temperatura (°C)	-0.02	0.02	-0.86	0.3972	0.02
	Humedad relativa %	0.01	0.01	0.96	0.3453	0.02
	Vel. viento prom. (km/hr)	-0.02	0.06	-0.29	0.7703	0.00
	PP (mm)	0	0.00	0		0.00
	Dirección del viento (grados)	0.00	0.00	-0.44	0.6621	0.01
OTOÑO						
	Temperatura (°C)	-0.01	0.01	-1.07	0.2882	0.02
	Humedad relativa %	0.01	0.00	1.69	0.0955	0.04
	Vel. viento prom. (km/hr)	-0.01	0.05	-0.22	0.8264	0.00
	PP (mm)	0	0.00	0		0.00
	Dirección del viento (grados)	0.00	0.00	-1.69	0.0953	0.04

*Denota significancia de la regresión

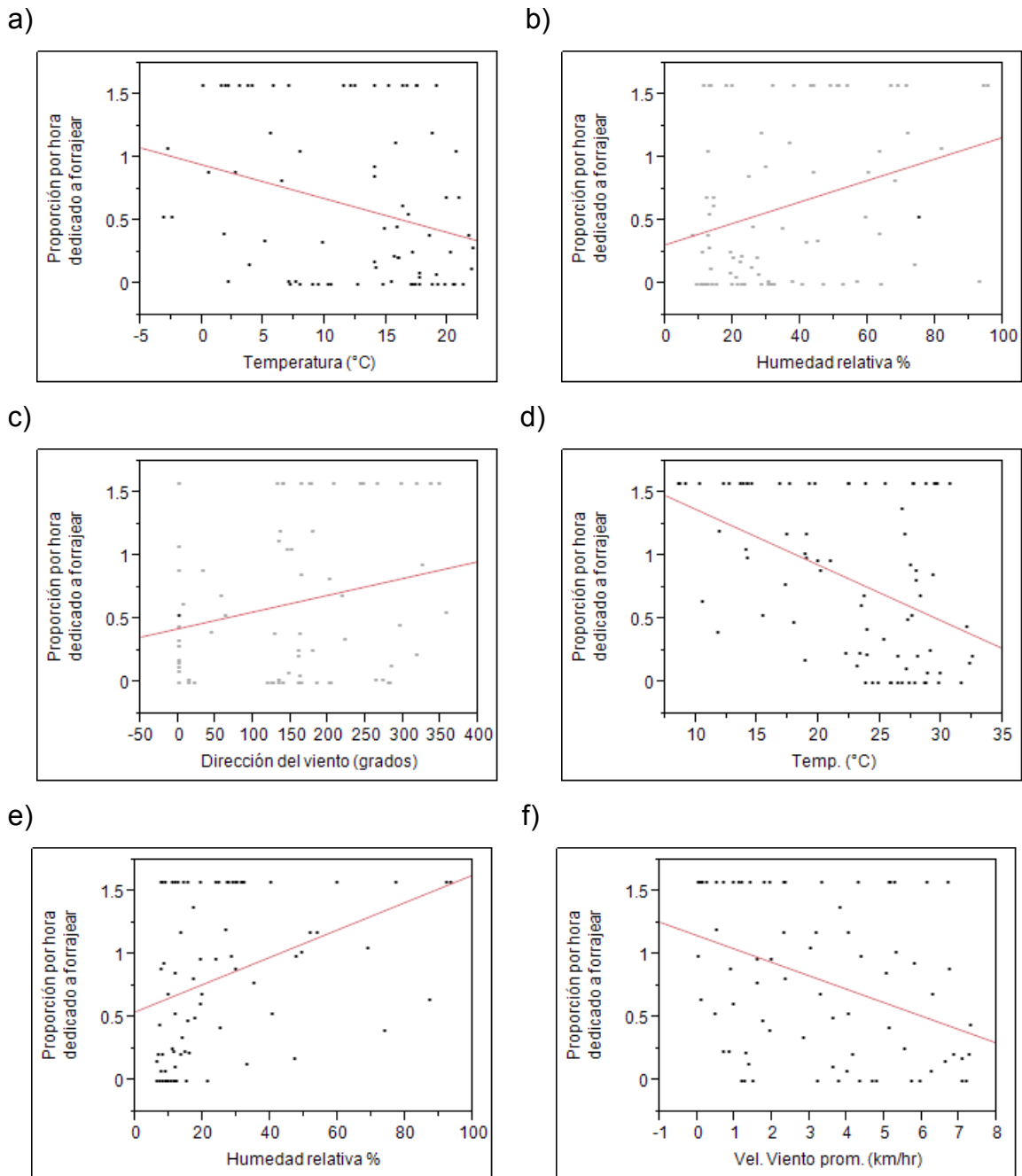


Figura 6. Regresiones lineales significativas para las variables de temperatura, humedad relativa y dirección del viento (a, b, c), en invierno; y temperatura, humedad relativa y velocidad del viento (d, e, f), en primavera.

Uso de hábitat

Dentro del potrero “El Centro”, con una extensión aproximada de 1588 ha, se estimó que el tipo de asociación vegetal predominante es el matorral de popotillo con pastizal (41.5%), seguido por el pastizal de navajita (20.1%), el pastizal de pastos anuales (14.2%) y el pastizal de toboso (13.5%). Las asociaciones de suelo desnudo (5.4%), pastizal de zacate guía (2.8%) y el pastizal en colonia de perritos (2.6%) fueron las menos representadas en el área de estudio. Es importante destacar que las asociaciones de pastizal de toboso y zacate guía se encontraron principalmente en los arroyos subsuperficiales que atraviesan el potrero, siendo el toboso el de mayor predominancia al oeste del mismo en donde se encuentra el arroyo más grande, que incluso mantiene cuerpos temporales de agua durante el verano.

Se encontraron diferencias significativas en relación al uso de cada una de las distintas asociaciones vegetales por parte de los bisontes ($X^2= 133.09$, $P>0.05$; Tabla 5), es decir, no las utilizan con base en su disponibilidad. Los pastizales de toboso, zacate guía y navajita fueron utilizados en mayor proporción a su disponibilidad, mientras que el matorral de popotillo con pastizal, así como el suelo desnudo, fueron utilizados en menor proporción. Las asociaciones de pastos anuales y pastizal en colonia de perritos fueron utilizadas respecto a su disponibilidad.

Tabla 5. Uso de hábitat por tipo de vegetación

Asociación vegetal	Número de registros	Registros %	Z de Bonferroni		Uso de acuerdo a la disponibilidad de cada tipo de asociación
			Esperado	Observado	
Pastizal de toboso	143	20.2	0.135	0.202	Mayor uso
Pastizal de zacate guía	45	6.4	0.028	0.064	Mayor uso
Pastizal de pastos anuales	121	17.1	0.142	0.171	Uso proporcional
Pastizal de navajita	177	25	0.201	0.250	Mayor uso
Matorral de popotillo con pastizal	171	24.2	0.415	0.242	Menor uso
Suelo desnudo	22	3.1	0.054	0.031	Menor uso
Pastizal en colonia de perritos	29	4.1	0.026	0.041	Uso proporcional
$\chi^2_{0.05} = 133.09, \text{gl} = 6$ $p > 0.05$					

Al analizar el uso de hábitat por temporada, se estimó que el pastizal de toboso se utilizó más durante el invierno y el otoño, el pastizal de zacate guía se utilizó durante todo el año pero se incrementó su uso en el invierno y la primavera. Los pastos anuales se utilizaron de igual manera durante todo el año pero más durante el verano. El pastizal de navajita se utilizó en baja proporción durante el invierno, pero el resto del año fue utilizado en mayor proporción. El matorral de popotillo, así como el suelo desnudo, fueron las asociaciones menos utilizadas durante todo el año. Los bisontes hicieron un mayor uso del pastizal en las colonias de perritos durante el verano y el otoño (Tablas 6 y 7).

Tabla 6. Proporción observada de uso de hábitat respecto a la esperada, con base en la disponibilidad, por tipo de vegetación y por temporada.

Asociación vegetal	Proporción esperada por área	Proporción observada Invierno	Proporción observada Primavera	Proporción observada Verano	Proporción observada Otoño
Pastizal de toboso	0.135	0.274	0.161	0.096	0.331
Pastizal de zacate guía	0.028	0.126	0.070	0.020	0.025
Pastizal de pastos anuales	0.142	0.163	0.131	0.253	0.116
Pastizal de navajita	0.201	0.158	0.286	0.303	0.248
Matorral de popotillo con pastizal	0.415	0.168	0.307	0.263	0.215
Suelo desnudo	0.054	0.074	0.020	0.010	0.017
Pastizal en colonia de perritos	0.026	0.037	0.025	0.056	0.050
$\chi^2_{0.05} = 133.09$, $gl = 6$ $p > 0.05$		126.50	31.22	54.71	53.41

Tabla 7. Uso de hábitat por tipo de vegetación y por temporada

Asociación vegetal	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Pastizal de toboso	Mayor uso	Uso proporcional	Menor uso	Mayor uso
Pastizal de zacate guía	Mayor uso	Mayor uso	Uso proporcional	Uso proporcional
Pastizal de pastos anuales	Uso proporcional	Uso proporcional	Mayor uso	Uso proporcional
Pastizal de navajita	Menor uso	Mayor uso	Mayor uso	Mayor uso
Matorral de popotillo con pastizal	Menor uso	Menor uso	Menor uso	Menor uso
Suelo desnudo	Uso proporcional	Menor uso	Menor uso	Menor uso
Pastizal en colonia de perritos	Uso proporcional	Uso proporcional	Mayor uso	Mayor uso

Con base en los modelos de densidad de Kernel (Fig. 7), se estimó que el área utilizada durante la primavera fue mayor (582 ha), mientras que durante el verano y el otoño ésta disminuyó (304 ha; Tabla 8), restringiendo el movimiento en gran medida a los cuerpos de agua, ya que el alimento se encuentra disponible en todo el potrero.

Así mismo, se observó que el uso cambia su distribución en el espacio. Con base en el estadístico t de student, se determinó que no existen diferencias significativas en el uso respecto a la proporción de vegetación utilizada, entre las

temporadas de invierno y primavera ($t= 0.11$, $p= 0.4588$) y entre el verano y el otoño ($t= 0.24$, $p= 0.4105$), pero sí entre el resto de las comparaciones (Tabla 9).

Es evidente que la zona SE del potrero es evitada en mayor medida debido a que ahí se encuentran las casas de la reserva. La mayoría de los puntos obtenidos para esa zona se registraron cuando se limitó el acceso a los cuerpos de agua en el resto del potrero, de manera que sólo había agua disponible en ese punto, esto con objetivos de manejo de la manada (vacunas y chequeo general del estado de los individuos).

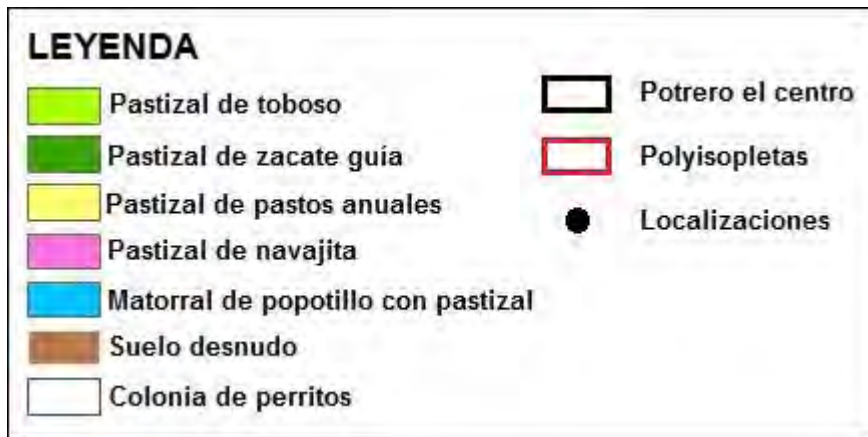
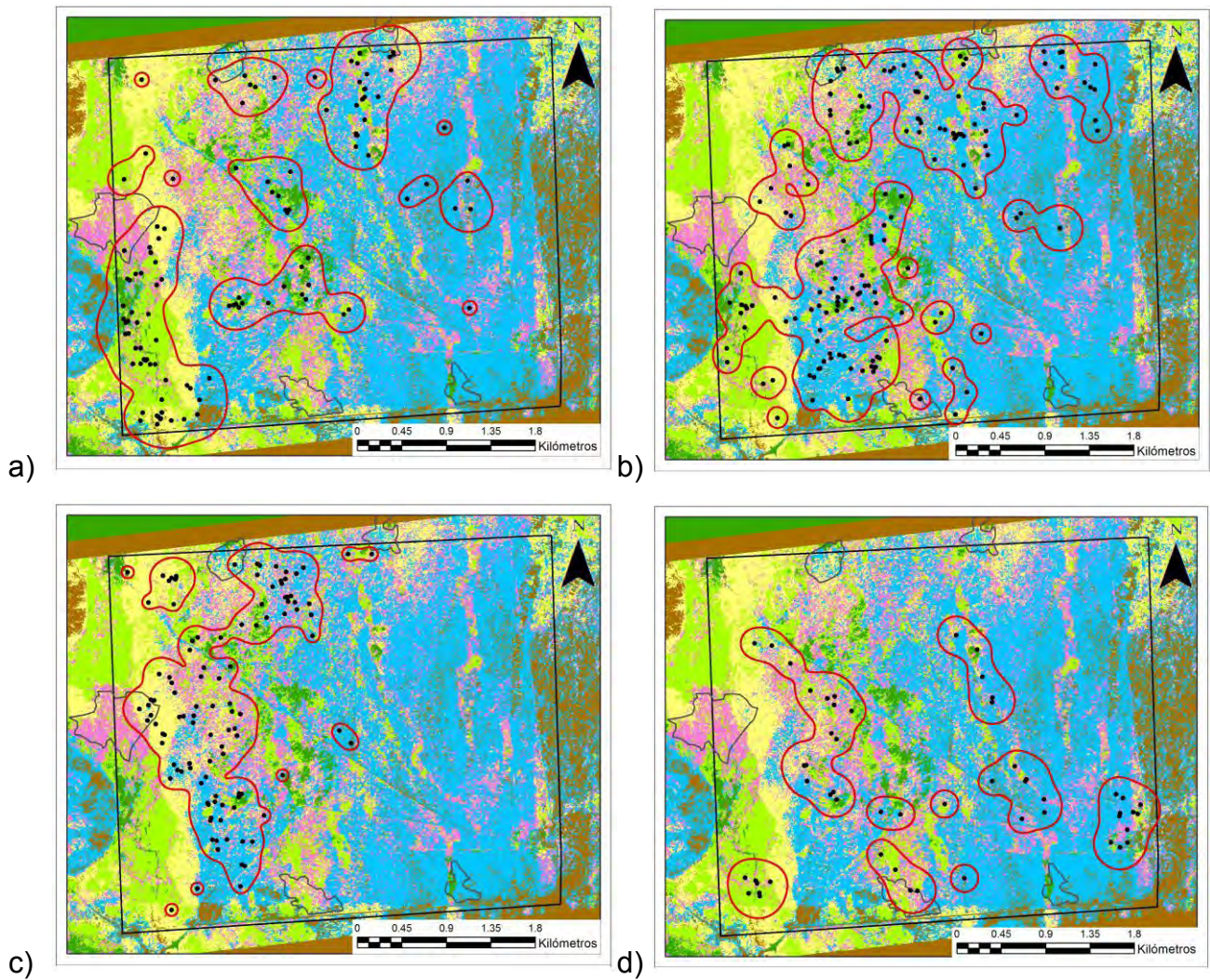


Figura 7. Mapa del sitio, clasificado por asociación vegetal, con polyisopletas por estación del año obtenidas a partir de los modelos de densidad de Kernel. a) Invierno, b) Primavera, c) Verano, d) Otoño.

Tabla 8. Área de mayor probabilidad de uso por tipo de vegetación y por temporada.

Vegetación	Área total disponible (ha)	Área más utilizada en invierno (ha)	Porcentaje utilizado respecto al total disponible (%)	Área más utilizada en primavera (ha)	Porcentaje utilizado respecto al total disponible (%)	Área más utilizada en verano (ha)	Porcentaje utilizado respecto al total disponible (%)	Área más utilizada en otoño (ha)	Porcentaje utilizado respecto al total disponible (%)
Pastizal de toboso	215	103	47	96	43	42	19	56	25
Pastizal de zacate guía	44	27	61	26	58	10	23	9	20
Pastizal de pastos anuales	225	93	39	90	38	91	38	46	20
Pastizal de navajita	320	97	29	141	43	80	24	74	22
Matorral de popotillo con pastizal	658	127	19	211	32	78	12	107	16
Suelo desnudo	85	18	21	12	14	2	2	12	14
Pastizal en colonia de perritos	41	12	30	6	15	12	28	0	23
Total	1588	477	29	582	36	314	19	304	19

Tabla 9. Resultados de la prueba de t. Comparación del área utilizada entre las distintas temporadas.

Observación 1	Observación 2	% de área Media 1	% de área Media 2	EE	t	p
Invierno	Primavera	35.14	34.71	10.52	0.11	0.4588
Invierno	Verano	35.14	20.86	14.37	2.63	0.0195
Invierno	Otoño	35.14	20.0	13.4	2.99	0.0122
Primavera	Verano	34.71	20.86	15.97	2.3	0.0307
Primavera	Otoño	34.71	20.0	14.93	2.61	0.0201
Verano	Otoño	20.86	20.0	9.6	0.24	0.4105

Discusión y Conclusiones

Patrones de actividad diurna

Al registrar la conducta por ambos métodos de muestreo, escaneo total y muestreo focal, se pudieron analizar los datos de distintas maneras para obtener información complementaria. Aunque el muestreo focal por individuo nos permite obtener información más detallada sobre las conductas de corta duración que pueden pasar desapercibidas por el método de escaneo total de la manada, con base en este estudio, se sugiere registrar una conducta en particular cuando ésta es de gran relevancia, por ejemplo, en el caso de ésta especie, la conducta de revolcarse.

Los bisontes invierten más del 95% de su tiempo en las actividades de alimentarse y descansar, debido, principalmente, a que otras actividades catalogadas como estados, se encuentran directamente relacionadas (caminar) o son de corta duración (beber). El resto de las actividades, son catalogadas como eventos y se registran como frecuencias.

Al comparar nuestros resultados con lo reportado previamente por otros autores (Hudson & Frank, 1987; Plumb & Dodd, 1993; Rutley & Hudson, 2001), denotamos que éstos no son consistentes. Hudson y Frank (1987), determinaron que en un bosque boreal mixto, los bisontes invirtieron un mayor porcentaje del día a forrajear durante el otoño que durante el verano; nuestros resultados indican que no existen diferencias entre estas temporadas respecto al tiempo de forrajeo (verano= 51.3%, otoño= 52.8%). De igual manera, Plumb & Dodd (1993), indicaron un aumento en el tiempo invertido en la actividad del verano al otoño, con una disminución en el número de picos de actividad. Por otro lado, Rutley y Hudson (2001), especificaron que el descanso fue la actividad mejor representada durante el estudio de una manada en un bosque dominado por elementos de *Populus* sp. y pastizal, caso contrario a nuestro estudio en donde el forrajeo fue la actividad con mayor inversión de tiempo.

Esto hace notar que los bisontes ajustan la conducta de forrajeo con base en los requerimientos estacionales, asociados a las condiciones climáticas, y en

las condiciones de la pastura (Rutley & Hudson, 2001). De manera que al no tener condiciones que limiten el acceso al alimento, como una cobertura de nieve espesa durante el invierno, los bisontes en Janos, no necesitan invertir mucho tiempo en forrajear durante esta época del año; ni durante el verano que constituye el periodo de mayor abundancia en la biomasa vegetal. Sin embargo, en primavera, la inversión del tiempo dedicado a forrajear se incrementó notablemente debido, principalmente, a que se considera el periodo de alumbramientos (abril-junio), y la manada, constituida en su mayor parte por hembras adultas, necesita prepararse para ello. Previamente se ha reportado que en el periodo comprendido entre mayo-junio, se presenta un incremento en la calidad de la dieta (Post *et al.*, 2001). En nuestro sitio de estudio, la limitante a considerar es la sequía de duración prolongada, que si bien afecta la disponibilidad de forraje de buena calidad, principalmente la disponibilidad de pastos tipo C₃, es un factor que limita la disponibilidad a lo largo de todo el año.

En este estudio, los picos de actividad más importantes se presentaron durante el amanecer y al atardecer para todas las temporadas. No obstante, en primavera, verano y otoño, también se presentó un pico alto al medio día, asociado con el aumento en el tiempo dedicado a forrajear en primavera; y con la diferencia entre otoño y verano, en que el número de picos aumenta pero la duración de éstos disminuye. Comparados con otros estudios (Hudson & Frank, 1987 y Plumb & Dodd, 1993), el número de picos es menor (3 picos), sin dejar de ser la conducta mejor representada.

En este estudio, no se consideró la conducta de rumiar, ya que para poder registrarla con precisión, era necesario estar muy cerca de la manada y que el individuo se encontrara completamente a la vista para poder observar la cabeza. La mayoría de las veces esto no sucedió. Sin embargo, esta conducta se encuentra directamente relacionada con la conducta de descansar y se ha determinado que dedican alrededor del 20% del tiempo que descansan en ésta conducta (Belovsky & Slade, 1986).

La conducta de lactar en los becerros se analizó de manera independiente para poder estimar la edad en que las hembras destetan a sus crías en esta

manada de hembras primerizas. La duración de la conducta disminuyó significativamente desde el primer mes y medio de edad; esto probablemente se debe al hecho de que los becerros topan a la madre mientras están amamantando y entre más grandes son las crías más daño pueden causarle. Se observó que las hembras de los becerros que topaban con mayor frecuencia permitían que éstos se amamantaran por un periodo más corto de tiempo (\bar{X} = 2.8 min a los 6 meses de edad) al contrario de lo que sucedía con las crías que golpeaban en menor proporción (\bar{X} = 6.2 min a los 6 meses de edad). Por otro lado, se ha estudiado la inversión energética de la hembra con cría en relación al sexo de la misma (Wolff, 1988) y se ha determinado que los becerros machos pueden seguir amamantando hasta el año y medio de edad, ya que las hembras invierten más en un becerro macho que en una hembra, debido a la mayor diferencia en el éxito reproductivo que se presenta en la edad adulta. La frecuencia de la conducta de lactar disminuyó significativamente después del año de edad. A los 18 meses únicamente se obtuvo el registro de un macho que aún presentó esta conducta, lo cual puede verse favorecido por el sexo del individuo y a que la madre no estuvo preñada al año siguiente, lo que le permitió seguir invirtiendo energía en su única cría.

Al analizar los datos obtenidos por el muestreo de escaneo total de la manada, los bisontes se utilizaron distintas asociaciones vegetales en cada época del año para cada conducta específica. Durante el verano la conducta de descansar estuvo asociada a la vegetación de pastos anuales y al matorral de popotillo. Inmediatamente después de un periodo de descanso la manada podía levantarse y comenzar a forrajear, siendo este tipo de asociaciones vegetales adecuadas también para esta actividad, al ser la época de mayor acumulación de biomasa de los pastos anuales y encontrarse dominadas (asociación de popotillo con pastizal) por pastizal de navajita. Se ha reportado que esta especie de pasto (*Bouteloua gracilis*) es uno de los principales componentes de la dieta de los bisontes y que su distribución define el rango en el cual pueden obtener especies de plantas tipo C₄ (Peden, 1976; Crisholm, 1986). En este estudio los bisontes se encontraron más relacionados con esta asociación vegetal durante el invierno y

durante el verano. Debido a que los bisontes incluyen en su dieta tanto pastos de tipo C₃ como tipo C₄, con base en la disponibilidad anual y estacional, su palatabilidad, el contenido de proteína y la accesibilidad (Crisholm, 1986), se ha estudiado que preferentemente consumen pastos C₄, aunque durante el verano, cuando éstos no han alcanzado su máximo crecimiento, los pastos C₃ (anuales) constituyen un elemento importante en la dieta de estos ungulados (Peden *et al.*, 1974). Los pastos anuales se encontraron altamente relacionados con la dieta en verano, en nuestra manada de estudio.

La asociación de pastizal de toboso constituyó un factor importante durante el invierno, esto probablemente a que representa un refugio importante contra las bajas temperaturas y las altas velocidades del viento, al ser pastos densos que proveen de cobertura cuando los animales descansan. Así mismo, durante la primavera, el pastizal de zacate guía y el pastizal en colonia de perritos constituyeron un elemento importante en la actividad de forrajeo, periodo en el que comienza su crecimiento (mediados de primavera y principios de verano). Esta conducta se asoció en mayor medida a esta época comparada con el resto de las estaciones.

Mediante el método de escaneo total de la manada, se determinó que los bisontes invirtieron un mayor tiempo a descansar durante el verano y el invierno, y un mayor tiempo a forrajear durante la primavera y el otoño, como se observó con el método de muestreo focal. De este modo, podemos concluir que aunque las formas de medición son distintas (muestreo focal= tiempo, muestreo por escaneo=número de individuos), ambos métodos nos proporcionaron resultados similares e información adicional referida a cada uno. Sin embargo, la precisión del muestreo focal por individuo se verá favorecida al incrementar el número de periodos de observación y por lo tanto, el número de individuos estudiados.

Efecto de las variables ambientales

Al relacionar las variables ambientales con los patrones de actividad, se determinó que la temperatura y la velocidad del viento se encuentran relacionadas de

manera inversamente proporcional con la actividad. Así mismo, la humedad relativa favoreció un aumento en la misma. Dicho efecto fue más representativo durante el invierno y la primavera. El efecto de las variables fue más evidente durante estas dos épocas debido a que constituyeron la época de temperaturas más bajas (\bar{X} invierno= 7.8°C) y la época de menor humedad (\bar{X} = 22.6%). Sin embargo, aunque en primavera la temperatura media (\bar{X} = 21.8°C) no fue distinta a la de verano (\bar{X} = 23.3°C), el tiempo invertido en la actividad sí fue mayor. Respecto a la humedad relativa, en invierno se presentaron valores altos (\bar{X} = 47.3%), similares a los de verano (\bar{X} = 54.3%), pero en conjunto con las bajas temperaturas parece tener un mayor efecto en la actividad de los bisontes. Caso contrario, en primavera se presentaron temperaturas tan altas como en verano (\bar{X} primavera= 21.8°C, \bar{X} verano= 23.3), sin embargo, fue la época en que se registraron los valores más bajos de humedad.

A pesar de presentarse una correlación con dichas variables ambientales el valor del índice fue muy bajo ($r^2 \leq 0.22$), lo que sugiere que las variables climáticas en el sitio de estudio no condicionan determinadamente la actividad de los individuos. En el sitio el factor más importante, tanto para los bisontes como para el resto de los organismos, son los periodos de sequía prolongados que pueden durar varios años (List, 1997). Dado que no se ha presentado un pastoreo extensivo dentro del potrero, la sequía de estos dos últimos años (2011-2012), no ha afectado de manera considerable la disponibilidad de alimento para los bisontes. Sin embargo, es necesario proveer de cuerpos artificiales permanentes de agua y suplementar a los animales cuando las condiciones del pastizal así lo requieran.

Al norte de la distribución de esta especie, el invierno constituye la época más difícil para los bisontes, debido a las duras condiciones del clima que ejercen una alta demanda de energía en los animales (Campbell y Hinkes, 1983). En Janos, las condiciones rara vez llegan a ser tan extremas y no se presenta una cobertura de nieve persistente por un periodo prolongado que limite el acceso al alimento, por lo que la inversión de energía en alimentarse durante este periodo no es mayor que en primavera.

Uso de hábitat

Dentro del potrero el centro, las asociaciones vegetales mejor representadas fueron el matorral de popotillo con pastizal (de navajita y pastos anuales) y el pastizal de navajita, entre las dos cubren alrededor del 60% del área total del potrero. Sin embargo, aunque la asociación de matorral de popotillo se encuentra compuesta también por pastizal de *B. gracilis*, el cual se ha reportado como preferido por los bisontes (Peden, 1976; Crisholm, 1986), fue la asociación menos utilizada respecto a su disponibilidad. Se ha estudiado el uso de hábitat en manadas al norte de la distribución (Canadá) y se ha determinado que en invierno, los bisontes prefieren sitios dominados por pastizal, debido, en gran medida, a que presentan una cobertura significativamente menor de nieve que los sitios que presentan grandes extensiones de especies maderables como abetos y arbustos (Campbell y Hinkes, 1983). Soper (1941) y Cairns y Telfer (1980) reportaron resultados similares para el Parque Nacional Isla Elk y al comparar el uso de hábitat con otras especies de ungulados, los bisontes presentaron una especificidad de hábitat mayor que el resto de las especies. De igual manera, se determinó que los bisontes en un bosque boreal mixto, pasaron más tiempo forrajeando en sitios de pastizal que en sitios dominados por bosque de álamo (Hudson y Frank, 1987). En la Isla Catalina, un sitio de introducción en donde los bisontes no representan una especie nativa, el pastizal constituyó el hábitat más utilizado de acuerdo a su disponibilidad (Sweitzer *et al.*, 2005). En nuestro sitio de estudio, la asociación de popotillo presenta altas densidades de elementos arbustivos y se observó un uso significativamente menor, comparado con el resto de las asociaciones de pastizal.

Esta manda en semicautiverio utilizó el pastizal de toboso, zacate guía y navajita en mayor proporción a su disponibilidad. Los tres tipos de pastos fueron consumidos por los bisontes, aunque, debido a que los tres corresponden a pastos perennes, la selección de las partes consumidas se enfocó en la estructura floral de cada especie. Se consumieron también los nuevos brotes, pero rara vez las partes secas de los macollos. Las asociaciones de navajita y zacate guía fueron utilizadas principalmente como sitios de forrajeo, mientras que la asociación de

pastizal de toboso fue utilizada como sitio de descanso, formación de revolcaderos y resguardo contra el viento.

El uso de hábitat de la manada puede cambiar si tomamos en cuenta que los factores que lo determinan pueden variar en tiempo y espacio (Montenegro y Acosta, 2008). Durante el año de muestreo, el valor de precipitación fue menor (212.9 mm) a la media anual (306.7 mm), los pastos adaptados a suelos húmedos (ej. toboso y zacate guía) casi no florecieron y el suelo presentó valores de humedad muy bajos. Sin embargo, dos años antes el régimen de precipitación promedio anual fue mayor (279.9 mm; Unifrut, 2011), permitiendo el crecimiento y floración de estos pastos e incluso permitiendo la formación de cuerpos temporales de agua que condicionaron el movimiento de los individuos durante el verano (obs. pers.).

Al analizar el uso de hábitat por temporada, se determinó que para cada estación hicieron un uso diferencial de las asociaciones vegetales. En invierno se utilizó más la asociación de pastizal de toboso. La asociación de zacate guía se utilizó durante todo el año. Aunque ésta abarca extensiones muy pequeñas del potrero y el régimen de lluvia no fue suficiente para que los pastos crecieran y florecieran, parece ser una asociación con un tipo de suelo preferido por los bisontes para revolcarse. Los pastos anuales fueron utilizados durante todo el año, aunque su consumo se incrementó en verano, justo cuando estos presentan su mayor crecimiento, ya que, a pesar de que existen plantas que germinan en invierno, la mayoría corresponde a plantas de verano. El pastizal de navajita fue la asociación más utilizada durante todo el año, independientemente de que presentó una extensión considerable dentro del potrero (20%). Su uso disminuyó únicamente durante el invierno, probablemente debido a que durante el periodo de muestreo disminuyó su producción primaria en consecuencia de una media baja de precipitación, pues corresponde a un pasto con un alto grado de eficiencia de agua y se ve favorecido por un clima cálido. Generalmente constituye un pasto con alto valor de forraje disponible durante todo el año (USDA, base de datos, 2013).

El pastizal en colonia de perritos fue más utilizado durante todo el año aunque lo fue más durante el verano y el otoño. Constituye un tipo de asociación tanto como sitio de forrajeo como para la actividad de revolcarse. Las madrigueras representan un elemento importante para frotarse y revolcarse, aunque la pendiente no favorece esta última conducta.

Cómo se mencionó anteriormente, no sólo en primavera se incrementó el tiempo invertido en la actividad de forrajear, también fue la época en que se utilizó una mayor extensión del área en el potrero (582 ha), quizá debido a una mayor selección. Sin embargo, aunque en invierno el área fue menor, no se determinaron diferencias significativas entre estas dos épocas, esto relacionado a una mayor demanda de requerimientos energéticos y nutricionales en primavera y una menor disponibilidad de forraje durante el invierno. A diferencia de estas épocas, en verano y otoño el área disminuyó considerablemente (304 ha) relacionado con una mayor disponibilidad de biomasa vegetal.

Los bisontes presentan segregación sexual en los hábitos de forrajeo (Coppedge y Shaw, 1998; Rosas *et al.*, 2008), sin embargo, el grupo de estudio aún no ha presentado una clara separación entre los individuos del sexo opuesto. La manada se mueve en conjunto y tanto machos como hembras y becerros forrajean juntos, en los mismos parches de vegetación. En ocasiones se observó que al forrajear, los machos iban hasta enfrente o hasta atrás de la manada pero no se separaron por completo. Esta conducta puede verse influenciada por el hecho de que el espacio en el que se encuentran es tan pequeño que no permite un aislamiento entre grupos. Los machos generalmente se separan a los ≥ 3 años de edad en grupos de varios individuos (5-10), y a los ≥ 7 años se pueden encontrar solos o en grupos de 2 o 3 individuos (Post *et al.*, 2001). En este caso, los machos apenas alcanzaron la edad óptima para separarse (3-4 años) y son sólo tres individuos. Aunque las hipótesis que explican la segregación sexual en los bisontes incluyen patrones de forrajeo y necesidades ecológicas distintas entre sexos, existe una explicación que justifica dicha separación para aumentar la supervivencia de las crías y disminuir la competencia entre machos (Post *et al.*, 2001). Debido a que únicamente son tres machos adultos, no se presenta una

fuerte competencia al haber gran disponibilidad de recursos (hembras), sin embargo, la supervivencia de los becerros sí se vio notablemente afectada, ya que se observaron encuentros agonísticos de los machos contra las crías que en algunos casos provocaron el deceso de éstas.

Los bisontes invirtieron gran parte del tiempo en la actividad de forrajear a lo largo del año, sin embargo, aunque necesitan cubrir sus requerimientos fisiológicos en épocas de mayor demanda (primavera), el invierno, al sur de su distribución, no representa una época adversa para conseguir alimento. Y el único recurso limitante que es importante suministrar en todo momento, es el agua.

Debido a que en primavera, la variable ambiental que influencia los patrones de actividad por ser la variable limitante, es la humedad, es importante suministrar agua suficiente en los bebederos artificiales ubicados en distintos puntos del potrero, pues se considera un periodo crítico para el desarrollo favorable de la manada al ser la época del comienzo de los alumbramientos. Por esta misma razón, no se recomienda realizar un manejo de la manada durante ésta época para evitar el estrés de los adultos al privarlos del recurso (agua) y el estrés de las crías al encerrar a la manada.

Se sugiere que el manejo de los individuos se realice durante el invierno, cuando las crías ya cuentan con al menos medio año de edad y se facilita la atracción de la mañana al encierro al haber menor disponibilidad de forraje y proporcionarles pastura como suplemento.

Conocer el uso de hábitat de una especie, permite inferir las necesidades ecológicas que requiere para persistir en el tiempo y para explicar su abundancia y distribución en el espacio (Montenegro y Acosta, 2008). De manera que nos permite establecer medidas de manejo y conservación, tanto de la especie como del ecosistema y establecer sitios para reintroducciones futuras.

Debido a que como parte de los planes de manejo a corto plazo se pretende ampliar el área en donde se localiza la manada, se sugiere seleccionar sitios con una mayor abundancia de pastos anuales, navajita y toboso, que son tipos de pastos preferidos como parches de alimentación o sitios de descanso. De ser sitios dominados por arbustos, es recomendable eliminar aquellos de gran

tamaño que los bisontes difícilmente van a remover, ya que con la conducta de frotarse eliminan fácilmente sólo los arbustos pequeños. Es importante destacar que el tipo de suelo determina el tipo de vegetación que crece en el sitio, por lo que si el sitio se encuentra dominado por arbustos, aún si se remueven no se garantiza el crecimiento de pastos cuya limitante sea la disponibilidad de agua o la compactación del suelo.

Es importante mencionar que ya que durante el estudio se observaron conductas agonísticas de los machos adultos hacia los becerros, se debe considerar un tipo de manejo para disminuir y/o evitar el deceso de las crías por este motivo, ya que no se ha registrado esta conducta en otros estudios y es un problema que se puede controlar, separando a los machos durante los alumbramientos junto con las hembras que no tuvieron crías, por ejemplo.

Anexo 1.- Etograma del bisonte norteamericano.

ALIMENTACIÓN

Pastar: Llevar alimento a la boca, masticarlo y tragarlo. Ésta conducta incluye la selección por parte del animal del alimento ingerido. Los animales generalmente se alimentan de pie pero ocasionalmente comen mientras estén recostados lateralmente (E).

Lamer tierra (e).

Rumiar: Un animal mastica su alimento ya sea de pie o echado (E).

Beber: Tomar agua con la lengua y tragarla (E).

Lactancia: El becerro succiona una de las ubres de la madre (E, e).

Topar: El becerro golpea el abdomen de la madre con la frente antes o durante la lactancia para lograr el contacto con la ubre (e).

DESECHO

Orinar: Desecho de líquidos estando de pie (e).

Defecar: Desecho de sólidos estando de pie. La cola se arquea y se levanta para defecar (e).

ACICALAMIENTO

Lamer: Limpieza de la nariz con la lengua o alguna otra parte del cuerpo (e).

Movimiento lateral de la cola: Probablemente para espantar dípteros (e).

Revolcar: Yacer lateralmente sobre el cuerpo y realizar giros alternos sobre el dorso creando una depresión en el suelo (e).

Sacudir: Se genera un rápido movimiento de lado a lado de la cabeza con el hocico levantado o del cuerpo, para eliminar el exceso de polvo, agua o pasto en el pelo. Se observó que también agitan la cabeza para ahuyentar las aves que se posan sobre el individuo (e).

DESCANSAR

Echar: Yacer sobre el vientre o sobre un costado, sin recostar la cabeza (E).

De pie: El animal se encuentra soportado por sus 4 patas sin locomoción (E).

LOCOMOCION

Incorporarse: Balanceo del cuerpo para retomar una posición luego de estar tendido sobre un costado del cuerpo (e).

Levantarse: Se arrodillan sobre las patas delanteras para ponerse de pie (e).

Recostarse: Se arrodillan sobre las patas delanteras para echarse (e).

Estirarse: Al ponerse de pie después de haber estado echado, el animal estira una extremidad posterior por completo de manera lateral al suelo. La espalda se arquea y el cuello se extiende hacia adelante (e).

Caminar: Forma de locomoción en donde las 4 patas están en movimiento. Generalmente una pezuña a la vez se encuentra en el aire (E).

Correr: Forma de locomoción acelerada en donde una o dos pezuñas se encuentra sin contacto con el sustrato en cualquier momento (E).

Saltar: Forma de locomoción en donde ambas extremidades posteriores o anteriores se encuentran en el aire, generalmente acompañado de patadas traseras o movimiento de la cabeza en forma vertical (e).

SOCIALES Y SEXUALES

Acercarse: Movimiento direccional en donde un animal se mueve en la misma dirección que otro con el fin de reducir la distancia entre ellos y proveer una oportunidad de interactuar (e).

Seguir: Un animal se aproxima a uno o varios individuos mientras éstos se desplazan (e).

Caminar paralelamente: Dos animales caminan en la misma dirección, con una velocidad similar (e).

Frotar cabeza con un conespecífico: El individuo frota su cabeza con otro individuo sin ocasionar daño alguno (e).

Olfatear a un conespecífico: Un individuo coloca su nariz cerca de otro individuo e inhala (e).

Olfatear área Ano-genital: Un individuo mueve su nariz a la región ano-genital de otro individuo e inhala (e).

Lamer a un conespecífico: Un individuo aproxima su lengua y hace contacto con la cabeza, los cuernos, las piernas o el torso de otro individuo (e).

Lamer área ano-genital: Un individuo aproxima su lengua y hace contacto con la región ano-genital de un conespecífico (e).

Montar: Un individuo se sostiene sobre sus extremidades posteriores mientras recarga el resto de su cuerpo en el dorso de otro individuo y yace sus extremidades anteriores una a cada lado del individuo que está de pie. La monta generalmente se realiza entre macho-hembra, macho-macho o hembra-hembra (e).

Flehmen: Un individuo, después de olfatear la orina o el área ano-genital de otro individuo, abra su boca y levanta su labio superior mientras arquea su cuello. Generalmente puede lamer sus labios después de esta conducta (e).

Topar (cría): La cría topa a la madre con la cabeza en alguna parte del cuerpo, jugando (e).

AGONÍSTICAS

Alejarse: Movimiento direccional en donde un animal se mueve en dirección opuesta otro con el fin de aumentar la distancia que los separa (e).

Cornear: Un animal levanta su cabeza y pincha a otro en el cuerpo con sus cuernos. Dependiendo de la fuerza puede causar o no heridas (e).

Enfrentar: Un animal topa a otro chocando una cabeza con la otra, generalmente enganchando sus cuernos. Esta conducta puede suceder sin empujar o pueden intentar desplazarse el uno al otro hacia atrás presionando con fuerza. Puede ocurrir entre macho-macho o hembra-hembra. Generalmente entre hembras no dura mucho tiempo y no se empujan para desplazarse pero entre machos puede durar varios minutos (e).

Ahuyentar: Un animal desplaza a otro o lo persigue (e).

Golpe del suelo con la pata: Un individuo arrastra la pata delantera sobre el suelo en una o repetidas ocasiones, generalmente produciendo inhalaciones que indican que el animal está molesto (e).

Vigilando: De pie moviendo la cabeza observando los alrededores u observando en una dirección o algún objeto específico (e).

Patada con la pata posterior: Un individuo suelta un golpe con alguna de sus extremidades posteriores dirigido a otro individuo. Se observó ésta conducta comúnmente dirigida de los adultos a la cría para desplazarla de los bebederos o de la madre hacia la cría para desplazarla cuando intentaba lactar (e).

OTRAS

Frotar los cuernos con un objeto inanimado (e).

Frotar la cabeza o el cuerpo con objeto inanimado (e).

Frotar la cabeza con arbusto o madriguera (e).

Frotar la cabeza con la pezuña: Frotar la cabeza con una pata posterior estando de pie. Frotar la cabeza con una pezuña posterior mientras está echado (e).

Frotar dorso con los cuernos (e)

Olfatear un objeto inanimado: Un individuo coloca su nariz sobre o en un objeto inanimado e inhala, generalmente el individuo prosigue a lamer el objeto (e).

Lamer un objeto inanimado: Un individuo aproxima su lengua y hace contacto con un objeto inanimado (no alimento) (e).

E = Estado; **e** = evento

Capítulo 2

Efecto de los revolcaderos originados por los bisontes en los parámetros del suelo y de la vegetación.

Introducción

Las perturbaciones generadas por los grandes herbívoros, son consideradas como impactos a gran escala debido a la magnitud de sus números poblacionales y a las grandes áreas que llegaron a abarcar, sin embargo, existen perturbaciones a pequeña escala asociadas a las conductas de estos grandes mamíferos (Gibson, 1989).

Aunque el pastoreo entre los bisontes y el ganado doméstico es funcionalmente similar, presentan diferencias específicas en las perturbaciones asociadas a las conductas distintas al pastoreo, que son importantes en la función y estructura de los pastizales (Knapp *et al.*, 1999; McMillan *et al.*, 2011). Una de las más distintivas es la de revolcarse, la cual constituye una perturbación en el suelo y en la vegetación, y consiste en recostarse, levantando las patas y girando repetidamente sobre los costados y el dorso, lo que crea depresiones ovaladas, que se ha reportado, alteran la composición de la vegetación (McMillan *et al.*, 2011).

La conducta de revolcarse es una actividad común entre los mamíferos, principalmente aquellos grandes ungulados que carecen de un pelaje denso. Dicha conducta la desarrollan ya sea en un suelo seco o húmedo (lodo), siendo el bisonte uno de los mamíferos que pueden presentarla en ambas condiciones, creando numerosas depresiones en extensas áreas a través de los pastizales de Norteamérica. Dichas depresiones alguna vez constituyeron una característica distintiva de estos pastizales (Brake, 2011).

Se ha especificado que esta conducta puede representar tanto una agresión, para marcar dominancia entre machos durante la época de celo, como una conducta de acicalamiento (Coppedge y Shaw, 2000). McMillan *et al.* (2000), analizaron las posibles causas de esta conducta y determinaron que puede ser desencadenada por varios factores, tales como la liberación del pelo durante la muda, cohesión de grupo, sobre todo para afianzar los lazos entre las hembras y sus crías, como conducta de juego, de termorregulación o para reducir la carga de ectoparásitos así como las molestias causadas por las picaduras de insectos.

Antecedentes

En diversos estudios se ha evaluado el impacto de los revolcaderos generados por los bisontes en la diversidad de los pastizales de Norteamérica, tanto en pastizales altos como en pastizales mixtos, tomando en cuenta las variables del suelo y de la vegetación y analizando revolcaderos actualmente utilizados y relictuales (Collins & Uno, 1983; Polley & Collins, 1984; Polley & Wallace, 1986; Trager *et al.*, 2004; McMillan, 2011). Se encontraron diferencias significativas en las variables del suelo como textura, humedad, pH, N-NH₄, Na y Mg; y al medir la producción primaria neta, McMillan (2011) encontró diferencias significativas tomando en cuenta tres puntos de muestreo: al centro, al margen y fuera del revolcadero. En general, se ha establecido que los revolcaderos presentan menor diversidad de plantas que el área del pastizal adyacente, pero existen especies de plantas que sólo se establecen dentro de éstos, lo que aumenta la diversidad del pastizal (Polley & Wallace, 1986; Trager *et al.*, 2004; McMillan, 2011). Los revolcaderos también ejercen un efecto directo en el establecimiento de otras especies de animales. Gerlanca y Kaufman (2003), evaluaron el uso de los revolcaderos por especies de anuros para ovopositar y completar la metamorfosis, al ser reservorios temporales de agua que permanecen por más tiempo después de la temporada de lluvia.

Objetivo general

Determinar el efecto de los revolcaderos originados por los bisontes en la composición y estructura de la vegetación dentro de la Reserva Ecológica El Uno.

Objetivos particulares

- Determinar la ubicación y el uso de los revolcaderos.
- Evaluar el efecto de los revolcaderos en las propiedades del suelo y en la composición de especies de hierbas y pastos anuales.

Hipótesis

- Los bisontes mostrarán preferencia por un tipo de asociación vegetal en particular para revolcarse.
- La densidad aparente del suelo en la superficie dentro de los revolcaderos será mayor, debido al peso que ejercen los bisontes.
- El contenido de humedad del suelo será mayor dentro de los revolcaderos debido al aumento de la compactación del suelo que impedirá una rápida infiltración.
- El contenido de nitrógeno, fósforo y bases intercambiables será mayor dentro de los revolcaderos como resultado de las actividades fisiológicas de los bisontes.
- La conducta de los bisontes de revolcarse en el suelo incrementará la diversidad de plantas en los pastizales del área de estudio, dado que la modificación en las propiedades del suelo aumentará la heterogeneidad ambiental.

Método

Descripción de los perfiles

Se cavaron y describieron 6 perfiles dentro del sitio de estudio, con el objetivo de obtener una descripción más detallada sobre los tipos de suelo presentes en el área. Los perfiles fueron seleccionados con base en el tipo de asociación vegetal: pastizal de zacate guía, pastizal de toboso, matorral de popotillo con pastizal, pastizal de pastos anuales, pastizal en colonia de perritos y ecotono entre pastizales de zacate guía y toboso.

Cada perfil se cavó a una profundidad de entre 60 y 80 centímetros y se describió con base en el “Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo” (Siebe *et al.*, 2006). Se clasificó cada perfil con base en la World Reference Base for Soil Resources (IUSS Working Group WRB, 2006).

Ubicación y uso de los revolcaderos

Se realizaron cuatro periodos de observación de la manada: primavera (abril-mayo), verano (julio-agosto), otoño (octubre-noviembre) e invierno (diciembre-enero), con una duración de 25 días cada uno. Para abarcar el total de horas luz se alternó el horario: amanecer-10 hr, 10 hr-14 hr y 14 hr-anocheecer. Se registró la frecuencia de la conducta de revolcarse en el suelo, el individuo que la realizó, el periodo del día y la geoposición de cada revolcadero mediante GPS con precisión de +/- 5m, la cual se marcó en un mapa satelital previamente categorizado en campo para la selección de los revolcaderos que fueron analizados.

Se determinó el área total por cada tipo de asociación vegetal y el número de revolcaderos dentro de cada una de las categorías. Se calculó el número de puntos esperados por categoría con base en los observados y se evaluó la generación de los revolcaderos en los distintos tipos de asociación vegetal con relación a su disponibilidad, mediante el estadístico X^2 . Se calcularon los intervalos de confianza de Bonferroni para determinar el uso.

Se analizó la frecuencia de la conducta de revolcarse por época del año, periodo del día y sexo mediante el análisis estadístico no paramétrico Kruskal Wallis. Se realizó una prueba de comparaciones múltiples de a pares siguiendo la metodología propuesta por Conover (1999).

Efecto de los revolcaderos en la diversidad y abundancia de la vegetación

Se seleccionaron 6 revolcaderos en cada uno de los 3 tipos de asociación vegetal más utilizados para esta actividad. Éstos fueron seleccionados por el observador, considerando que debían estar separados de otros revolcaderos por una distancia mínima de 10 m y a una distancia superior a los 20 m de caminos y cercos, y se caracterizaron tomando en cuenta las siguientes variables:

- Se midió el largo y ancho de cada revolcadero.

Vegetación

- Durante la época de máxima acumulación de biomasa (finales de agosto - principios de septiembre), se midió el porcentaje de la cobertura vegetal y la altura del follaje de cada especie de planta en dos puntos de muestreo: al interior del revolcadero (en cinco puntos, correspondientes a los puntos cardinales y al centro) y alrededor del mismo a una distancia de 5 metros (en cuatro puntos, correspondientes a los cuatro puntos cardinales), utilizando cuadrantes de 0.25 m^2 (Davidson, et al., 2010).
- Se colectaron muestras de vegetación y se prepararon de acuerdo a los métodos estándares de conservación para su posterior identificación en el laboratorio.
- Se utilizó un análisis de variancia (ANOVA) para establecer si existían diferencias significativas entre los tratamientos (adentro y afuera de los revolcaderos) para las variables altura y cobertura de la vegetación. Para estimar diferencias entre la composición de especies, se construyó una tabla de contingencia y se evaluó con el estadístico χ^2 .

Suelo

Durante la época de máxima acumulación de biomasa, se tomaron muestras inalteradas de suelo con un barreno y núcleos cilíndricos de 100 ml.

Se verificó la presencia de sales solubles en el suelo del sitio de estudio. Para ello se midió la conductividad eléctrica de cada una de las muestras obtenidas. Además se midió el pH de la suspensión. Se pesaron 10 gr de suelo seco y tamizado, se agregaron 25 ml de agua destilada y se efectuó la lectura con un potenciómetro y un conductímetro, respectivamente. Además de medir la conductividad eléctrica en extractos acuosos, se estimó la capacidad de retención de humedad y el porcentaje de arcilla de cada muestra con base en la textura determinada al tacto (Siebe et al., 1996). Con estos datos se calculó la conductividad eléctrica correspondiente a condiciones de saturación de agua de cada sitio (EC pF 1.8), y se evaluó el impacto de la concentración de sales solubles en el desarrollo de la vegetación.

Densidad aparente (DA) y humedad volumétrica

- Para determinar la DA se tomaron muestras inalteradas, con cilindros de volumen conocido, en ambos puntos de muestreo: al interior del revolcadero (12 × 2 muestras distribuidas al azar) y alrededor del mismo a una distancia de 5 m (12 × 2 muestras distribuidas al azar alrededor de la circunferencia), en la superficie (2 - 7.5 cm) y de 8 - 13.5 cm de profundidad. Las muestras fueron colocadas en bolsas de papel estraza de manera independiente. Se pesaron, se secaron en el horno a 105°C (48 hr) y se volvieron a pesar para evaluar la compactación y humedad del suelo (Siebe et al., 2006; Bélanger & Van Rees, 2007).

Nutrientes

- Para determinar la concentración de nutrientes, se tomaron muestras compuestas en ambos puntos de muestreo: al interior del revolcadero (12 muestras distribuidas al azar) y alrededor del mismo a una distancia de 5 m (12 muestras distribuidas al azar alrededor de la circunferencia), únicamente en la superficie (2 - 7.5 cm). Las muestras fueron colocadas de manera conjunta por cada punto de muestreo en bolsas de plástico herméticamente selladas.
- Para la determinación de nitratos y amonio, se conservó una pequeña submuestra de cada punto de muestreo en el refrigerador a 4°C, hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Análisis en el laboratorio

- Se obtuvieron extracciones de las muestras en el Laboratorio de Edafología Ambiental del Instituto de Geología, UNAM.
- Se colectó un total de 48 muestras compuestas y las extracciones se realizaron por duplicado. Se reporta la media de los duplicados.

Nitrógeno: Nitratos (NO₃) y Amonio (NH₄)

- Se pesaron 5 g de la muestra de suelo húmedo en un frasco y se agregaron 50 ml de la solución salina (1.0 M KCl; 1:10; Fernández *et al.*, 2006). Se agitó la solución durante 30 min, a 160 golpes por minuto, con un agitador recíproco y se filtró (papel filtro Whatman No. 40; Maynard *et al.*, 2007).
- La determinación se llevó cabo en el laboratorio de Ecología Fisiológica del Instituto de Ecología, UNAM, por el M. en C. Enrique Solís, con un autoanalizador de nitrógeno en el cual se cuantifican los nitratos y el amonio por colorimetría. Las soluciones se prepararon a partir de KNO₃ y NH₄Cl y se realizaron las lecturas en longitudes de onda de 410 y 660 nm, respectivamente.

Fósforo

- Se determinó la concentración de fósforo disponible con base en el método de Bray-Kurtz (Black, 1965a), ya que ha sido considerado como el más adecuado para suelos ácidos.
- Se pesó un gramo de suelo por muestra. Se agregaron 7 ml de la solución extractora (460 ml de agua destilada, 15 ml de NH_4F 1M y 25 ml de HCl 0.5M) y se agitó cada muestra manualmente durante un minuto. Se filtró inmediatamente el contenido a través de un papel filtro Whatman No. 40.
- Se cuantificó el P en los extractos por colorimetría en forma de complejo azul de molibdato de amonio, cuya absorbancia se leyó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 720 nm.
- 6 de las muestras fueron analizadas por el método de Olsen (Black, 1965b) debido a que presentaron un pH mayor a 7. Se extrajo el P con una solución de bicarbonato de sodio y se cuantificó colorimétricamente con el método del azul del molibdato de amonio, cuya absorbancia se leyó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 nm.

Cationes Intercambiables

- Para la determinación de cationes intercambiables en el suelo (K, Na, Ca y Mg), se pesaron 4 gr por muestra de suelo seco (al aire) y se agregaron 33 ml de solución de acetato de amonio 1N a pH 7 ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$). Se agitaron las muestras durante 10 min y se centrifugaron a 2500 rpm durante 5 min. Se filtró el sobrenadante. Dicho procedimiento se realizó tres veces.
- Para las determinaciones de Ca, Mg y K se hicieron diluciones (1:10, 1:50, 1:100 y 1:200), utilizando una solución de cesio (0.1%) y lantano (0.5%). Se prepararon las curvas correspondientes y se hizo la determinación en el espectrofotómetro de absorción atómica (Ca y Mg) y en el flamómetro (K).
- Para la determinación de Na se prepararon diluciones 1:2 con una solución de cloruro de cesio al 0.2% y se realizó la determinación en el flamómetro.

- Se realizaron los cálculos correspondientes para determinar la concentración de cada elemento con base en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ca cmol(+)}/\text{kg} = (a-b) \cdot \text{dilución} \cdot \text{fch} \cdot 100/10 \cdot 20.04 \cdot \text{peso del suelo}$$

$$\text{Mg cmol(+)}/\text{kg} = (a-b) \cdot \text{dilución} \cdot \text{fch} \cdot 100/10 \cdot 12.15 \cdot \text{peso del suelo}$$

$$\text{Na cmol(+)}/\text{kg} = (a-b) \cdot \text{dilución} \cdot \text{fch} \cdot 100/10 \cdot 23.0 \cdot \text{peso del suelo}$$

$$\text{K cmol(+)}/\text{kg} = (a-b) \cdot \text{dilución} \cdot \text{fch} \cdot 100/10 \cdot 39.10 \cdot \text{peso del suelo}$$

Donde:

a= mg/L de Ca, Mg, Na o K en la muestra diluida

b= mg/L en blanco

fch= factor de corrección de humedad

Análisis estadísticos

- Se realizó un análisis de componentes principales para establecer las variables que expresaron la variabilidad en los datos entre asociaciones vegetales (capacidad de campo (CC), DA, textura (% de arcilla), conductividad eléctrica (EC) y pH). Se generó el Biplot y el árbol de recorrido mínimo.
- Para evaluar el efecto del tratamiento (adentro y afuera de los revolcaderos, y en la superficie y a 8–13.5 cm de profundidad) en la DA y en la humedad, se empleó el estadístico no paramétrico Kruskal Wallis, ya que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad. Así mismo, se realizó una prueba de comparaciones múltiples por pares siguiendo la metodología propuesta por Conover (1999).

- Con base en la concentración de los nutrientes, se estimó la distribución de los datos mediante la prueba de normalidad (Shapiro Wilks). Se generó un modelo de efectos mixtos por medio de un análisis de cuadrados mínimos generalizados para evaluar la influencia del tratamiento (dentro y fuera del revolcadero) y la vegetación sobre la concentración de cada uno de los nutrientes analizados.
- Se generó un modelo con interacción entre el tratamiento y la vegetación y se obtuvo el gráfico de los residuos estandarizados contra los valores ajustados, dado que existió homogeneidad de varianza aparente. Para ello, se probaron tres modelos con estructura de varianza diferente y se seleccionó el más ajustado de acuerdo al criterio de información de AKAIKE.

Resultados

Descripción de los perfiles

Se obtuvo un modelo para identificar los principales tipos de suelo presentes en el área (Fig. 1). El sitio de estudio se encuentra ubicado sobre un abanico aluvial formado por el arrastre de sedimentos provenientes de la Sierra Madre Occidental. Dicho abanico presenta una pendiente casi nula (0.3%) y se encuentra seccionado en varias franjas activas (causes someros) que de manera episódica conducen escorrentía concentrada y ocasionalmente acumulan material aluvial en forma de cantos rodados y localmente sedimentos finos. La actividad del abanico ha ido migrando, de modo que las franjas de terreno inactivas presentan formación de suelo estructurado a partir del aluvión. Las asociaciones vegetales relacionadas con secciones inactivas del abanico corresponden al pastizal de pastos anuales y matorral de popotillo. Por otro lado, las franjas activas, por donde circula escorrentía concentrada, presentan una estratificación debido a la acumulación de material aluvial reciente sobre suelos incipientes formados con anterioridad. Dichas franjas corresponden a las corrientes o causes que atraviesan el potrero, en donde el tipo de asociación vegetal predominante lo constituyen los pastizales

de zacate guía y toboso. En estos suelos se presenta una acumulación de arcillas a mayor profundidad, debido a que en época de lluvias se presentan inundaciones temporales que permiten la infiltración del agua y favorecen tanto la formación como la iluviación de arcillas. El arroyo más grande, ubicado al W del potrero, constituye el de mayor caudal y por lo tanto el de mayor acumulación de agua. Las secciones del terreno abarcadas por dicho arroyo presentan suelos con alto porcentaje de arcillas y un alto grado de desarrollo de la estructura. Todos los suelos formados en las corrientes presentan una coloración anaranjado-rojiza, que indica procesos de oxidación, los cuales probablemente ocurrieron en otro sitio, y luego el material fue arrastrado y depositado en las partes bajas del abanico.

Los suelos se clasificaron como Regosoles, Cambisoles y Phaeozems, respectivamente (Fig. 1)

Todos presentaron una alta saturación de bases intercambiables. A excepción del Regosol, todos presentan un horizonte B, una profundidad mayor a 80 cm, con texturas que presentan un alto porcentaje de arcillas y una alta pedregosidad en superficie (20%) o que aumenta con la profundidad en el perfil (10-25 o 25-50%). La clasificación de los perfiles se presenta al final de este capítulo (Anexo 2).

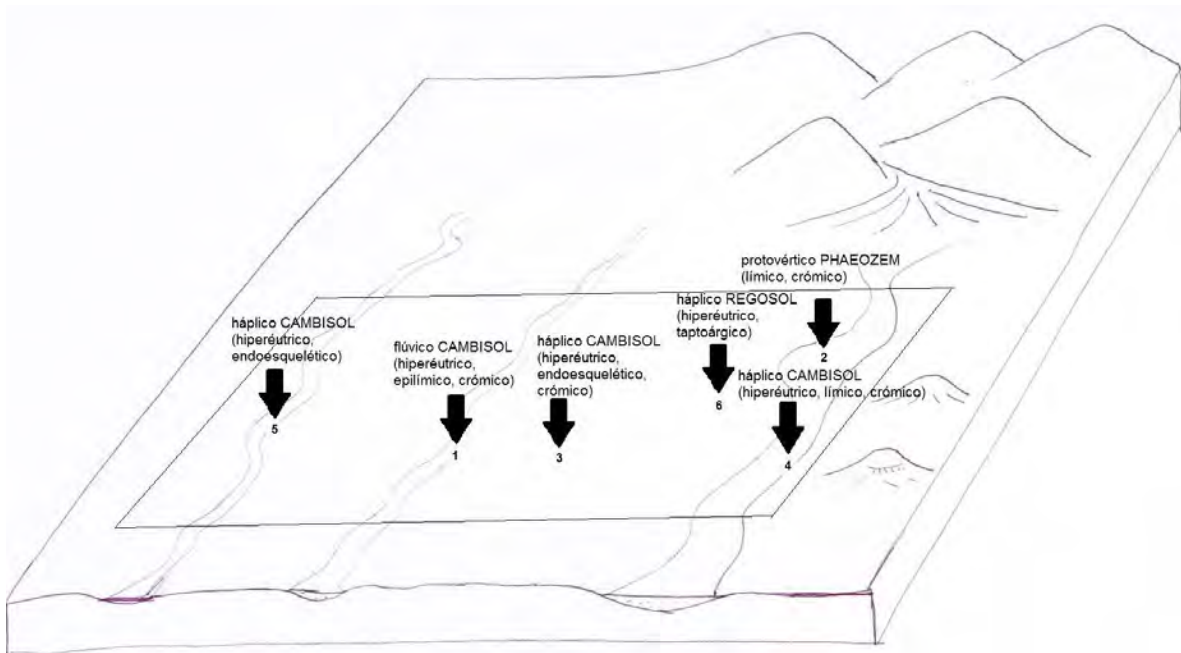


Figura 1. Principales tipos de suelo presentes en el área de estudio. El rectángulo delimita el potrero “El centro”. El norte se encuentra hacia abajo.

Ubicación y uso de los revolcaderos

Se registró un total de 219 revolcaderos dentro del potrero “El Centro”. Las principales asociaciones vegetales utilizadas para esta actividad corresponden a pastizal de toboso, pastizal de zacate guía y pastizal de pastos anuales (Tabla 1).

Tabla 1.- Uso de las distintas asociaciones vegetales para la generación de revolcaderos

Asociación vegetal	Número de registros	Registros %	Z de Bonferroni		
			Esperado	Observado	
Pastizal de toboso	93	42.5	0.135	0.420	Mayor uso
Pastizal de zacate guía	8	9.6	0.028	0.096	Mayor uso
Pastizal de pastos anuales	44	17.4	0.142	0.174	Uso proporcional
Pastizal de navajita	26	11.9	0.201	0.119	Menor uso
Matorral de popotillo con pastizal	35	14.2	0.415	0.142	Menor uso
Suelo desnudo	11	4.1	0.054	0.041	Uso proporcional
Pastizal en colonia de perritos	2	0.9	0.026	0.009	Menor uso

$X^2_{0.05} = 219.71, gl= 6 p>0.05$

Con base en la frecuencia de la conducta de revolcarse en el suelo, se observaron diferencias significativas entre las distintas épocas del año ($H= 86.85$, $p<0.0001$). Así, se determinó que los individuos se revuelcan con mayor frecuencia durante el verano y en menor frecuencia durante el invierno y el otoño. Al analizar la conducta por periodo del día también se encontraron diferencias significativas ($F= 102.95$, $p<0.0001$). En el periodo comprendido entre las 1000 y las 1400 hr la frecuencia de la conducta aumentó, siendo más evidente durante el verano. En primavera, invierno y otoño, la frecuencia disminuyó independientemente del periodo del día (fig. 2, tabla 2).

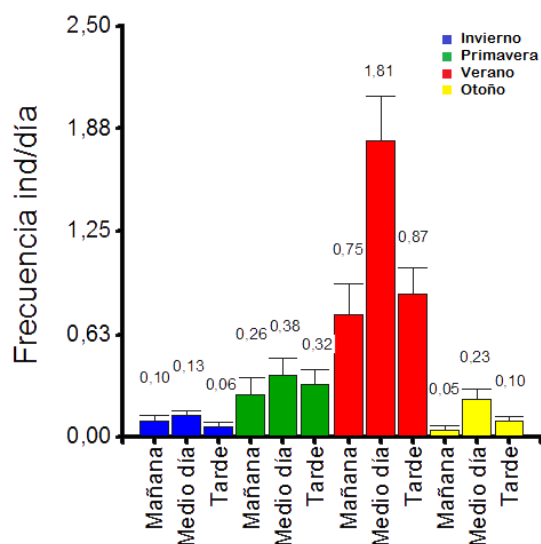


Figura 2.- Frecuencia de revolcarse por época del año y por periodo del día (EE).

Tabla 2. Análisis de la conducta de revolcarse por época del año y periodo del día.

Época del año	Tratamiento	Medias	Análisis no paramétrico Kruskal Wallis			
Otoño	Amanecer-1000 hrs	0,05	A			
Invierno	14 hrs-anochece	0,06	A	B		
Invierno	Amanecer-1000 hrs	0,10	A	B	C	
Otoño	14 hrs-anochece	0,10	A	B	C	
Invierno	1000 hrs-14 hrs	0,13	A	B	C	D
Primavera	Amanecer-1000 hrs	0,26		B	C	D
Otoño	1000 hrs-14 hrs	0,23			C	D
Primavera	14 hrs-anochece	0,32			C	D
Primavera	1000 hrs-14 hrs	0,38				D E
Verano	Amanecer-1000 hrs	0,75				E
Verano	14 hrs-anochece	0,87				E F
Verano	1000 hrs-14 hrs	1,81				F

*Las letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos

Por otro lado, se encontraron diferencias significativas entre las épocas de invierno ($H= 13.39$, $p= 0.0328$), otoño ($H= 15.39$, $p=0.0183$) y verano ($H= 29.77$, $p=0.0002$) tanto entre sexos como por periodo del día. Sin embargo, durante la primavera, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($H= 7.04$, $p=0.4931$). Se determinó que durante el invierno, las hembras y los becerros, durante la mañana y al medio día, se revuelcan más que los machos; en otoño, la frecuencia de la conducta es muy baja por la mañana y aumenta al medio día. Aunque este patrón se repite durante el verano, la frecuencia aumenta notablemente y la diferenciación entre los sexos es más evidente. Los machos se revuelcan con mayor frecuencia que las hembras y éstas a su vez se revuelcan más que los becerros, no obstante, en general la conducta se incrementa al medio día. Durante esta época del año, la frecuencia de la conducta aumentó independientemente del sexo del individuo. En general, se observó que durante la mañana y por la tarde, los becerros y las hembras son quienes presentan en menor frecuencia la conducta, a excepción del invierno, en donde los machos presentan la conducta en menor proporción (Fig. 3).

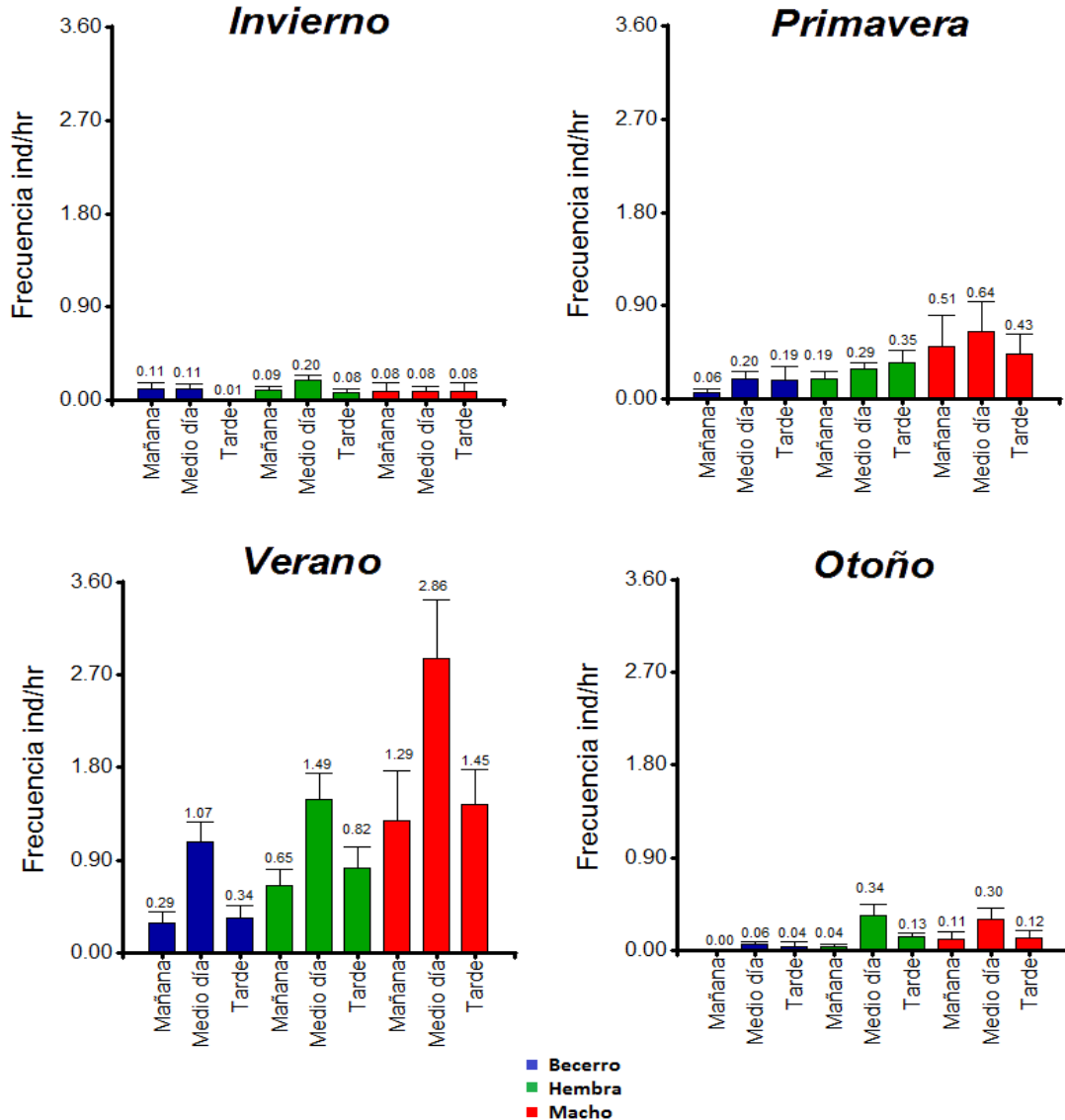


Figura 3.- Frecuencia de revolcarse por época del año, por periodo del día y por sexo (EE).

Efecto de los revolcaderos en la diversidad y abundancia de la vegetación

Vegetación

Se registró un total de 27 especies de pastos anuales y hierbas, de las cuales 20 se encontraron en la asociación de pastos anuales, 17 en la asociación de zacate guía y 12 en el toboso.

Se determinó que la riqueza de especies vegetales no dependió del tratamiento para ninguna de las asociaciones vegetales: pastizal de pastos anuales ($\chi^2= 26.449$, $p= 0.2329$), pastizal de toboso ($\chi^2= 9.991$, $p= 0.4413$), pastizal de zacate guía ($\chi^2= 12.018$, $p= 0.8463$).

Al considerar únicamente el tratamiento, independientemente de la asociación vegetal, se encontró que se comparten 18 especies (67%). Dentro de los revolcaderos se encontraron cinco especies diferentes y afuera de éstos, otras cinco.

A partir del análisis de varianza para evaluar si existían o no diferencias en las variables altura y cobertura, se encontraron las siguientes diferencias significativas entre los tratamientos: en la asociación de pastos anuales, para la variable altura ($F= 6.50$, $p= 0.0121$), las plantas presentaron una mayor altura fuera de los revolcaderos. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la cobertura para dicha asociación ni en el resto de las asociaciones con base en los parámetros de la vegetación adentro y afuera de los revolcaderos (Tabla 3).

Tabla 3.- Análisis de varianza entre tratamientos (adentro y afuera del revolcadero) y las variables de la vegetación (altura y cobertura).

		Cobertura				
		gl	suma de cuadrados	cuadrados medios	F	p
Pastizal de toboso	Tratamiento	1	0.014506	0.014506	0.0204	0.8868
	Error	63	44.748174	0.710288		
	C. Total	64	44.76268			
Pastizal de pastos anuales	Tratamiento	1	0.046831	0.046831	0.2857	0.594
	Error	117	19.176957	0.163906		
	C. Total	118	19.223789			
Pastizal de zacate guía	Tratamiento	1	0.004025	0.004025	0.0072	0.9327
	Error	92	51.708294	0.562047		
	C. Total	93	51.712319			

		Altura				
		gl	suma de cuadrados	cuadrados medios	F	p
Pastizal de toboso	Tratamiento	1	54.9763	54.9763	1.5543	0.2171
	Error	63	2228.2775	35.3695		
	C. Total	64	2283.2538			
Pastizal de pastos anuales	Tratamiento	1	130.028	130.028	6.5033	0.0121*
	Error	117	2339.3249	19.994		
	C. Total	118	2469.3529			
Pastizal de zacate guía	Tratamiento	1	13.7426	13.7426	0.2184	0.6413
	Error	92	5788.3957	62.9173		
	C. Total	93	5802.1383			

*Diferencias significativas entre tratamientos

Suelo

Presencia de sales solubles

Se muestra la tabla con los resultados obtenidos de la medición de CC, DA, % de arcilla, CE y pH de cada una de las muestras obtenidas (Anexo 1). En general, los suelos presentaron una densidad aparente mediana y mediana-alta, con texturas francas, franco arcillo limosas y arcillo limosas. Los suelos con pastos anuales fueron los que presentaron un bajo porcentaje de arcillas, a diferencia del pastizal de toboso y zacate guía. Los pH correspondieron principalmente a valores ácidos y la CE fluctuó en un intervalo de 0.57 a 2.00 dS/m. Con base en los resultados de X^2 del análisis multivariado de componentes principales, se muestra que sólo los tres primeros componentes presentan diferencias significativas (Tabla 4), pero con los dos primeros se puede explicar el 81.5% de la variabilidad de las observaciones. El primer componente (CC, DA, % de arcilla) explica el 57.72% de la variabilidad y el segundo (CEpF1.8 y pH) el 23.76 % (Tabla 4; Figura 4). En la gráfica se puede observar que la diferenciación de la asociación de pastos anuales se debió principalmente por la DA, mientras que las asociaciones de toboso y zacate guía se relacionaron más con el resto de las variables, principalmente el porcentaje de arcilla, la CC y el pH. Con el árbol de recorrido mínimo se puede destacar que no necesariamente las muestras a y b del mismo punto presentan la mayor relación entre ellas.

Tabla 4. Resultados del análisis de componentes principales.

No. de componente	Eigenvalor	Porcentaje	Porcentaje acumulado	X^2	gl	p
1	2.886	57.727	57.727	106.72	10.097	<0.0001
2	1.188	23.768	81.494	55.622	9.276	<0.0001
3	0.6104	12.207	93.702	28.608	5.987	<0.0001
4	0.2285	4.569	98.271	7.16	3.173	0.0759
5	0.0865	1.729	100	0	0.174	1

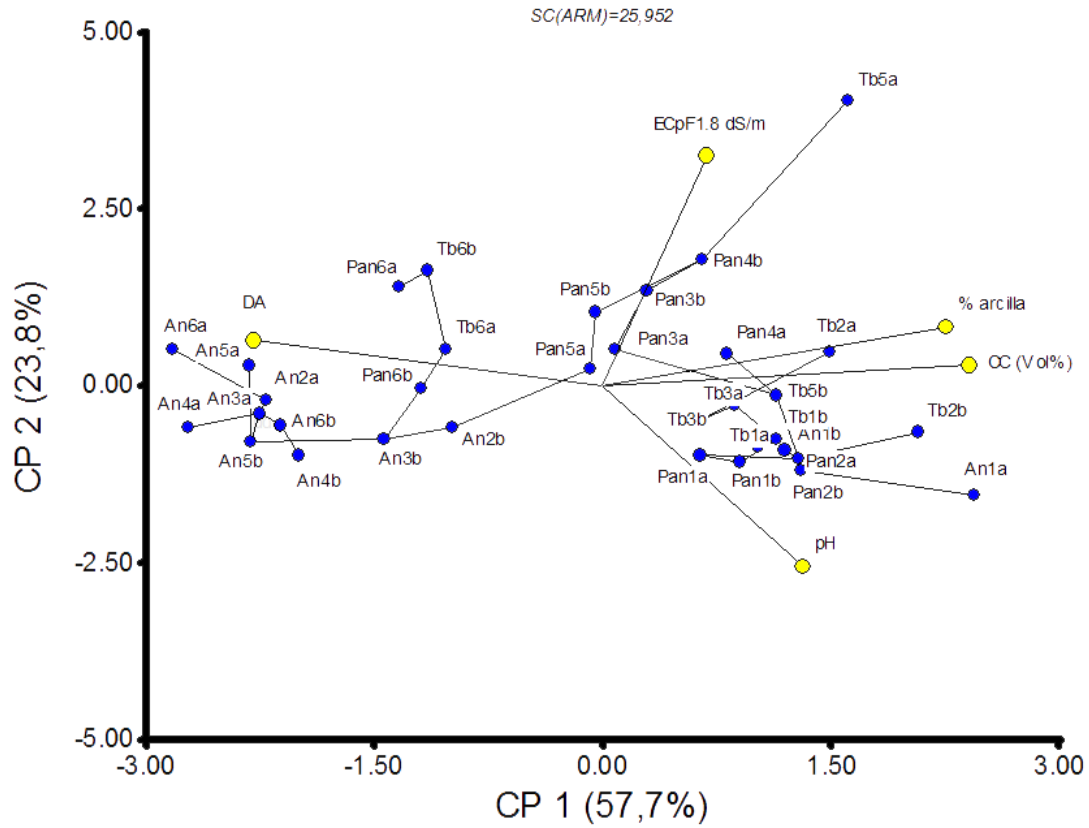


Figura 4.- Árbol de recorrido mínimo. An (pastizal de pastos anuales), Pan (pastizal de zacate guía), Tb (pastizal de toboso); a (adentro), b (afuera).

DA y humedad

Con base en los análisis de laboratorio, se encontraron diferencias significativas en la humedad ($H= 247.10$, $p= <0.0001$) y la DA del suelo ($H= 157.63$, $p= <0.0001$) entre los distintos tipos de asociación vegetal preferentes para la actividad de revolcarse. La DA fue mayor en los pastos anuales (1.49 g/cm^3) seguida por la asociación de zacate guía (1.30 g/cm^3); el toboso presentó la menor densidad aparente en el suelo (1.23 g/cm^3). Respecto a la humedad, la asociación de zacate guía presentó el mayor valor (10.5%), seguido por el toboso (7.6%) y los pastos anuales (4.8%).

En relación a cada tipo de asociación vegetal, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (adentro y afuera de los revolcaderos) para los valores de humedad en la asociación de zacate guía ($H= 1.98$, $p= 0.5764$). Para la asociación de pastos anuales, se encontraron diferencias significativas con base en la profundidad pero independientemente del tratamiento (adentro y afuera; $H= 14.51$, $p= 0.0023$), ya que se obtuvieron valores de humedad más altos a una profundidad de 8 a 13.5 cm (dentro= 5.39%; afuera= 4.99%) que en la superficie (dentro= 4.70%; afuera= 4.25%). Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en la asociación de toboso ($H= 9.65$, $p= 0.0218$). Se determinó un mayor porcentaje de humedad dentro del revolcadero, a ambas profundidades (superficie= 8.08%; 8-13.5 cm= 8.59%), que afuera de éste (superficie= 6.5%; 8-13.5 cm= 7.27%, Fig. 5).

Para los valores de DA, se encontraron diferencias significativas en la asociación de pastos anuales ($H= 17.33$, $p=0.0007$), ya que se obtuvieron valores más altos dentro de los revolcaderos (superficie= 1.54 g/cm^3 ; 8-13.5 cm= 1.54 g/cm^3) que afuera de éstos (superficie= 1.42 g/cm^3 ; 8-13.5 cm= 1.46 g/cm^3). En las asociaciones de pastizal de zacate guía y toboso no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($H= 6.50$, $p= 0.0896$ y $H= 7.58$, $p= 0.0554$, respectivamente, Fig. 5).

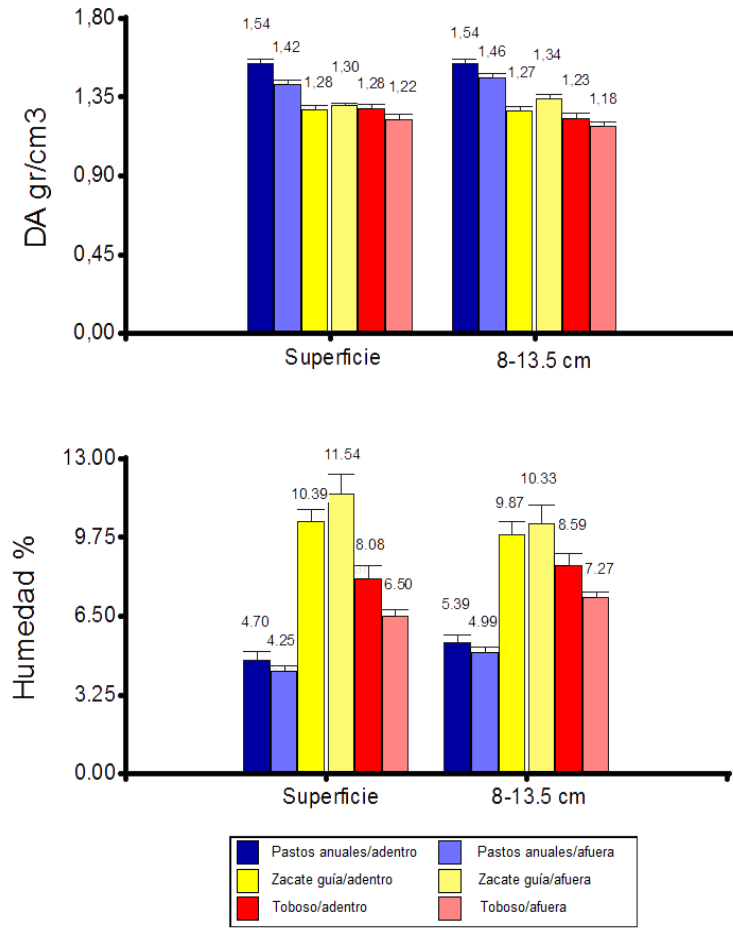


Fig. 5.- Densidad aparente (DA) y humedad volumétrica del suelo por tipo de asociación vegetal y por tratamiento (adentro y afuera de los revolcaderos). Las barras representan el error estándar.

Nutrientes

Con base en los resultados obtenidos por el modelo de efectos mixtos, para evaluar la influencia del tratamiento (adentro y afuera del revolcadero) y la vegetación sobre la concentración de cada uno de los nutrientes analizados, se determinó que existen diferencias significativas entre los distintos tipos de asociación vegetal respecto a la concentración de nutrientes ($F\text{-value} = 2.69$, $p = 0.0021$), excepto en la concentración de NH_4 . La asociación de toboso fue la que presentó el mayor promedio para las concentraciones de Ca, Mg, P y NH_4 .; el pastizal de zacate guía presentó los promedios más altos en las concentraciones

de K y NO₃ y la asociación de pastos anuales presentó el promedio más alto en la concentración de Na. Sin embargo, no existieron diferencias asociadas a los tratamientos, es decir, la concentración de P, cationes intercambiables, NO₃ y NH₄, adentro y afuera de los revolcaderos, no varió significativamente (F-value= 0.04, p= 0.9998; Tabla 5).

Tabla 5. Medias de los elementos por tipo de asociación vegetal.

Asociación vegetal/Elemento	Ca (cmol(+)/kg)	K (cmol(+)/kg)	Mg (cmol(+)/kg)	Na (cmol(+)/kg)	P (mg/kg)	NO ₃ (ppm)	NH ₄ (ppm)
Pastizal de Toboso	18.91*	2.4	5.24*	0.07	66.31*	0.77	1.3*
Pastizal de zacate guía	12.61	2.69*	4.81	0.1	46.58	0.89*	1.27
Pastizal de pastos anuales	6.10	1.83	2.72	0.22*	42.55	0.48	1.05

*Indica el valor máximo de la media por elemento

Discusión y Conclusiones

Descripción de los perfiles

Las asociaciones de toboso y zacate guía se encontraron principalmente en las zonas activas del abanico aluvial que corresponden a los arroyos con flujo subsuperficial que forman pequeñas hondonadas en el paisaje (Bull, 1991), lo que indica que estas dos especies se encuentran relacionadas con la humedad del suelo. Se ha estudiado el crecimiento de este tipo de pastos, dependientes de un gran volumen de agua y se ha visto que *H. mutica* (toboso) necesita 100 mm de agua para despertar de su letargo y continuar su crecimiento (Reyes *et al.*, 1996). De igual manera, *P. obtusum* (zacate guía) crece en pequeñas depresiones en donde el agua se acumula, aunque se puede establecer en una gran variedad de suelos (Leithead *et al.*, 1976). Al requerir de grandes cantidades de agua, estas especies necesitan establecerse en sitios en donde la humedad es mayor y persiste por más tiempo, como es el caso de los arroyos activos que atraviesan el potrero. Es así como este tipo de pastos puede adaptarse a regiones tan áridas.

Se ha encontrado que en el matorral halófito, *H. mutica* (toboso) representa una especie dominante al establecerse en sitios con baja pendiente y una alta concentración de sales (CONANP-SEMARNAT, 2006). Esta especie frecuentemente se encuentra asociada a otras gramíneas como *Chloris virgata*, *Eriochloa contracta*, *Bouteloua barbata* y *Aristida adscencionis*, tal y como sucede en nuestra área de estudio.

Ambas especies son utilizadas como forraje, aunque *P. obtusum* (zacate guía) tiende a ser menos palatable que el resto de las gramíneas. El toboso presenta un alto valor forrajero durante la época de floración (julio), aunque es menos palatable que el pasto navajita (*B. gracilis*; Leithead *et al.*, 1976).

El resto de los pastos dominantes en el potrero se encuentran sobre las franjas inactivas del abanico aluvial, es decir, en donde ya no se presenta un escurrimiento ni arrastre de sedimentos actual (Bill, 1991). El agua no se concentra en grandes cantidades ni permanece en la superficie por mucho tiempo, por lo que gran parte de ésta se evapora o se infiltra con rapidez. Las plantas que se establecen en estas zonas corresponden a especies adaptadas a la sequía y tolerantes a una alta concentración de sales, como es el caso del pasto navajita (*B. gracilis*) y el arbusto *E. trifurca*, las cuales no toleran inundaciones temporales (Leithead *et al.*, 1976). *A. adscencionis* es catalogada como una especie exótica que crece en pastizales degradados (Allred, 2007).

Debido a que el valor máximo de erosión se encuentra en lugares en donde la precipitación es de 300 mm, al ser el agua el agente geomórfico más importante (Monger y Bestelmeyer, 2006), es indispensable promover el crecimiento de los pastos nativos, ya que al haber una invasión de elementos arbustivos, éstos limitan el establecimiento de los pastos, dejando gran parte del suelo sin una cobertura vegetal que amortigüe la pérdida de material edáfico (Monger y Bestelmeyer, 2006). Los pastos nativos, como *H. mutica* y *P. obtusum*, además presentan una función de trampa para captación de agua (Reyes *et al.*, 1996).

En zonas sin cobertura vegetal, el proceso de humedecimiento y secado del suelo se presenta en periodos cortos de tiempo y varía en profundidad, lo que no permite el establecimiento de vegetación (Reyes *et al.*, 1996). Sin embargo, al

seleccionar sitios de suelo desnudo para la generación de revolcaderos, y al ser éstos, reservorios de agua por un periodo más largo de tiempo, los bisontes promueven el crecimiento de la vegetación disminuyendo de esta manera, el impacto de la erosión. Así mismo, con las actividades de revolcarse y frotarse, los bisontes eliminan o dañan especies arbustivas, sobre todo cuando éstas aún presentan un tamaño pequeño, restringiendo su establecimiento (obs. per.; Coppedge and Shaw, 1997 y Gates *et al.*, 2010).

Ubicación y uso de los revolcaderos

Los tipos de asociaciones vegetales seleccionados preferentemente para la actividad de revolcarse, fueron los pastizales de toboso, zacate guía y pastos anuales. En las dos primeras asociaciones, que son las que se encuentran dentro de los arroyos, se registró el 52% del total de los revolcaderos generados por los bisontes (n= 219). Dichas asociaciones son seleccionadas probablemente debido a la textura más arcillosa y limosa y a la mayor humedad en el suelo que disminuye la temperatura del mismo. Es importante señalar que los sitios seleccionados para revolcarse dentro de cada asociación en general, correspondieron a parches de suelo desnudo, es decir, los bisontes no remueven la vegetación de la superficie, sino que buscan que el sitio se encuentre desprovisto de la cobertura vegetal.

Al analizar la conducta de revolcarse se sugieren diferentes hipótesis que determinan el origen de ésta (McMillan *et al.*, 2000). Se observó un incremento significativo en la frecuencia durante el verano, lo cual se encuentra directamente relacionado con un aumento en la temperatura y la humedad del ambiente. Para muchos insectos, estas condiciones resultan óptimas para su supervivencia y desarrollo, tal es el caso de la mosca cornuda (*Haematobia irritans*), la cual necesita de un valor alto de humedad relativa, una temperatura del aire alrededor de 32°C y una fuente constante de luz (Morgan, 1964). Las temperaturas mínimas no deben ser tan bajas como para inhibir la actividad de la mosca (como sucede en invierno), de manera que en verano (julio-septiembre), cuando la temperatura permanece más alta (tanto de día como de noche), es cuando se encuentran las

condiciones adecuadas que incrementan la actividad de esta especie de díptero cuyas mordidas son irritantes para los bisontes. Aunque no se midieron densidades de esta especie de díptero, con base en las observaciones se pudo denotar la molestia que causan las moscas a los bisontes (Fig. 6).



Figura 6. Bisonte macho cubierto por varios individuos de la mosca cornuda, las mayores densidades se presentan en la cabeza y en los flancos.

La frecuencia de la conducta aumentó, independientemente de la época del año, durante el periodo comprendido de las 1000 a las 1400 hrs. Dicho aumento en la frecuencia fue más evidente durante el verano, por lo que se puede asociar con la hipótesis de termorregulación. Ya que al elevarse las temperaturas, los ectoparásitos disminuyen su actividad y permanecen escondidos entre las zonas más densas del pelaje de los individuos, lo que sugiere que los bisontes se revuelcan para remover el suelo superficial y exponer el suelo que presenta una temperatura más fresca.

Así mismo, se observó que los machos se revuelcan con mayor frecuencia que las hembras durante el verano, que aunque puede estar relacionado con la dominancia entre machos por la época de apareamiento (la conducta se llegó a presentar acompañada de una conducta agonística muy pocas veces), la competencia debe ser baja, ya que son sólo 3 machos que aún no alcanzan el

tamaño de adultos y existe una alta disponibilidad de hembras. Se ha reportado que la carga parasitaria de las moscas está relacionada con el tamaño del individuo, la secreción de hormonas del estrés (cortisol) y la edad del hospedero, lo cual a su vez refleja el estado de salud del mismo (Morgan, 1964). Esto nos permite suponer que los machos presentan una mayor carga parasitaria que las hembras y los becerros y por lo tanto, se revuelcan con mayor frecuencia.

Se observó que la conducta se presentó a la inversa durante el invierno aunque en menor proporción, las hembras y los becerros se revolcaron más que los machos, esto puede estar relacionado como una conducta de juego o para afianzar lazos entre las hembras y sus becerros.

Se ha observado que esta conducta corresponde principalmente a individuos adultos. Sin embargo, se observó que los becerros desde el primer mes de edad empiezan a intentar desarrollarla, sin lograr girar sobre el dorso por completo pero sí levantando las patas.

Se observó también, que en las colonias de perritos, los bisontes se frotaron con frecuencia sobre las madrigueras. En ocasiones se revolcaron sobre éstas, pero la pendiente constituyó un factor para que giraran $>180^\circ$, lo que llegó a asustarlos y desalentar la actividad. Las madrigueras al estar constituidas de material menos compactado, debido a la actividad de los animales excavadores, constituyen un micro sitio seleccionado por los bisontes para frotarse, tal y como lo reporta Copeddge (1999) en madrigueras de coyote y tejón.

Efecto de los revolcaderos en la diversidad y abundancia de la vegetación

Vegetación

Al determinar el efecto que los revolcaderos tienen actualmente en la riqueza de la vegetación, se observó que no existen diferencias en las especies de plantas que crecieron durante esta temporada dentro de los revolcaderos comparadas con las especies que crecieron fuera de éstos. A pesar de que hubo algunas especies que se registraron únicamente dentro y viceversa, ninguna presenta características

específicas que impidan se establezcan dentro o fuera de los revolcaderos, por lo que las diferencias se atribuyen al muestreo.

Así mismo, las variables altura y cobertura no se vieron influenciadas por el efecto del tratamiento (revolcaderos). La única asociación que presentó una diferencia en la altura de las plantas entre tratamientos, fue la asociación de pastos anuales. Bajo dicha asociación se presentaron los valores más altos de DA del suelo y fue la única que presentó una diferencia significativa entre los tratamientos: la densidad dentro de los revolcaderos fue mayor. Se ha determinado que al incrementar la DA del suelo se reduce el espacio poroso, reduciendo la capacidad de aireación, limitando el drenaje y aumentando la dificultad en la penetrabilidad de raíces, por lo que se reduce el crecimiento de las plantas (Bartholomew y Williams, 2010). Un aumento en la DA disminuye el número de hojas y la biomasa de los brotes y las raíces (Bartholomew y Williams, 2010; Bradshaw y Chadwick, 1980; Wilson *et al.*, 2013). El crecimiento de los pastos anuales en sitios con alta DA se facilita debido a que estas especies presentan raíces cortas y delgadas. Sin embargo, el aumento de la DA dentro del revolcadero limitó el crecimiento de los pastos en esta asociación.

Suelos

DA y humedad

Los suelos en las asociaciones de toboso y zacate guía presentaron un porcentaje más alto de arcillas (42.5%), debido a que el agua de escorrentía transporta a las arcillas en suspensión hasta estos sitios, en comparación con el suelo presente en la asociación de pastos anuales (24.2%); y una densidad aparente menor. Aunque los suelos de texturas finas tienden a ser más susceptibles a la compactación (Barik *et al.*, 2011; Wilson *et al.*, 2013), se ha estudiado que el tamaño de los agregados en un suelo con textura gruesa presenta un efecto positivo en la compactación (Barik *et al.*, 2011). Así mismo se han reportado valores más altos de DA en suelos arenosos por la ausencia de microporos y se ha atribuido una relación con la cantidad de agua en el suelo: una disminución en la cantidad del

agua, incrementa el contacto entre las partículas, es decir, incrementa las fuerzas de cohesión al disminuir la presión del agua en los poros (Barik *et al*, 2011; Koolen y Kuipers, 1983). De esta forma, los suelos con texturas finas que presentan un buen grado de estructura (CAMBISOL flúvico (hiperéutrico, epilímico, crómico); PHAEOZEM protovértico (límico, crómico)) formarán agregados de mayor tamaño que se comportarán como una sola partícula, por lo que presentan mayor resistencia a la compactación que los suelos de textura gruesa que presentan pocos y pequeños agregados (REGOSOL háplico (hiperéutrico, thaptoárgico)).

Por esta razón, los revolcaderos formados en los suelos de textura fina que presentaron una mayor resistencia a la compactación, no mostraron diferencias significativas al comparar los tratamientos. Estas diferencias probablemente comiencen a verse reflejas en un periodo más largo, en donde los revolcaderos sean utilizados bajo regímenes de humedad más elevados (la arcilla debe encontrarse a capacidad de campo para compactarse), que faciliten la compactación en este tipo de suelos con una baja estabilidad de agregados.

Los revolcaderos representan una estructura cóncava que permite la acumulación de agua por más tiempo (Polley y Collins, 1984). Se ha reportado que la producción de retoños se incrementa significativamente con un alto potencial de agua y una densidad aparente moderada (Tokunaga, 2006). Dichas condiciones se presentan dentro de los revolcaderos en las asociaciones de pastizal de toboso y zacate guía. Este tipo de suelos, al presentar texturas más finas, que permiten que la permeabilidad del agua sea más lenta, presentaron valores de humedad más altos. En la Estación Biológica Konsa Prairie, se evaluó la diversidad diferencial de plantas, dentro y fuera de los revolcaderos, y se determinó la presencia de ciertas especies únicamente dentro de éstos (McMillan, 2011). Durante el periodo de muestreo en nuestro sitio de estudio, se obtuvo un valor de precipitación por debajo de la media anual, lo cual no favoreció el crecimiento de la cobertura vegetal. Por esta razón, es importante señalar que un muestreo a largo plazo que incluya una representación de la variabilidad estacional y anual de los parámetros ambientales nos permitirá determinar si existen o no diferencias atribuidas al efecto de los revolcaderos. Durante las

observaciones preliminares en el año 2010 (precipitación media anual= 279.9 mm; Unifrut, 2011), se observó el crecimiento de un marcado parche de vegetación dentro de los revolcaderos, al contrario de lo observado durante el año de muestreo.

Se debe tomar en cuenta que los suelos con una buena estructura asociados a una baja densidad aparente y a un alto contenido de arcillas, son más susceptibles a la degradación, sobre todo, si como en nuestro sitio de estudio se encuentran en los arroyos activos que cruzan el potrero.

Nutrientes

Las menores concentraciones de nutrientes se presentaron en la asociación de pastizal de pastos anuales, en donde los suelos presentaron un mayor porcentaje de arenas. La lixiviación de los nutrientes, tiende a ser más rápida en este tipo de suelos ya que presentan una baja capacidad de intercambio catiónico, al contrario de lo que ocurre en los suelos con un mayor porcentaje de arcillas y limos (Schaetzl y Anderson, 2005; Whitehead, 2000). En algunos sitios de pastizal, las pérdidas de Ca, Mg y Na debido a la lixiviación son más grandes que las obtenidas en el forraje cosechado (Whitehead, 2000).

De esta manera, esperaríamos que el efecto en la acumulación de nutrientes debido a las actividades biológicas de los bisontes fuera más evidente en las asociaciones de tobozo y zacate guía. Sin embargo, no se apreció un efecto significativo de los revolcaderos.

La velocidad de lixiviación se reduce cuando la cantidad de amonio producido por la orina se aprovecha rápidamente, favoreciendo la absorción de cationes por las plantas. La secreción de los cationes es mayor en la orina que en las excretas, además de que en la orina los macronutrientes tienden a infiltrarse más rápido por el suelo debido a los macroporos (Whitehead, 2000). Si se toma en cuenta que cada individuo de ganado doméstico puede aportar entre 0.05 y 0.1 kg/m² N en cada deposición de orina (8-12 veces/día) y entre 0.02 y 0.08 kg/m² N en cada excreta (10 veces/día; Bellows, 2001) y que el N es el elemento que se

recicla más rápidamente en el ambiente, ya que es altamente móvil en la solución del suelo, se lixivia fácilmente y su disponibilidad en el suelo es regulada principalmente por procesos bióticos (Wedin, 1996), necesitamos un número mayor de individuos y realizar un muestreo en un tiempo más corto, entre el momento en que los individuos utilizan los revolcaderos y se toman las muestras, para observar las diferencias.

Se ha estimado la cantidad aproximada de cationes que se reciclan en la orina y las excretas del ganado, a una densidad de 700 ind-día/ha*año, de cada macronutriente (K= 128kg/ha; Na= 22 kg/ha; Ca= 49 kg/ha; Mg= 24 kg/ha; Witthead, 2000). Si comparamos estos valores con la densidad de nuestro grupo de estudio (0.02 ind-día/ha*año), podemos observar que la aportación del reciclaje de los macronutrientes por los bisontes es mínima. Si además se considera que la manada tenía solamente 3 años de haber sido reintroducida en el sitio, podemos concluir que efectivamente, no podemos esperar un cambio en la concentración de los nutrientes en el suelo apreciable, por lo que no pudimos observar un impacto de los revolcaderos. La cantidad de nutrientes excretados es mínima y la mayoría de los cationes es aprovechada por las plantas o retenida en los primeros centímetros del suelo. Por esta razón, podemos atribuir que las diferencias relacionadas con el tipo de suelo, se deben principalmente a procesos geomorfológicos que constituyen un impacto, por mucho más grande, tanto a una escala temporal como espacial, que el efecto que los bisontes pueden causar en este periodo siendo tan pocos individuos. Es decir, los pastos están respondiendo a la dinámica de suelos y no a la actividad de los bisontes.

Sin embargo, conforme el número de individuos se incremente en el área, será necesario volver a evaluar el impacto que será perceptible a una escala mayor de tiempo (10, 20, 50 años).

El factor limitante en el crecimiento de las plantas en nuestro sitio, es el porcentaje de humedad en el suelo, ya que la concentración de nutrientes presenta valores adecuados para obtener un máximo rendimiento de forraje. En particular, el K constituye el catión que más contribuye en el mantenimiento del potencial osmótico (apertura y cierre de los estomas), lo que permite a las plantas

adaptarse a la sequía, un factor muy recurrente en la región de Janos. Los valores que obtuvimos de las mediciones de K exceden por mucho el valor de concentración necesario para obtener el máximo rendimiento del forraje en pastizales (>114 mg/kg; Withehead, 2000).

Con base en los estudios realizados previamente para analizar el efecto de los revolcaderos en las propiedades del suelo, se obtuvieron diferencias en las concentraciones de NO₃, NH₄, P, Mg, pH, textura y humedad del suelo, tomando en cuenta una manada de 625 individuos y un periodo de establecimiento de 50 años bajo condiciones de precipitación más elevadas (Polley y Collins, 1984; Polley y Wallace, 1986).

Debido a que nuestro sitio se encuentra ubicado en la parte media de un abanico aluvial de edad intermedia, puede tener un buen rendimiento en el crecimiento de la vegetación natural integrando los impactos que las actividades de los bisontes pueden generar. Por ello es necesario realizar un estudio prolongado que nos permita tener una mayor representación de la variabilidad ambiental que influye en el crecimiento de la vegetación y obtener un seguimiento de los cambios generados en las propiedades del suelo y de la cobertura vegetal.

Anexo 1.- Valores de CEpF1.8 y pH por asociación vegetal

Vegetación	Muestra	Tratamiento	CC (Vol%)	DA	Textura	% arcilla	CEpF1.8 dS/m	pH
Pastos anuales	An1	Adentro	50.5	1.14	RL	50	0.57	7.24
Pastos anuales	An2	Adentro	30.5	1.55	C	20	1.01	5.96
Pastos anuales	An3	Adentro	30.5	1.57	C	20	0.90	6.03
Pastos anuales	An4	Adentro	30.5	1.67	C	20	0.55	5.8
Pastos anuales	An5	Adentro	35.5	1.53	CLf	10	0.97	5.23
Pastos anuales	An6	Adentro	30.5	1.77	C	20	1.31	5.73
Toboso	Tb1	Adentro	41	1.27	CRL	35	1.55	7.63
Toboso	Tb2	Adentro	44	1.30	RL	50	1.84	6.82
Toboso	Tb3	Adentro	39	1.21	CLf	35	1.78	7.23
Toboso	Tb4	Adentro	49.5	1.08	R	70	1.48	6.6
Toboso	Tb5	Adentro	44	1.23	RL	50	0.98	5.49
Toboso	Tb6	Adentro	37	1.61	CRL	35	1.41	6.06
Zacate guía	Pan1	Adentro	40.5	1.17	CR	35	0.87	6.67
Zacate guía	Pan2	Adentro	41.5	1.18	RL	50	0.71	6.94
Zacate guía	Pan3	Adentro	41.5	1.42	RL	50	0.94	5.48
Zacate guía	Pan4	Adentro	41.5	1.12	RL	50	0.95	5.32
Zacate guía	Pan5	Adentro	38.5	1.25	CRL	35	1.21	5.79
Zacate guía	Pan6	Adentro	34.5	1.53	CRL	35	1.66	5.32
Pastos anuales	An1	Afuera	41.5	1.24	RL	50	0.90	6.93
Pastos anuales	An2	Afuera	35.5	1.25	C	20	0.79	5.88
Pastos anuales	An3	Afuera	35.5	1.45	C	20	0.71	6.12
Pastos anuales	An4	Afuera	30.5	1.52	C	20	0.75	6.43
Pastos anuales	An5	Afuera	33.5	1.56	CLf	10	0.70	6.07
Pastos anuales	An6	Afuera	30.5	1.53	C	20	0.88	6.14
Toboso	Tb1	Afuera	41	1.18	CRL	35	1.52	7.37
Toboso	Tb2	Afuera	44	1.03	RL	50	1.17	6.89
Toboso	Tb3	Afuera	39	1.26	CLf	35	1.53	7.14
Toboso	Tb4	Afuera	49.5	1.05	R	70	1.32	6.83
Toboso	Tb5	Afuera	44	1.17	RL	50	0.80	5.86
Toboso	Tb6	Afuera	37	1.65	CRL	35	2.00	5.68
Zacate guía	Pan1	Afuera	40.5	1.16	CR	35	1.07	7.08
Zacate guía	Pan2	Afuera	41.5	1.18	RL	50	0.78	6.84
Zacate guía	Pan3	Afuera	41.5	1.37	RL	50	1.49	5.31
Zacate guía	Pan4	Afuera	41.5	1.30	RL	50	1.96	5.43
Zacate guía	Pan5	Afuera	38.5	1.26	CRL	35	1.72	5.63
Zacate guía	Pan6	Afuera	34.5	1.52	CRL	35	0.99	5.98

Anexo 2.- Catena representativa de los suelos del sitio de estudio

PERFIL 01- Pastizal de zacate guía (Fig. 7)

1.- Información acerca de la localidad:

- a. Número del perfil: 01
- b. Nombre del sitio: REU, Janos, Chihuahua
- c. Clasificación del suelo: CAMBISOL flúvico (hiperéutrico, epilímico, crómico)
- d. Fecha de la descripción: 26 de agosto de 2012
- e. Autor: Ana Laura Nolasco Vélez y Gerardo Jiménez Galicia
- f. Localización: a 5.1 km al W del Ejido San Pedro
- g. Coordenadas UTM (datum WGS84) 0744521, 3416660
- h. Altitud: 1412 msnm
- i. Forma del terreno: Cause somero con escorrentía esporádica dentro de abanico aluvial sin pendiente
- j. Pendiente: casi sin inclinación (0.3%), exposición norte
- k. Uso de suelo o vegetación: pastizal natural de zacate guía.
- l. Clima: BSk
- m. Precipitación media anual: 306.7 mm; Temperatura media anual: 15.7°C

2.- Información general acerca del suelo:

- a. Material parental: depósito aluvial medio y fino proveniente de la ladera de montaña, mezcla de rocas riolíticas y basálticas.
- b. Drenaje natural excesivo
- c. Condiciones de humedad en el perfil: de seco a fresco
- d. Presencia de rocas superficiales: 20%
- e. Presencia de erosión: no
- f. Presencia de sales: no
- g. Influencia humana: no

3.- Descripción breve del perfil:

Perfil de 80 cm de profundidad con evidencia de estratificación, Presenta coloración rojiza, con límites claros y uniformes y alta pedregosidad a partir del tercer horizonte (2-10 y 10-25%). Estructura de tipo granular y subangular en bloques, con agregados de tamaño medio que rompen en finos y muy finos.

El perfil presenta pocos poros de tamaño fino vesiculares. La distribución de raíces es alta en los primeros 35 cm y se reduce conforme aumenta la profundidad.

4.- Descripción del perfil:

- | | | |
|-----|------------|---|
| Ah1 | 0-4/10 cm | Color café rojizo en húmedo (5 YR 4/4), textura franca, bajo contenido de materia orgánica (1.25), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura granular fina de grado moderado, pedregosidad <2%, pocos poros vesiculares e intersticiales finos, mediana DA, densidad alta de raíces, límite claro y uniforme. |
| Ah2 | 4/10-21 cm | Similar al anterior, pero con una estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, y un límite difuso e irregular. |

Bw	21-35 cm	Color café rojizo en húmedo (5 YR 4/4), textura franco arcillo limosa, con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad 10-25% de gravas medias y gruesas, pocos poros vesiculares e intersticiales finos, alta DA, densidad alta de raíces, límite claro y uniforme.
2Bw	35-48 cm	Color café rojizo en húmedo (5 YR 4/6), textura franco limosa fina, con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad 2-10% de gravas medias y gruesas, pocos poros vesiculares e intersticiales finos, alta DA, densidad media de raíces, límite claro y uniforme.
2BC	48-56 cm	Similar al anterior, pero con una coloración más roja (5 YR 4/8), una textura franco arcillosa, una baja reacción a carbonatos (0-0.5%) y una baja densidad de raíces.
3BC	56-80 cm	Color rojizo en húmedo (5 YR 4/8), textura franco arcillosa, con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura granular fina y muy fina de grado moderado, alta pedregosidad 10-25% de gravas medias, pocos poros vesiculares e intersticiales finos, alta DA.

5.- Procesos pedogenéticos dominantes:

Se muestran las estratificaciones originadas por el depósito del material parental conglomerado de tipo aluvial proveniente de la superficie cumbral y el lomo de ladera de la montaña que forma parte de la SMO. Hay un mantillo incipiente en la superficie originado por la acumulación de la materia orgánica muerta. El tipo de humus es mull. Se presenta un pH neutro que indica una alta saturación de bases. Se presentan dos horizontes BC y dos Bw claramente estratificados como resultado de distintas depositaciones de material acarreado por las corrientes subsuperficiales provenientes del S. La textura denota mayor porcentaje de arcillas en profundidad del perfil y una disminución hacia la superficie debido a la acumulación de nuevo material parental que detiene el proceso de pedogénesis.

La clasificación como CAMBISOL flúvico (hiperéutrico, epilímico, crómico) se basó principalmente en la identificación de un horizonte de diagnóstico Bw Cámbico, una estructura de grado moderado, alta saturación de bases, texturas medias y coloración anaranjada-rojiza, así como en la estratificación originada por material aluvial (cantos rodados),

6.- Características ecológicas:

El sitio presenta una conductividad hidráulica de alta a baja con un drenaje excesivo ya que el agua se infiltra con rapidez y el agua interna libre se encuentra sólo a gran profundidad. Existe una alta pedregosidad conforme aumenta la profundidad en el perfil, con cantos rodados medianos y gruesos. Presenta un volumen total de poros bajo, con una baja disponibilidad de agua.

PERFIL 02- Pastizal de toboso (Fig. 8)

1.- Información acerca de la localidad:

- a. Número del perfil: 02
- b. Nombre del sitio: REU, Janos, Chihuahua
- c. Clasificación del suelo: PHAEOZEM protovértico (límico, crómico)
- d. Fecha de la descripción: 26 de agosto de 2012
- e. Autor: Ana Laura Nolasco Vélez y Gerardo Jiménez Galicia
- f. Localización: a 7.6 km al SW del Ejido San Pedro
- g. Coordenadas (datum WGS84) 0742389, 3413838
- h. Altitud: 1419 msnm
- i. Forma del terreno: Cause somero con escorrentía esporádica dentro de abanico aluvial sin pendiente
- j. Pendiente: casi sin inclinación (0.3%), exposición norte
- k. Uso de suelo o vegetación: pastizal natural de toboso
- l. Clima: BSk
- m. Precipitación media anual: 306.7 mm; Temperatura media anual: 15.7°C

2.- Información general acerca del suelo:

- a. Material parental: depósito aluvial medio y fino proveniente de la ladera de montaña, mezcla de rocas riolíticas y basálticas.
- b. Drenaje natural bueno
- c. Condiciones de humedad en el perfil: de seco a fresco
- d. Presencia de rocas superficiales: 5%
- e. Presencia de erosión: no
- f. Presencia de sales: no
- g. Influencia humana: no

3.- Descripción breve del perfil:

Perfil de 80 cm de profundidad con una coloración oscura rojiza, textura arcillo limosa, límites claros y uniformes y baja pedregosidad.

Estructura subangular en bloques, con agregados de tamaño grueso y medio que rompen en medianos y finos. El último horizonte presenta una estructura masiva que rompe en subangular.

El perfil presenta poros comunes de tamaño fino vesiculares en el primer horizonte y pocos finos y muy finos intersticiales en los otros horizontes. La densidad de raíces es alta en los primeros 10 cm y se reduce conforme desciende el perfil.

4.- Descripción del perfil:

Ah	0-10 cm	Color oscuro rojizo en húmedo (5 YR 3/3), textura arcillo limosa, medio contenido de materia orgánica (2.5), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad 2-10%, poros comunes, finos, vesiculares, baja DA, densidad alta de raíces, límite claro y uniforme.
Bw1	10-28 cm	Similar al anterior, pero con una estructura subangular en bloques gruesa que rompe en media, menor pedregosidad (<2%), pocos poros finos y muy finos intersticiales, DA media y

Bw2 28-80 cm densidad de raíces baja.
Similar al anterior, pero con una estructura masiva que rompe en subangular en bloques gruesa y media de grado moderadamente fuerte, DA alta y densidad de raíces nula.

5.- Procesos pedogenéticos dominantes:

Se muestra un suelo con acumulación de materia orgánica en superficie, estructura que comienza a presentar propiedades vérticas tales como la presencia de grietas y slickensides pero no suficientes como para clasificarlo como un Vertisol, ya que no presenta cutanes, slickensides ni grietas de más de 1 cm de espesor. El tipo de humus es mull. Se presenta un pH neutro que indica una alta saturación de bases. Se presentan dos horizontes Bw con un alto grado de estructura. La textura denota una acumulación de arcillas a lo largo de todo el perfil.

La clasificación como PHAEOZEM protovértico (límico, crómico) se basó principalmente en la presencia de un horizonte de diagnóstico mólico, presencia de estructura, alto porcentaje de arcilla, una alta saturación de bases intercambiables y una coloración anaranjada-rojiza.

6.- Características ecológicas:

El sitio presenta una conductividad hidráulica de muy alta a baja con un drenaje bueno ya que el agua se infiltra con rapidez, el agua interna libre se encuentra a gran profundidad pero puede permanecer por varios días sobre la superficie en época de lluvias. Presenta un volumen total de poros alto, con una muy baja disponibilidad de agua. Existe una baja pedregosidad conforme desciende el perfil.

PERFIL 03- Matorral de popotillo con pastizal (Fig. 9)

1.- Información acerca de la localidad:

- a. Número del perfil: 03
- b. Nombre del sitio: REU, Janos, Chihuahua
- c. Clasificación del suelo: CAMBISOL háplico (hiperéutrico, endoesquelético, crómico)
- d. Fecha de la descripción: 29 de agosto de 2012
- e. Autor: Ana Laura Nolasco Vélez y Gerardo Jiménez Galicia
- f. Localización: a 5.6 km al W del Ejido San Pedro
- g. Coordenadas (datum WGS84) 0744046, 3416565
- h. Altitud: 1413 msnm
- i. Forma del terreno: Abanico aluvial, sector inactivo, de escasa pendiente
- j. Pendiente: casi sin inclinación (0.3%), exposición norte
- k. Uso de suelo o vegetación: matorral de popotillo con pastizal natural de navajita y pastos anuales.
- l. Clima: BSk
- m. Precipitación media anual: 306.7 mm; Temperatura media anual: 15.7°C

2.- Información general acerca del suelo:

- a. Material parental: depósito aluvial medio y fino proveniente de la ladera de montaña, mezcla de rocas riolíticas y basálticas.
- b. Drenaje natural excesivo
- c. Condiciones de humedad en el perfil: de seco a muy seco
- d. Presencia de rocas superficiales: sí (5%)
- e. Presencia de erosión: no
- f. Presencia de sales: no
- g. Influencia humana: no

3.- Descripción breve del perfil:

Perfil de 70 cm de profundidad con una coloración rojiza, textura franca en superficie y arcillo arenosa a franco arcillosa en profundidad, con límites claros y uniformes, alta pedregosidad a partir del tercer horizonte (2-10, 10-25 y 25-50%). Estructura laminar en superficie, y subangular en bloques con agregados de tamaño medio que rompen en finos de grado moderado en el resto del perfil.

El perfil presenta poros comunes gruesos, medios, finos y muy finos, intersticiales. La distribución de raíces va de muy alta a alta en los primeros 50 cm.

4.- Descripción del perfil:

Ah	0-5 cm	Color café rojizo en húmedo (5 YR 4/4), textura franca, bajo contenido de materia orgánica (1.25), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura laminar media que rompe a fina, de grado moderado, pedregosidad 2-10%, poros comunes intersticiales medios y finos, baja DA, densidad muy alta de raíces, límite claro y uniforme.
AB	5-21 cm	Similar al anterior, pero con una estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, media DA y alta densidad de raíces.

Bw	21-50 cm	Similar al anterior, pero con una textura arcillo-arenosa, pedregosidad de 10-25% y poros comunes intersticiales finos y muy finos.
BC	50-70 cm	Color rojizo en húmedo (5 YR 4/8), textura franco arcillosa, alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad 25-50%, poros comunes intersticiales muy finos, DA mediana a alta, baja densidad de raíces, límite claro y uniforme.

5.- Procesos pedogenéticos dominantes:

En el horizonte inferior, se observa un aumento en la pedregosidad (cantos rodados grueso y medios) ocasionado por el arrastre de sedimentos por las corrientes subsuperficiales. Sin embargo, en la actualidad, esa corriente se encuentra inactiva y ya se ha formado un suelo con estructura definida. No hay un mantillo en la superficie originado por la acumulación de materia orgánica muerta. El tipo de humus es mull. Se presenta un pH de 7.0 que denota una alta saturación de bases. Se presenta un horizonte BC en donde se mezcla la matriz fina con el material parental, un horizonte Bw con estructura subangular y 40% de arcillas, un horizonte AB y un Ah con baja acumulación de materia orgánica.

La clasificación como CAMBISOL háplico (hiperéutrico, endoesquelético, crómico) se basó principalmente en la identificación de un horizonte de diagnóstico cámbico con presencia de estructura, una alta saturación de bases; otro rasgo distintivo es el alto porcentaje de pedregosidad en profundidad.

6.- Características ecológicas:

El sitio presenta una conductividad hidráulica de muy alta a mediana con un drenaje excesivo ya que el agua se infiltra con rapidez y el agua interna libre se encuentra sólo a gran profundidad. Existe una alta pedregosidad conforme desciende el perfil cantos rodados medianos y gruesos. Presenta un volumen total de poros mediano-alto, con una muy baja disponibilidad de agua.

PERFIL 04- Pastizal en colonia de perritos (Fig. 10)

1.- Información acerca de la localidad:

- a. Número del perfil: 04
- b. Nombre del sitio: REU, Janos, Chihuahua
- a. Clasificación del suelo: CAMBISOL háplico (hiperéutrico, límico, crómico)
- b. Fecha de la descripción: 28 de agosto de 2012
- c. Autor: Ana Laura Nolasco Vélez y Gerardo Jiménez Galicia
- d. Localización: a 7.5 km al W del Ejido San Pedro
- e. Coordenadas (datum WGS84) 0742160, 3415482
- f. Altitud: 1415 msnm
- g. Forma del terreno: Cause somero con escorrentía esporádica dentro de abanico aluvial, muy baja pendiente
- h. Pendiente: casi sin inclinación (0.3%), exposición norte
- i. Uso de suelo o vegetación: pastizal natural de pastos anuales
- j. Clima: BSk
- k. Precipitación media anual: 306.7 mm; Temperatura media anual: 15.7°C

2.- Información general acerca del suelo:

- a. Material parental: depósito aluvial medio y fino proveniente de la ladera de montaña, mezcla de rocas riolíticas y basálticas.
- b. Drenaje natural bueno
- c. Condiciones de humedad en el perfil: seco
- d. Presencia de rocas superficiales: 20%
- e. Presencia de erosión: no
- f. Presencia de sales: no
- g. Influencia humana: no

3.- Descripción breve del perfil:

Perfil de 80 cm de profundidad con textura franco arcillo limosa, coloración oscura rojiza, límites claros y uniformes y baja pedregosidad.

Estructura subangular en bloques de tamaño medio en superficie, prismática que rompe en subangular en bloques medios de grado fuerte en el subsuelo.

El perfil presenta poros comunes intersticiales finos y muy finos en el primer horizonte y pocos finos intersticiales en el segundo horizonte. La densidad de raíces es alta en los primeros 14 cm y se reduce conforme desciende el perfil.

4.- Descripción del perfil:

Ah	0-14 cm	Color oscuro rojizo en húmedo (5 YR 3/4), textura franco arcillo limosa, bajo contenido de materia orgánica (1.75), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina y muy fina de grado moderado, pedregosidad 2-10%, poros comunes, intersticiales finos y muy finos, DA media, densidad alta de raíces, límite claro e irregular.
Bw	14-80 cm	Similar al anterior, pero con una coloración más roja (5 YR 3/3), una estructura prismática gruesa que rompe en subangular en bloques media de grado fuerte, menor

pedregosidad (<2%), pocos poros finos intersticiales, DA alta y densidad de raíces muy baja.

5.- Procesos pedogenéticos dominantes:

Se muestra un suelo con un alto grado de estructura (prismática) en la mayor parte del perfil y muy baja pedregosidad. No hay un mantillo en la superficie originado por la acumulación de la materia orgánica. El tipo de humus es mull. Se presenta un pH neutro que indica una alta saturación de bases. Se presentan un horizonte Bw con un alto grado de estructura. La textura arcillo limosa muestra una presencia importante de arcillas a lo largo de todo el perfil.

La clasificación CAMBISOL háplico (hiperéutrico, límico, crómico) se basó principalmente en la identificación de un horizonte de diagnóstico cámbico con presencia de estructura moderada a fuerte, baja pedregosidad, una alta saturación de bases intercambiables; otros rasgos importantes son la textura limosa y una coloración anaranjada-rojiza.

6.- Características ecológicas:

El sitio presenta una conductividad hidráulica de mediana a baja con un drenaje bueno ya que el agua se infiltra con rapidez, el agua interna libre se encuentra a gran profundidad pero puede permanecer algunos días sobre la superficie en época de lluvias por tratarse de un cause de abanico aluvial con muy baja pendiente. Existe una baja pedregosidad conforme aumenta la profundidad en el perfil, aunque hay alta pedregosidad en superficie (20%). Presenta un volumen total de poros alto, con una baja disponibilidad de agua.

PERFIL 05- Pastizal de zacate guía y toboso (Fig. 11)

1.- Información acerca de la localidad:

- a. Número del perfil: 05
- b. Nombre del sitio: REU, Janos, Chihuahua
- c. Clasificación del suelo: CAMBISOL háplico (hiperéutrico, endoesquelético)
- d. Fecha de la descripción: 29 de agosto de 2012
- e. Autor: Ana Laura Nolasco Vélez y Gerardo Jiménez Galicia
- f. Localización: a 4.17 km al W del Ejido San Pedro
- g. Coordenadas (datum WGS84) 0745466, 3416286
- h. Altitud: 1414 msnm
- i. Forma del terreno: Cause somero de abanico aluvial con muy baja pendiente
- j. Pendiente: casi sin inclinación (0.3%), exposición norte
- k. Uso de suelo o vegetación: pastizal natural de zacate guía y toboso
- l. Clima: BSk
- m. Precipitación media anual: 306.7 mm; Temperatura media anual: 15.7°C

2.- Información general acerca del suelo:

- a. Material parental: depósito aluvial medio y fino proveniente de la ladera de montaña, mezcla de rocas riolíticas y basálticas.
- b. Drenaje natural bueno
- c. Condiciones de humedad en el perfil: de seco a muy seco
- d. Presencia de rocas superficiales: sí (20%)
- e. Presencia de erosión: no
- f. Presencia de sales: no
- g. Influencia humana: no

3.- Descripción breve del perfil:

Perfil de 60 cm de profundidad con una coloración rojiza, el primer límite es claro e irregular pero el segundo es claro y uniforme; textura franco arcillo limosa en superficie, franca a franco arcillosa en el subsuelo; alta pedregosidad (>30%) en profundidad; estructura subangular en bloques de tamaño media a fina y grado moderado; pH 7 en todo el perfil.

El perfil presenta poros comunes intersticiales muy finos. La distribución de raíces es mediana a lo largo de todo el perfil.

4.- Descripción del perfil:

Ah	0-10 cm	Color café rojizo en húmedo (5 YR 4/4), textura franco arcillo limosa, bajo contenido de materia orgánica (1.5), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina y muy fina de grado moderadamente débil, pedregosidad 10%, poros comunes intersticiales muy finos, DA media, densidad media de raíces, límite claro e irregular.
2Bw	10-20 cm	Color café rojizo en húmedo (5 YR 3/4), textura franca, bajo contenido de materia orgánica (1.35), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina y muy fina de grado moderado, pedregosidad 5%, pocos poros intersticiales muy finos, DA alta,

densidad media de raíces, límite claro y uniforme.

2BC	20-60 cm	Color rojizo en húmedo (5 YR 4/8), textura franco arcillosa, alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad 30%, pocos poros intersticiales muy finos, DA media, nula densidad de raíces.
-----	----------	--

5.- Procesos pedogenéticos dominantes:

En el horizonte inferior, se observa un aumento en la pedregosidad (cantos rodados grueso y medios) ocasionado por el arrastre de sedimentos durante episodios de escurrimiento a lo largo del cause, posteriormente se comenzó a formar un suelo incipiente cuyo proceso pedogenético fue interrumpido por la llegada de nuevo material acarreado de la montaña. Existe un mantillo incipiente en la superficie originado por la acumulación de materia orgánica muerta. El tipo de humus es mull. Se presenta un pH neutro que indica una alta saturación de bases. Se presenta un horizonte 2BC en donde se mezcla la matriz fina con el material parental, un horizonte 2Bw con estructura subangular en bloques y 20% de arcillas y un Ah con baja acumulación de materia orgánica.

La clasificación CAMBISOL háplico (hiperéutrico, endoesquelético) se basó principalmente en la identificación de un horizonte de diagnóstico cámbico caracterizado por una estructura moderada, una alta saturación de bases y la coloración anaranjada-rojiza; otro rasgo importante es el alto porcentaje de pedregosidad en profundidad.

6.- Características ecológicas:

El sitio presenta una conductividad hidráulica de mediana a alta con un drenaje bueno, ya que el agua se infiltra con rapidez, el agua interna libre se encuentra a gran profundidad pero puede permanecer en superficie algunos días en época de lluvias. Existe una alta pedregosidad en superficie, luego disminuye en el horizonte intermedio y se incrementa drásticamente en el último perfil (cantos rodados medianos y gruesos). Presenta un volumen total de poros mediano, con una muy baja disponibilidad de agua.

PERFIL 06-Pastizal de pastos anuales (Fig. 12)

1.- Información acerca de la localidad:

- a. Número del perfil: 06
- b. Nombre del sitio: REU, Janos, Chihuahua
- c. Clasificación del suelo: REGOSOL háplico (hiperéutrico, taptoárgico)
- d. Fecha de la descripción: 29 de agosto de 2012
- e. Autor: Ana Laura Nolasco Vélez y Gerardo Jiménez Galicia
- f. Localización: a 6.85 km al W del Ejido San Pedro
- g. Coordenadas (datum WGS84) 0742870, 3415580
- h. Altitud: 1412 msnm
- i. Forma del terreno: Abanico aluvial, sector inactivo, muy baja pendiente
- j. Pendiente: casi sin inclinación (0.3%), exposición norte
- k. Uso de suelo o vegetación: pastizal natural de pastos anuales
- l. Clima: BSk
- m. Precipitación media anual: 306.7 mm; Temperatura media anual: 15.7°C

2.- Información general acerca del suelo:

- a. Material parental: depósito aluvial medio y fino proveniente de la ladera de montaña, mezcla de rocas riolíticas y basálticas.
- b. Drenaje natural excesivo
- c. Condiciones de humedad en el perfil: de seco a muy seco
- d. Presencia de rocas superficiales: sí (25%)
- e. Presencia de erosión: no
- f. Presencia de sales: no
- g. Influencia humana: no

3.- Descripción breve del perfil:

Perfil de 70 cm de profundidad con una coloración rojiza que se acentúa por debajo de los 46 cm, con límites claros y uniformes, moderada pedregosidad excepto en el tercer horizonte en donde se incrementa drásticamente (40%). Textura franco arcillo limosa en superficie, franco arcillosa en profundidad. Estructura subangular en bloques de tamaño medio y grado moderado, excepto en el horizonte más profundo donde presenta grado fuerte.

El perfil presenta poros comunes finos y muy finos, intersticiales. La distribución de raíces es alta en los primeros 6 cm y media en los primeros 19cm.

4.- Descripción del perfil:

Ah	0-6 cm	Color café rojizo en húmedo (5 YR 3/4), textura franco arcillo limosa, bajo contenido de materia orgánica (1.75%), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad 10%, poros comunes intersticiales finos y muy finos, DA media, densidad alta de raíces, límite claro y uniforme.
Bw	6-19 cm	Color café rojizo en húmedo (5 YR 3/4), textura franca, bajo contenido de materia orgánica (1.35), con alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad

		5%, pocos poros intersticiales finos y muy finos, DA media, densidad media de raíces, límite claro y uniforme.
BC	19-46 cm	Color rojizo en húmedo (5 YR 4/8), textura franco arcillosa, alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques media que rompe en fina de grado moderado, pedregosidad 40%, poros comunes intersticiales finos y muy finos, DA media, baja densidad de raíces, límite claro y uniforme.
2Bt	46-70 cm	Color rojizo en húmedo (10 R 4.5/8), textura franco arcillosa, alta saturación de bases (pH 7.0 en agua), estructura subangular en bloques gruesos de grado fuerte, pedregosidad 10%, pocos poros intersticiales finos y muy finos, DA alta, nula densidad de raíces.

5.- Procesos pedogenéticos dominantes:

Se aprecia un horizonte inferior (2Bt) con color muy rojo, textura franco arcillosa, fuerte formación de estructura subangular en bloques y propiedades árgicas, ya que presenta caras revestidas por arcillas (iluvitación de arcillas). Sobre ese horizonte se acumuló material parental consistente en cantos rodados gruesos y medios (BC) proveniente de las inmediaciones de la sierra, cuya parte superior se transformó en un horizonte Bw. El horizonte Ah presenta baja acumulación de materia orgánica. Existe un mantillo incipiente originado por la acumulación de materia orgánica muerta. El tipo de humus es mull. Se presenta un pH neutro que indica una alta saturación de bases en todo el perfil.

La clasificación como REGOSOL háplico (hiperéutrico, taptoárgico) se basó principalmente en que el horizonte Bw no cumple con el espesor para ser un cámbico, no obstante su textura y su alta saturación de bases. El horizonte más profundo, con características de horizonte diagnóstico árgico (2Bt) refleja condiciones de mayor humedad y largo desarrollo, y claramente fue sepultado por un depósito aluvial en el cual se desarrollaron los tres horizontes superiores.

6.- Características ecológicas:

El sitio presenta una conductividad hidráulica de alta a mediana con un drenaje excesivo ya que el agua se infiltra con rapidez y el agua interna libre se encuentra sólo a gran profundidad. Existe pedregosidad en superficie, muy alta en el tercer horizonte en forma de cantos rodados medianos y gruesos. Presenta un volumen total de poros mediano, con una muy baja disponibilidad de agua.



Figura 7. Perfil 01 en asociación de pastizal de zacate guía.



Figura 8. Perfil 02 en asociación de de toboso.



Figura 9. Perfil 03 en asociación de matorral de popotillo con pastizal.



Figura 10. Perfil 04 en asociación de pastizal en colonia de perritos.



Figura 11. Perfil 05 en asociación de pastizal de zacate guía y toboso.



Figura 12. Perfil 06 en asociación de de pastizal de pastos anuales.

Conclusiones generales

- El bisonte constituye una especie clave del ecosistema de pastizal, al ser el ungulado nativo más grande de Norte América, cuyas actividades (forrajear, frotar, revolcar) ayudan a mantener los atributos del ecosistema de praderas.
- Presenta ciclos polifásicos alternando periodos de descanso y actividad (forrajear), actividades en las que invierten más del 95% del tiempo.
- En invierno dedica más tiempo a descansar y en primavera más tiempo a alimentarse, lo cual se puede atribuir a la época de reproducción, ya que la manada al estar compuesta mayoritariamente por hembras, tiene mayores requerimientos energéticos en ésta temporada.
- Debido a que en nuestro sitio de estudio las condiciones climáticas no son adversas durante el invierno, es decir, no se limita el acceso a la vegetación por una cobertura de nieve, los bisontes no necesitan invertir mucho tiempo en la actividad de forrajear.
- Aun así, se determinó que las condiciones ambientales sí inciden en los patrones conductuales. La temperatura y la velocidad del viento disminuyen la actividad, mientras que la humedad relativa incrementa la actividad, principalmente en primavera.
- Los bisontes hicieron un mayor uso de las vegetaciones de toboso, zacate guía y navajita. Se ha reportado que el pasto navajita es consumido preferentemente por los bisontes, mientras que el pastizal de toboso es utilizado para descanso.
- La actividad de revolcarse representa una conducta específica de los bisontes en Norte América. Aunque la formación de revolcaderos modifica las características del suelo, es un impacto a largo plazo que en los pastizales de Janos aún no ha tenido un efecto significativo en las propiedades del suelo (DA, humedad, pH, CC, textura, NO₃, NH₄, P, Na, Mg, K, Ca) y de la vegetación, sin embargo, de manera opuesta, con base en las características del suelo y de la vegetación, los bisontes sí utilizan de manera diferencial las asociaciones vegetales para realizar la conducta de revolcarse.

- Actualmente, los procesos geomorfológicos generan un impacto mayor en los parámetros del suelo que la presencia de los bisontes.

Literatura citada

- Allred, K. W. 2007. Aristida. En: Barkworth, M. E., K. M. Capels, S. Long, L. K. Anderton, and M. B. Piep (eds.). Flora of North America. Vol. 24. Revisado en <http://herbarium.usu.edu/webmanual>, Mayo 2010.
- Barik M., Y. Canbolat, R. Yanik y K. Rafiq Islam. 2011. Compressive behavior of soil as affected by aggregate size with different textures in Turkey. The Journal of Animal & Plant Sciences. 21(2): 186-192
- Bartholomew P. W. y R. D. Williams. 2010. Effects of soil bulk density and strength on seedling growth of annual ryegrass and tall fescue in controlled environment. . Grass and Forage Science. 65: 348–357
- Bélanger, N. & K. C. J. Van Rees. 2007. Sampling Forest Soils *in*: Carter & Gregorich (eds.). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. 198 p.
- Bellows, B. 2001. Nutrient Cycling in Pastures. National Center for Appropriate Technology. 64 p.
- Belovsky, G. E. & J. B. Slade. 1986. Time budgets of grassland herbivores: body size similarities. Oecología 70: 53-62
- Black, C. A, 1965a. Método de Bray-Kurtz reportado en: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. Number 9 in the series Agronomy: American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison, Wisconsin, USA. 1040-104
- Black, C. A, 1965b. Método de Olsen *et al.* reportado en: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. Number 9 in the series

- Agronomy: American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison, Wisconsin, USA. 1045-1046
- Bull, W.B., 1991. Geomorphic responses to climatic change. Oxford University Press, Oxford. 326 p.
- Boyd, D. 2003. Conservation of North American Bison: Status and Recommendations. Master's Thesis. Faculty of Environmental Design. Calgary, Alberta. 222 p.
- Bracke, M. B. 2011. Review of wallowing in pigs: Description of the behavior and its motivational basis. Applied Animal Behaviour Science. 132: 1-13
- Bradshaw A. D. y M. J. Chadwick. 1980. The restoration of land: the ecology and reclamation of derelict and degraded land. University of California Press, Berkeley, Ca. 317 p.
- Brodie, J. F. 2008. A review of American Bison (*Bos bison*) demography and population dynamics. ABS working paper 2, 51p.
- Campbell, B. y M. Hinkes. 1983. Winter Diets and Habitat Use of Alaska Bison after Wildfire. Wildlife Society Bulletin. 11(1): 16-21
- Ceballos G, A. Davidson, R. List, J. Pacheco, P. Manzano-Fischer, G. Santos-Barrera & J. Cruzado. 2010. Rapid Decline of a Grassland System and Its Ecological and Conservation Implications. PLoS ONE 5(1): 1-12
- Christopherson, R.J. & R.J. Hudson. 1978. Effects of temperature and wind on cattle and bison. 57th Annual Feeder's Day Report. 57: 40-41
- Christopherson, R.J., R.J. Hudson & M.K. Christopherson. 1979. Seasonal energy expenditures and thermoregulatory response of bison and cattle. Can. J. Anim. Sci. 59: 611-617

- Collins, S. L., A. K. Knapp, J. M. Briggs, J. M. Blair & E. M. Steinauer. 1998. Science. 280: 745-747
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2006. Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida: “Reserva de la Biósfera Janos”, Chihuahua, México. 82 p + 5 anexos
- CONANP-SEMARNAT. 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Mapimí. EDM. México. 180 p.
- Conover, W.J. (1999). Practical Nonparametric Statistics. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Constible J. M., R. A. Sweitzer, D. H. Van Vuren, P. T. Schuyler & D. A. Knapp. 2005. Dispersal of non-native plants by introduced bison in an island ecosystem. Biological Invasions. 7: 699-709
- Coppedge, B. & J. H. Shaw. 1997. Effects of Horning and Rubbing Behavior by Bison (*Bison bison*) on Woody Vegetation in a Tallgrass Prairie Landscape. American Midland Naturalist. 138: 189-196
- Coppedge, B. & J. H. Shaw. 1998. Bison grazing patterns on seasonally burned tallgrass prairie. Journal Range Management. 51: 258-264
- Crisholm, B., J. Driver, S. Dube y H. P. Schwarcz. 1986. Assessment of prehistoric bison foraging and movement patterns via stable-carbon isotopic analysis. The Plains Anthropologist. 31(113): 193-205
- Crockett S. & D. M. Engle. 1999. Combustion Characteristics of Bison (*Bison bison*) Fecal Pats Ignited by Grassland Fires. American Midland Naturalist. 141: 12-18
- De Liberto, T.J. & P.J. Urness. 1994. Comparative digestive physiology of

- American bison and Hereford cattle. In: Proceedings of 1st International Bison Conference, LaCrosse, WI. July 1993
- Derner, J. D., W. K. Laurenroth, P. Stapp & D. J. Augustine. 2009. Livestock as ecosystem engineers for grassland bird habitat in the western great plains of North America. *Rangeland Ecology and Management* 62: 111-118
- EPA Method 350.3. 1974. Nitrogen, Ammonia (Potentiometric, Ion Selective Electrode). *Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes (EPA/600/4-79/020)*.
- EPA Method 350.4. 1978. Nitrogen, Kjeldahl Total (Potentiometric, Ion Selective Electrode). *Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes (EPA/600/4-79/020)*.
- EPA Method 350.2. 1993. Nitrogen, Nitrate-Nitrite (Colorimetric, Automated, Cadmium Reduction). *Methods for the Determination of Inorganic Substances in Environmental Samples (EPA/600/R-93/100)*.
- Fahnestock J. T. & J. K. Detling. 2002. Bison-prairie dog-plant interactions in a North American mixed-grass prairie. *Oecologia*. 132: 86-95
- Fernández, L., N. Rojas, T. Roldán, M. Ramírez, H. Zegarra, R. Uribe, R. Reyes, D. Flores, J. Arce. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. SEMARNAT, INE, IMP. México. 180 p.
- Flores, D. 1991. Bison Ecology and Bison Diplomacy: The Southern Plains from 1800 to 1850. *The Journal of American History*. 78 (2): 465-485
- Frank, D. A., S. J. McNaughton & B. F. Tracy. 1998. The ecology of the Earth's grazing ecosystems: profound functional similarities exist between the

- Serengeti and Yellowstone. *Bioscience* 48: 513-521
- Fuller, W. A. 1960. Behaviour and social organization of the wild bison of Wood Buffalo National Park, Canada. *Journal of the Arctic Institute of North America*. 13: 2-19
- Gates, C., C. Freese, P. Gogan & M. Kotzman. 2010. American Bison: Status Survey and Conservation Guidelines 2010. IUCN/SSC American Bison Specialist Group y Species Survival Commission. 134 p.
- Griebel, R., S. L. Winter & A. Steuter. 1998. Grassland Birds and Habitat Structure in Sandhills Prairie Managed Using Cattle or Bison Plus Fire. *Great Plains Research*. 8: 255-268
- Grant, A. 2001. Grizzly bear activity budget and pattern in the Firth River Valley, Yukon. *Ursus*. 12: 189-198
- Haugen, A. O. 1974. Reproduction in the Plains Bison. *Iowa State Journal of Research* 49
- Haugen, A. O. & M. Shult. 1968. Breeding Biology and Behavior of American Bison. pp. 25-44
- Hawley, A. W. L. 1987. Bison and cattle use of forages. In: *Bison ecology in relation to agricultural development in Slave River lowlands, NWT*. Reynolds, H. W. & A. W. L. Hawley (eds.) *Can. Wildl. Serv.* pp. 49-52
- Hawley, A. W. L., D. G. Peden, H. W. Reynolds & W. R. Stricklin. 1981a. Bison and cattle digestion of forages from the Slave River Lowlands, Northwest Territories, Canada. *Journal Range Management*. 34: 126-130
- Hawley, A. W. L., D. G. Peden, & W. R. Stricklin. 1981b. Bison and hereford steer digestion of sedge hay. *Can. J. Anim. Sci.* 61: 165-174

- Hedrick, P. W. 2009. Conservation Genetics and North American Bison (*Bison bison*). *Journal of Heredity*. 100(4): 411–420
- Humphrey, R. 1987. 90 years and 535 miles. *Vegetation Changes Along the Mexican Border*. University of New Mexico Press. 448 p.
- IUSS Working Group WRB. 2006. *World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- INEGI y SEMARNAP. 1998. *Estadísticas del Medio Ambiente: México, 1997*. México.
- Kalra, Y. P. & D. G. Maynard. 1991. *Methods manual for forest soil and plant analysis*. For. Can., Northwest Reg., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-319
- Keith, E. O., J. E. Ellis, R. W. Phillips, M. I. Dyer & G. M. Ward. 1981. Some aspects of urea metabolism in North American bison. *Acta Theriologica*. 26: 257-268
- Knapp, A. K., J. M. Blair, J. M. Briggs, S. L. Collins, D. C. Hartnett & L. C. Johnson. 1999. The keystone role of bison in North American tallgrass prairie. *Bioscience*. 49: 39-50.
- Komers, P. E., F. Messier & C. C. Gates. 1994. Plasticity of reproductive behavior in wood bison bulls: when subadults are given a chance. *Ethology Ecology & Evolution*. 6: 313-330
- Koolen, A. J. y H. Kuipers. 1983. *Agricultural Soil Mechanics*. Advanced Series in Agricultural Sci. Springer, Heidelberg. 13: 241 p.
- Krueger, K. 1985. *Interactions and Activity, Patterns of Bison and Prairie Dogs at Wind Cave National Park*. 17 p.

- Krueger, K. 1986. Feeding Relationships among Bison, Pronghorn, and Prairie Dogs: An Experimental Analysis. *Ecology*. 67: 760-770
- Kuemmerle, T., K. Perzanowski, O. Chaskovskyy, K. Ostapowicz, L. Halada, A. Bashta, I. Kruhlov, P. Hostert, D. Waller & V. Radeloff. 2010. European Bison habitat in the Carpathian Mountains. *Biological Conservation* 143: 908–916
- Leithead, H. L., L. L. Yarlett y T. N. Shiflett. 1976. 100 native forage grasses in 11 southern states. USDA SCS Agriculture Handbook No. 389. Washington, DC.
- List, R. 1997. Ecology of kit fox (*Vulpes macrotis*) and coyote (*Canis latrans*) and the conservation of the prairie dog ecosystem in northern Mexico. University of Oxford. 158 p.
- List, R. & V. Solis. 2009. Diagnóstico sobre el estado actual de la población de Bisonte americano (*Bison bison*) en la frontera entre México y Estados Unidos y recomendaciones para su conservación y manejo. INE. 59 p.
- List, R., G. Ceballos, C. Curtin, P. J. P. Gogan, J. Pacheco & J. Truett. 2007. Historic distribution and challenges to bison recovery in the northern Chihuahuan desert. *Conservation Biology* 21: 1487-1494.
- Magurran, A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts. 256 p.
- Manzano-Fischer, P., R. List & G. Ceballos. 1999. Grassland birds in prairie-dog towns in northwestern Chihuahua, México. *Studies in Avian Biology*. 19: 263-271
- Maynard, D. G., Y. P. Kalra & J. A. Crumbaugh. 2007. Nitrate and Exchangeable

- Ammonium Nitrogen *in*: Carter & Gregorich (eds.). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. 198 p.
- McHugh, T. 1958. Social Behavior of the American Buffalo (*Bison bison*). Zoological. 43 p.
- McMillan, B., K. Pfeiffer & D. Kaufman. 2011. Vegetation Responses to an Animal-generated Disturbance (Bison Wallows) in Tallgrass Prairie. The American Midland Naturalist. 165: 60-73
- Meagher, M. 1986. Bison bison. Mammalian Species. The American Society of Mammalogists. 266: 1-8
- Melgratti, M. R. 2005. Procedimientos analíticos para suelos normales y salinos. Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña, Chaco, Argentina. 26 p.
- Monger, H. C. y B. T. Bestelmeyer. 2006. The soil-geomorphic template and biotic change in arid and semi-arid ecosystems. Journal of Arid Environments. 65: 207–218
- Montenegro, J. y A. Acosta. 2008. Programa innovador para evaluar uso y preferencia de hábitat. Universitas Scientiarum. 13(2): 208-217
- Mora, L y M. Carrillo. 2012. Procedimiento Estandarizado: Nitrógeno de nitrito y de nitrato mediante el método colorimétrico. Laboratorio de Edafología Ambiental. 10 p.
- Morgan, N. 1964. Autecology of the Adult Horn Fly, *Haematobia Irritans* (L.), (Diptera: Muscidae). Ecology. 45(4): 728-736
- Morgan, R. G. 1980. Bison movement patterns on the Canadian Plains: an ecological analysis. The Plains Anthropologist. 25(88): 143-160
- Nordt, L. 2003. Late Quaternary fluvial landscape evolution in desert grasslands of

- northern Chihuahua, Mexico. GSA Bulletin. 115(5): 596-606
- Owen-Smith, N. 1987. The pivotal role of megaherbivores. *Paleobiology* 13: 351-362.
- Pearson, H. A. 1967. Rumen microorganisms in buffalo from Southern Utah. *Applied Microbiology*. 15: 1450-1451
- Peden, D. G., G. M. Van Dyne, R. W. Rice & R. M. Hansen. 1974. The trophic ecology of *Bison bison* L. on the shortgrass plains. *Journal Applied Ecology*. 489-497
- Pfeiffer, K. E. & D. C. Hartnett. 1995. Bison Selectivity and grazing response of little bluestem in tallgrass prairie. *Journal Range Management*. 48: 26-31
- Polley, W. & S. Collins. 1984. Relationships of Vegetation and Environment in Buffalo Wallows. *American Midland Naturalist*. 112: 178-186
- Polley, W. & L. Wallace. 1986. The Relationship of Plant Species Heterogeneity to Soil Variation in Buffalo Wallows. *The Southwestern Naturalist*. 31(4): 493-501.
- Power, M. E., D. Tilman, J. A. Estes, B. A. Menge, W. J. Bond, L. S. Mills, J. Daily, C. Castilla, J. Lubchenco & R. T. Paine. 1996. Challenges in the quest for keystones. *Bioscience* 46: 609-620
- Pyne, M. I., K. M. Byrne, K. A. Holfelder, L. McManus, M. Buhnerkempe, N. Burch, E. Childers, S. Hamilton, G. Schroeder & P. F. Doherty Jr. 2010. Survival and Breeding Transitions for a Reintroduced Bison Population: a Multistate Approach. *The Journal of Wildlife Management*. 74(7): 1463-1471
- Towne, G. E., D. C. Hartnett & R. C. Cochran. 2005. Vegetation trends in tallgrass prairie from bison and cattle grazing. *Ecological Applications* 15: 1550-1559

- Ravan, S. A. & P. S. Roy. 1997. Satellite remote sensing for ecological analysis of forested landscape. *Plant Ecology*. 131: 129–141
- Reyes, V., O. Grünberger y J. L. Janeau. 1996. Hidrodinámica en el suelo en un pastizal en una zona árida del norte de México. *Terra*. 14(2): 129-136
- Rocchini, D., C. Ricotta & A. Chiarucci. 2007. Using satellite imagery to assess plant species richness: The role of multispectral systems. *Applied Vegetation Science*. 10: 325-332
- Rothstein, A. & J. Griswold. 1991. Age and sex preferences for social partners by juvenile bison bulls, *Bison bison*. *Animal Behavior* 41: 227-237
- Rutley, B. & R. Hudson. 2001. Activity budgets and foraging behavior of bison on seeded pastures. *Journal Range Management*. 54: 218-225
- Rzedowski, J. 1981. La Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D. F., 342 p.
- Seddon, P. J., D. P. Armstrong & R. F. Maloney. 2007. Developing the Science of Reintroducing Biology. *Conservation Biology*. 21(2): 303-312
- Shult, M. 1972. American bison behavior patterns at Wind Cave National Park. PhD Dissertation. Iowa State University. 178 p.
- Siebe, C., R. Jahn & K. Stahr. 2006. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. 2ed. en De Schlichting, E. & H. P. Blume. 1966. *Bodenkundliches Praktikum*, Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin.
- Sweitzer, R. A., J. M. Constible, D. H. Van Vuren, P. T. Schuyler, F. R. Starkey. 2005. History, habitat use and management of bison on Catalina Island, California. Pp. 231-24 In: *Proceedings of the 6th California Islands Symposium* (D.K Garcelon and C.A. Schwemm, editors), Ventura, California.

- Tokunaga, A. 2006. Effects of bulk density and soil strength on the growth of blue wildrye (*elymus glaucus* buckl.). Tesis de maestría. The Faculty of Humboldt State University. 59 p.
- Towne, G., T. G. Nagaraja & R. C. Cochran. 1989. Ruminant microbial populations and fermentation characteristics in bison and cattle fed high- and low-quality forage. *Microb. Ecol.* 17: 311-316
- Trager, M., G. Wilson & D. Hartnett. 2004. Concurrent Effects of Fire Regime, Grazing and Bison Wallowing on Tallgrass Prairie Vegetation. *American Midland Naturalist.* 152(2): 237-247
- Tueller, P. T. 1987. Remote Sensing Science Applications in Arid Environments. *Remote Sensing of Environment.* 23: 143-154
- Unifrut. 2011. Datos climáticos históricos. Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua. <http://www.unifrut.com.mx/archivos/meteorológico/históricos.html>
- Van Auken, O. W. 2000. Shrub Invasions of North American Semiarid Grasslands. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 31: 197-215
- Wedin, D. 1996. Nutrient Cycling in Grasslands: An Ecologist's Perspective. 29-44 p. In Joost, R. E. y C. A. Roberts (eds.). *Nutrient Cycling in Forage Systems.* Potash and Phosphate Institute, Manhattan, KS.
- Whitehead, D. C. 2000. Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships. University Press, Cambridge. 373 p.
- Wilson M. G., M. C. Sasal y O. P. Caviglia. 2013. Critical bulk density for a Mollisol and a Vertisol using least limiting water range: Effect on early wheat growth. *Geoderma* 192: 354–361

Wydeven, A. P. & R. B. Dahlgren. 1985. Ungulate Habitat Relationships in Wind Cave National Park. *Journal of Wildlife Management* 49(2): 805-813