

# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

ESTADO ACTUAL DE LA POBLACIÓN DEL CASTOR (*Castor canadensis*) EN LA  
CUENCA ALTA DEL RÍO SAN PEDRO, SONORA.



TESIS PROFESIONAL

QUE PARA PODER OBTENER EL TÍTULO DE

TODO LO ILUMINA

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CON OPCIÓN EN:

RECURSOS NATURALES TERRESTRES

PRESENTA:

STEPHANIE OLIVARES RIVERA

Hermosillo, Sonora.

Junio de 2018

# Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

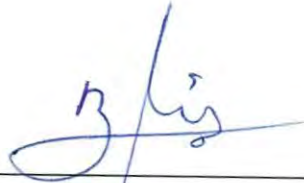
## FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Stephanie Olivares Rivera la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Recursos Naturales Terrestres.



---

Dra. Reyna Amanda Castillo Gámez  
Director de Tesis




---

M. C. Gilberto Solís Garza  
Sinodal secretario



---

M. C. Gerardo Carreón Arroyo  
Sinodal



---

M. C. Saúl Abrahám Amador Alcalá  
Sinodal suplente

## DEDICATORIA

A mi familia. A mi mamá, por tanto, por todo. A mi hermano, que a pesar de la distancia estuvo conmigo en todo momento, animándome. Gracias a los dos por ayudarme en todo momento y por no preguntarme “¿Cuándo vas a acabar la tesis?” tanto como les hubiera gustado.

A mi papá, a quién yo sé le hubiera gustado tanto como a mi ser parte de este proyecto, y de estar conmigo en el monte rodeado de mezquites buscando castores.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a todas esas personas que con mucho cariño estuvieron conmigo durante todo el camino.

A la Universidad de Sonora, especialmente al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas por forjarme en mis estudios. A la Dra. Reyna Amanda Castillo Gámez por su asesoría, por guiarme en la realización de este trabajo. Al M. C. Gilberto Solís Garza por sus contribuciones y por siempre querer conservar al álamo sobre todas las cosas.

A las diversas instituciones que trabajaron en conjunto para hacer este trabajo posible, destaca el apoyo económico brindado por Naturalia Comité para la Conservación de Especies Silvestres A.C a través de los proyectos de “Conservación de tierras silvestres y especies prioritarias en Sonora. Fase IV” promovido por la Alianza Fundación Carlos Slim-WWF (Fundación para la conservación de la naturaleza, por sus siglas en inglés) y Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo (PROCER) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

A los “Naturalios” por el apoyo económico, por todas las enseñanzas brindadas y por proporcionarme un espacio de trabajo en su oficina. Al M. C. Saul, mi asesor, consejero y amigo; muchas gracias por tu tiempo y paciencia, siempre serás mi hidrocálido favorito. Al Biol. Carlos, el castor de la oficina, quien estuvo para mí en las buenas y en las malas durante la realización de este trabajo y de quién aprendí muchísimas cosas; gracias hacer de mis muestreos más amenos y enriquecedores. Al Biol. Javier, que sin él mis días hubiesen sido más grises, gracias por brindarme de tus conocimientos, por tu amistad y por ser esa persona tan alegre, espero poder seguir cantando contigo mis más recientes éxitos musicales. Al M. C. Gerardo, por su asesoría, enseñanzas y por darme la oportunidad de realizar este trabajo con este equipo. Al Ing. Daniel Toyos por todas sus enseñanzas en campo y por navegarme hacia todos lados. Gracias a todos ustedes por creer en mí.

A todos los ejidatarios, especialmente al Dr. Elías, al Sr. Ricardo Hague, a Ricardo Baldenegro y a “Güero” Miranda, quienes me dieron la oportunidad de trabajar en sus tierras y por ser partícipes en la conservación de esta especie tan maravillosa.

A CONANP y su personal: a Isaías (Chobis) por su ayuda en mis muestreos y por hacerme reír tanto. A Nora, por todo su apoyo y las enseñanzas. A Félix y Adán por su ayuda en campo.

A Mónica, por haberme apoyado todo este tiempo, por su sincera amistad y por haber creído en mí cuando yo no podía hacerlo.

A todos esos colegas que me apoyaron en mis muestreos de vegetación, observación y colocación de cámaras trampa: Tito, Andrea y Maza, ¡Muchas gracias!

A Perlette, Iliana, Mayra y Gaby por esa amistad que me han brindado desde hace más de 18 años y por siempre estar ahí para mí.

## CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
II.1. El Castor .....	3
II.1.1. Distribución .....	5
II.1.2. Importancia ecológica.....	7
II.2. Estudios del Castor en México .....	10
II.3. El Castor Dentro de la Cuenca del Río San Pedro.....	11
III. JUSTIFICACIÓN.....	13
IV. HIPÓTESIS.....	14
V. OBJETIVOS.....	15
V.1. Objetivo General.....	15
V.2. Objetivos Específicos .....	15
VI. METODOLOGÍA .....	16
VI.1. Descripción del Área de Estudio .....	16
VI.1.1. Ubicación .....	16
VI.1.2. Clima .....	19
VI.1.3. Hidrología.....	20
VI.1.4. Fisiografía y Geomorfología .....	20
VI.1.5. Edafología .....	21
VI.1.6. Características bióticas .....	21
VI.2. Materiales y Métodos .....	23
VI.2.1. Distribución.....	23

VI.2.2. Abundancia relativa y densidad .....	24
VI.2.3. Caracterización del hábitat .....	25
VII. RESULTADOS.....	29
VII.1. Distribución.....	29
VII.1.1. Los Fresnos .....	29
VII.1.2. Las Chivas.....	30
VII.1.3. Las Nutrias .....	31
VII.1.4. El Novillo.....	32
VII.1.5. San Rafael .....	33
VII.2. Abundancia relativa y densidad .....	34
VII.2.1. Abundancia relativa .....	34
VII.2.2. Densidad .....	37
VII.3. Caracterización del Hábitat.....	38
VII.3.1. Análisis florístico .....	38
VII.3.2. Relación entre variables de vegetación y número de castores .....	41
VIII. DISCUSIÓN .....	46
IX. CONCLUSIONES .....	56
X. RECOMENDACIONES .....	58
XI. LITERATURA CITADA.....	59
XII. APÉNDICES.....	76



## LISTA DE TABLAS

Tabla I	Localización geográfica (en UTM) de los sitios muestreados, en los municipios de Santa Cruz y Cananea, Sonora.	17
Tabla II	Número de cámaras-trampa y esfuerzo de muestreo por sitio dentro de la Cuenca del Río San Pedro, Sonora (diciembre 2015 – noviembre 2016).	35
Tabla III	Abundancia relativa de mamíferos silvestres registrados por cámaras-trampa en la Cuenca del Río San Pedro, Sonora (diciembre 2015 - noviembre 2016). IAR (No. de Reg./100 Días-Cámara). *P1: dic 2016-ene 2017; P2: feb-mar 2016; P3: jun-ago 2016; P4: sep-nov 2016.	36
Tabla IV	Densidad de castor dentro de la Cuenca del Río San Pedro en el periodo diciembre 2015 – noviembre 2016.	37
Tabla V	Número de castores avistados dentro de la Cuenca del Río San Pedro en el periodo diciembre 2015 – noviembre 2016.	37
Tabla VI	Especies leñosas encontradas dentro de los cuadrantes de muestreo. Clave: Arb = Arbórea; Ava = Arbusiva; R = Riparia; M = Matorral; C = Cultivo.	40
Tabla VII	Abundancia (basada en avistamientos directos) de castor y su relación con la disponibilidad de vegetación en los sitios: Los Fresnos (LF), Las Chivas (LC), Las Nutrias (LN), El Novillo (EN) y San Rafael (SR). El Índice de correlación se calculó con las siguientes variables de vegetación: Porcentaje de cobertura de los árboles con una altura mayor a 5 metros (CA), porcentaje de árboles cuyo DAP (diámetro a la altura del pecho) estuviera entre los 6 y 39 cm (DAPA), porcentaje de cobertura de los arbustos (CARB), promedio de la altura de los arbustos (AA) y cantidad de especies leñosas (EL-A, El-B y EL-C). *No=número de castores registrados por sitio por el método de observación directa.	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ejemplar de <i>Castor canadensis</i> , de izquierda a derecha: hembra adulta y cría en el represo Las Nutrias, octubre del 2016 (Foto por: Stephanie Olivares/Naturalia A.C., 2016).	3
Figura 2	Ubicación de la Cuenca del Río San Pedro en Sonora y Arizona (Mapa por: Stephanie Olivares).	16
Figura 3	Sitios de muestreo en la Cuenca del Río San Pedro, Sonora, México (Mapa por: Stephanie Olivares).	17
Figura 4	Actividad de <i>Castor canadensis</i> sobre el Arroyo Los Fresnos, de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).	30
Figura 5	Actividad de <i>Castor canadensis</i> sobre el Arroyo Los Fresnos, dentro el predio Las Chivas, durante diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).	31
Figura 6	Actividad de <i>Castor canadensis</i> en el predio Las Nutrias, de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).	32
Figura 7	Actividad de <i>Castor canadensis</i> dentro del predio El Novillo, de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).	33
Figura 8	Actividad de <i>Castor canadensis</i> sobre el Arroyo San Rafael, de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).	34
Figura 9	Área efectiva de muestreo en la Cuenca del Río San Pedro durante el periodo diciembre 2015 a noviembre del 2016.	38
Figura 10	Comparación del valor de importancia para cada especie leñosa identificada durante el monitoreo de diciembre 2015 a noviembre 2016.	41
Figura 11	Porcentaje de cobertura de árboles mayores a 5 metros, porcentaje de árboles con DAP entre los 6 y 39 cm y porcentaje de cobertura de los arbustos para la caracterización del hábitat del castor dentro de la Cuenca del Río San Pedro durante el año 2016.	43

- Figura 12 Altura promedio de los arbustos (*Baccharis salicifolia*) en los cinco sitios de muestreo en la Cuenca del Río San Pedro durante el año 2016. 43
- Figura 13 Composición de especies leñosas por sitio dentro de la Cuenca del Río San Pedro. Donde A = (A) lo constituyen las especies deciduas, B = especies de matorral y otras, C = únicamente especies arbustivas. 44

## RESUMEN

El castor (*Castor canadensis*) en el noreste de Sonora se encuentra entre pastizales y matorrales desérticos que interactúan con cadenas montañosas y ecosistemas ribereños. Se tienen registros de poblaciones aisladas a lo largo de la frontera con Estados Unidos, pero el estatus actual del castor en la porción mexicana de la Cuenca del Río San Pedro es desconocido. El monitoreo fue realizado de diciembre del 2015 a noviembre del 2016. Se delimitó su presencia mediante el registro de huellas, excretas, árboles caídos, troncos roídos, diques, reservas de alimentos y madrigueras activas, y se crearon mapas con su distribución. Se determinó su abundancia relativa y densidad mediante dos métodos de muestreo: observación directa y fototrampeo. Se examinó la relación entre la vegetación y el número de castores registrados y se caracterizó el hábitat para determinar las especies vegetales que tienen a su disposición. Se identificaron cinco sitios con presencia de la especie. El índice de Abundancia Relativa mostró que el castor fue el tercer mamífero registrado más abundante (IAR=5.7). Se registraron 29 especies de plantas en tres tipos de estratos: herbáceas, arbustos y árboles. El análisis estadístico de regresión lineal no fue significativo ( $p>0,05$ ), por lo que se considera que la vegetación no fue un factor determinante en su establecimiento, aunque es posible encontrarlo en presencia de vegetación ribereña como el álamo (*Populus fremontii*), sauce (*Salix gooddingii*) y fresno (*Fraxinus velutina*). Los esfuerzos realizados en este trabajo son una iniciativa para estudiar a este roedor en peligro de extinción dentro de esta región única en México. Se proponen estudios sobre su alimentación y patrones de movimiento para entender su ecología y proponer alternativas de conservación.

## I. INTRODUCCIÓN

El castor (*Castor canadensis* Kuhl, 1820) es una especie de roedor asociada estrechamente a los ecosistemas ribereños con flujo bajo de agua, a lo largo de ríos, arroyos, lagos y pantanos; y es en estos sitios donde construyen y mantienen sus repesos y madrigueras. Es el roedor más grande encontrado en América del Norte. Ha estado presente durante miles de años, desde la retirada del último periodo glacial conocido como Glaciación de Würm (Aleksiuk y McTaggart, 1969; Bird et al., 2011; Browning-Aiken, et al., 2004; Newbill y Parkhurst, 2009; Pelz et al., 2005; Ramadori et al., 2009).

Es conocido como el ingeniero del ecosistema porque mediante el forrajeo y la construcción de presas es capaz de modificar el paisaje al grado de crear hábitats más adecuados para el desarrollo de aves acuáticas y canoras, peces, anfibios, reptiles, e invertebrados, así como también el establecimiento de plantas acuáticas (Jakes et al., 2007; Singleton y Taylor, 2010). Además, tiende a estabilizar el flujo de la corriente de agua y prolongan su almacenamiento a lo largo de la cuenca. Su impacto es beneficioso para el paisaje, en especial si se trata de lugares semiáridos cuyos cuerpos de agua tienden a evaporarse con facilidad (Elsey et al., 2015; Haddock, 2015).

Presenta un área de distribución amplia en Canadá y Estados Unidos. En México se tienen registros de poblaciones aisladas en el norte del país, pudiéndose encontrar a lo largo de la frontera con Estados Unidos. Los estudios realizados en México se han llevado a cabo desde hace más de 40 años, sin embargo, su distribución es poco conocida y dispersa (Ceballos, 2014).

Las poblaciones en el estado de Sonora son poco conocidas, pero en estudios recientes se registraron al noreste del estado en la cuenca del río Yaqui y en la Cuenca del río San Pedro, donde un grupo pequeño de castores ha recolonizado el sitio en los municipios de Cananea y Santa Cruz, después de haber sido extirpados durante el siglo XIX (Carreón, 2010; Carreón et al., 2014; Ceballos, 2014; Gallo-Reynoso et al., 2002; Pelz et al., 2005). Estas poblaciones se encuentran entre pastizales y matorrales desérticos comunicados con cadenas montañosas y ecosistemas ribereños (Browning-Aiken, et al., 2004; Kepner, 2001; Pelz et al., 2005).

A nivel mundial, el castor es considerado una especie de preocupación menor, pero en

México se han visto muy perjudicados por la caza indiscriminada y la limitada disponibilidad de ambientes, lo que ha dificultado su supervivencia y ha provocado que se encuentren en peligro de extinción (P) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Ceballos, 2014; DOF, 2010; Linzey et al., 2013). Sin embargo, el estatus actual del castor en la porción mexicana de la Cuenca del Río San Pedro es desconocido, aunque se presume que su población persiste en números pequeños (Carreón et al., 2015, 2016; Ceballos, 2014).

El Río San Pedro ha sido el centro de una controversia en cuanto a la distribución del agua entre las actividades humanas y las exigencias ecológicas. La agricultura, ganadería y la minería amenazan con la disminución excesiva del nivel freático, poniendo en riesgo a la vegetación ribereña y, por ende, a la supervivencia de este roedor (Arias, 2000; Ceballos, 2014; CONAGUA, 2009; Garza, 2008; Gómez-Álvarez et al., 2008; SGM, 2016).

## II. ANTECEDENTES

### II.1. El Castor

El castor presenta una masa corporal entre los 25 y 30 kg, pero se han registrado individuos con pesos mayores. Su longitud alcanza los 120 cm desde el hocico hasta la cola (Baker y Hill, 2003; Newbill y Parkhurst, 2009; Ramadori et al., 2009).

Se caracteriza por ser un mamífero con hábitos semiacuáticos, siendo la segunda especie más grande de roedores con estos hábitos después del capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). El cuerpo del castor se comprime horizontalmente y sus patas traseras son palmeadas para nadar dentro del agua; teniendo a su vez una locomoción cuadrúpeda en tierra (Allers y Culik, 1997; Newbill y Parkhurst, 2009; Figura 1).



Figura 1. Ejemplar de *Castor canadensis*, de izquierda a derecha: hembra adulta y cría en el represo Las Nutrias, octubre del 2016 (Foto por: Stephanie Olivares/Naturalia A.C., 2016).

Se trata de una especie monógama, se aparean con el mismo compañero de por vida (Houston, 1998; Newbill y Parkhurst, 2009). El apareamiento tiene lugar entre los meses de enero y febrero, y la camada nace entre los meses de mayo y junio después de un periodo de gestación de aproximadamente 107 días. Por lo general tiene entre una y dos crías, pero dependiendo de los factores ambientales y condiciones físicas de la hembra se puede tener una cantidad mayor o menor de crías, llegando hasta las ocho crías (Ceballos, 2005; Pelz et al., 2005). La colonia típica consiste en la pareja adulta, la descendencia del último año y la camada actual (Newbill y Parkhurst, 2009).

El castor es nocturno, pero puede ser ocasionalmente activo durante el día. No hiberna, sino que reduce su actividad en invierno pasando la mayor parte de su tiempo dentro de su madriguera (Ceballos, 2005, 2014). La comunicación familiar se da principalmente mediante el uso de gemidos, gruñidos, silbidos y por sonidos nasales, y utilizan la cola para alertar acerca de cualquier peligro potencial (Newbill y Parkhurst, 2009). Es un animal territorial que utiliza marcas de olor para mantener alejados a otros individuos y evitar la colonización de su territorio (Aleksiuk, 1968; Baker y Hill, 2003; Bloomquist et al., 2012). Tiene pocos depredadores naturales, entre ellos el lobo (*Canis lupus*), el coyote (*Canis latrans*), el gato montés (*Lynx rufus*), el puma (*Puma concolor*) y el oso negro (*Ursus americanus*; Jenkins y Busher, 1979; Naiman et al., 1988).

Habita cerca de una fuente de agua que tenga un suministro abundante de comida. Se establecen a lo largo de ríos, arroyos, lagos, e incluso pantanos, donde construye sus presas y madrigueras (Baker y Hill, 2003; Graells et al., 2015; Newbill y Parkhurst, 2009; Parkhurst, 2000; Ramadori et al., 2009).

El castor utiliza y consume una amplia variedad de plantas acuáticas y otras que crecen cerca del agua, incluyendo el pino (*Pinus* spp.), el cedro rojo (*Cedrela odorata*), el aliso (*Alnus* spp.) y el arce rojo (*Acer rubrum*; Allen, 1983; Denney, 1952; Newbill y Parkhurst, 2009; Smith y Tyers, 2012), pero prefieren el álamo (*Populus* spp.) y el sauce (*Salix* spp.) principalmente para su alimentación (Jenkins y Busher, 1979; Naiman, 1988). No obstante, aunque se han reportado estas especies como las principales en su dieta, este roedor podría habitar lugares en donde éstas fueran inexistentes (Jenkins, 1975). En las temporadas de primavera y verano consumen en su mayoría herbáceas, como pastos y algunos cultivos agrícolas como maíz (*Zea mays*), al acercarse la época de invierno cambian su alimentación a



materiales más leñosos, como árboles, raíces, tubérculos y ramas (Barnes y Dibble, 1986; Ceballos, 2005; Newbill y Parkhurst, 2009; Rosell et al., 2005).

### II.1.1. Distribución

La familia Castoridae se originó en Norteamérica a finales del Eoceno y a principios del Oligoceno y algunos autores la describen como una familia única que no parece tener alguna relación cercana a otros grupos recientes de roedores (Baker y Hill, 2003; Korth, 1994). El género *Castor* es el único existente de esta familia, se originó en Eurasia y eventualmente penetró a América del Norte durante el transcurso del Plioceno (Rosell et al., 2005). El castor europeo (*Castor fiber*) y el Castor americano (*Castor canadensis*) son las únicas dos especies vivas (Baker y Hill, 2003). Ambas son similares morfológicamente, por lo que algunos taxónomos las clasificaban como una sola; sin embargo, se ha demostrado que poseen distintos cariotipos, diferencia que explica porque no se han podido cruzar con éxito (Müller-Schwarze y Sun, 2003; Rosell et al., 2005).

Históricamente su distribución se extendía a lo largo de América del Norte con una población estimada de 40 a 60 millones de ejemplares, encontrándose desde el norte del mar ártico hasta el Golfo de México (Aleksiuk y McTaggart, 1969; Baker y Hill, 2003; Bird et al., 2011; Ceballos, 2005; Müller-Schwarze y Sun, 2003; Nelson y Nielsen, 2011; Newbill y Parkhurst, 2009; Zavyalov, 2014). Sus poblaciones comenzaron a disminuir durante el siglo XVIII y XX, pero para finales del siglo XIX, tanto las poblaciones mexicanas como estadounidenses habían sido afectadas por la explotación desmedida de pieles, siendo utilizados por mercados europeos para la fabricación de sombreros de fieltro (Baker y Hill, 2003; Brzyski, 2005; Nelson y Nielsen, 2011).

En México, la distribución del castor abarca diferentes afluentes al norte del país. Se tienen registros a lo largo del río Bravo y otros tributarios, desde el estado de Chihuahua hasta Tamaulipas (Ceballos, 2005). En el estado de Sonora se ha registrado en el delta del río Colorado (Mellink y Luevano, 1998) entre Baja California y Sonora, en el río Bavispe, y en las cuencas del río Sonora, río San Pedro y río Yaqui (Burt, 1938; Caire, 1978; Ceballos, 2005; Gallo-Reynoso et al., 2002; Lafón et al., 2016; Pelz et al., 2005).

Para el río Bravo, Villa (1954) y Baker (1956) reportaron su presencia en el río Salado y

Sabinas en el estado de Coahuila y Nuevo León, respectivamente. Jiménez (1966) registró la especie para los municipios de Dr. Coss y Gral. Bravo, en Nuevo León. Bernal (1978) encontró 19 colonias activas y concluyó que se podía encontrar como habitante natural de 11 arroyos tributarios del río Bravo a lo largo de la Planicie Costera del Golfo. Rodríguez (1990) reportó dos colonias para el río Álamo, tres en el río Pílon y una colonia en arroyo Lobo. Bernal y Segura (1985) establecieron la distribución de poblaciones de castor diseminadas a lo largo de la cuenca, recorriendo 860 km a lo largo de 11 ríos donde se localizaron 78 colonias de castor con aproximadamente 256 ejemplares; y en 1996 y 2001 se publicaron los últimos trabajos acerca de la ecología y hábitat del castor para esta región, uno en Nuevo León y otro en el desierto de Chihuahua dentro del cañón de Santa Elena (Alonso, 2001; Vásquez, 1996).

Para el caso del delta del río Colorado, Burt (1938) y Baird (1859) registraron actividad de este roedor a 48.27 km al norte del río Colorado. Mellink y Luevano (1998) determinaron el estatus poblacional del castor en el Valle de Mexicali donde encontraron evidencias en 20 sitios entre Presa Morelos, al norte colindando con la línea divisora entre Estados Unidos y México, hasta Vado de la Carranza, al final del canal El Caimán, y río Hardy, al sur de Campo Mosqueda, y otros 11 sitios tenían evidencias de uso anterior.

Para el río Sonora sólo se tiene un registro publicado (Mearns, 1907) mientras que, para el río Bavispe, Baird (1859) registró actividad en el Cañón de Guadalupe, uno de sus tributarios. Mearns (1907) lo reportó en el arroyo El Cajón Bonito. Caire (1978) observó actividad al norte de Tasaviri, cerca de San Miguelito sobre el río Bavispe. Estudios más recientes fueron realizados por Gallo-Reynoso et al. (2002), y Pelz et al. (2005). En el primero se determinaron 14 sitios con presencia de castor y se encontró una fuerte asociación con el álamo (*Populus fremontii*) y sauce (*Salix exigua*). En el segundo se encontraron cinco diferentes colonias a lo largo de seis localidades en el arroyo El Cajón Bonito en el municipio de Agua Prieta, Sonora.

Los registros de castor dentro de la Cuenca del Río San Pedro incluyen los de Burt (1938), Bailey (1927) y Mearns (1907); éste último colectó a la especie tipo de *C. canadensis frondator* en la región, cerca del monumento 98 de la línea fronteriza mexicana. Villa (1954) registró actividad de castor aproximadamente a 45 km al noreste de Cananea, Sonora. Se cuenta también con trabajos realizados por Naturalia, A.C. acerca de su distribución y ecología (Carreón et al., 2014, 2015, 2016).

## II.1.2. Importancia ecológica

En general, los roedores afectan la dinámica de las comunidades mediante actividades que ayuden a remover, airear, aflojar y mezclar los suelos y como los principales dispersores de semillas en zonas áridas; el castor además es conocido como ingeniero del ecosistema por el impacto físico que ejerce sobre el paisaje a través de la construcción de diques, mantenimiento y creación de hábitats para otras especies de plantas y animales (Brzyski, 2005; Castillo, 2009; Elsey, 2015; Little et al., 2012; Miller et al., 1989; Müller-Schwarze y Sun, 2003; Riechers y De la Cruz, 2012; Rosell et al., 2005; Singleton y Taylor, 2010; Wright et al., 2002).

Este roedor altera el entorno drásticamente para cumplir sus necesidades (Cornell et al., 2011). La construcción de diques y represas, y la creciente inundación del relieve pueden llegar a desplazar especies leñosas que no estén adaptadas a medios acuáticos. Estas actividades también pueden solaparse con los intereses humanos (Jonker et al., 2006; McCall, 1996). No solo utiliza la madera para su construcción, sino también como forraje porque se alimenta de raíces, hojas de los árboles y también de otras plantas herbáceas. Tiende a comer cultivos, roer árboles, y pueden invadir estanques en granjas por la construcción de sus madrigueras sobre ellas (Brzyski, 2005; Collen y Gibson, 2001; Pelz, 2011). Sin embargo, desde un punto de vista ecológico, el castor ha sido promovido por diferentes asociaciones y autores en Norte América y Europa como una herramienta de bajo costo para mitigar los efectos del cambio climático y para la restauración de la función ecológica en las áreas ribereñas (Bird et al., 2011; Johnson y Van Riper III, 2014; Ramadori et al., 2009; Wild, 2011).

El castor controla los humedales de muchas maneras, ayuda a mantener cuerpos de agua durante la sequía que actúan como un sistema de filtración, y son usados para la irrigación y control de inundaciones (Brzyski, 2005; Elsey, 2015; Gibson y Olden, 2014; Haddock, 2015; Little et al., 2012). Los beneficios que la especie brinda al ecosistema superan los impactos negativos y con el tiempo, a través de la sucesión natural muestran un impacto positivo a largo plazo sobre el ambiente (Brzyski, 2005; Wright et al., 2002).

Los cambios inician con la modificación de la morfología e hidrología de la corriente (Gibson y Olden, 2014; Nelson y Nielsen, 2011). Las corrientes de agua que son estrechas y se caracterizan por ser elementos del paisaje definidos se vuelven más amplias y

geomorfológicamente más complejas; en consecuencia, el área de suelos inundados se expande y la retención de sedimentos y materia orgánica produce importantes reservas de carbono y nutrientes necesarios para la estabilidad de los ecosistemas (Naiman et al., 1998; Rosell et al., 2005). Las inundaciones del suelo incrementan la cantidad disponible de nitrógeno en éste, así como también conservan una gran proporción de nitrato, silicato y fosfato. Esto influye en el carácter del agua y los materiales transportados aguas abajo, y en última instancia, diferentes tipos de comunidades se desarrollan a lo largo de los cauces fluviales facilitando el crecimiento de la vegetación acuática (Naiman et al., 1998; Rosell et al., 2005; Wright et al., 2002).

El castor tiene un lugar específico para forrajear donde se alimenta de plantas que obtiene en tierra cerca de la orilla del río y puede cortar árboles con diámetros mayores a los 58.5 cm hasta llegar a los 117 cm de diámetro (Brzyski, 2005; Rosell et al., 2005). En estudios realizados por Jenkins (1974) y Dronkor y Fryxell (1999) se ha demostrado que tiene mayor selectividad al tamaño de los trocos conforme se van alejando de la orilla. Algunos árboles con un diámetro mayor a los 10 cm son descortezados, pero nunca cortados completamente y cuando llegan a ser cortados tienden a remover solamente las ramas para la construcción de sus diques (Jenkins y Busher, 1979). Esta selectividad funciona como un mecanismo para maximizar la tasa neta de energía por unidad de tiempo y así gastar menos energía en conseguir el alimento, pero esto tiende a disminuir la densidad y área basal en el área cercana a la orilla generando cambios en la estructura y composición natural de la vegetación (Arismendi et al., 2008; Johnston y Naiman, 1989; McGinley et al., 1985). Por ejemplo, Johnston y Naiman (1989) encontraron que una colonia individual de seis castores derribó 1.30 kg/ha durante un año de plantas leñosas, disminuyendo la biomasa hasta un 40% en el repeso después de seis años de consumo. Además, como los castores rara vez se mueven más de 60 metros desde el agua para alimentarse, su impacto se concentra a lo largo de la orilla (Barnes y Dibble, 1988; Donkor y Fryxell, 2000). La cobertura vegetal rige la composición de los bosques debido al control que tienen sobre factores abióticos como la luz, humedad y temperatura. Estos factores facilitan que algunas especies se establezcan y a su vez inhibe la regeneración de otras (Brzyski, 2005). Esto no necesariamente significa que sea del total agrado del castor, ya que en algunos casos las especies leñosas son reemplazadas por zonas arbustivas. Algunas especies de plantas pueden habitar tanto lugares boscosos como ribereños,

aunque otras están adaptadas a condiciones áridas. Por lo tanto, aunque la actividad del castor sobre el ecosistema no llegue a incrementar la riqueza entre especies, éste seguirá proveyendo un ambiente exclusivo de ciertas especies, y esto puede ser un impacto positivo si se trata de especies nativas (Brzyski, 2005; Little et al., 2012; Rosell et al., 2005).

Todo tipo de organismos pueden verse beneficiados por la alteración del hábitat. Los invertebrados que crecen en cuerpos de agua loticos como mosquitos, insectos efímeros, moscas negras y tricópteros son reemplazados por especies adaptadas a cuerpos lénticos como libélulas, gusanos segmentados tubificidos, mosquitos de la familia Chironomidae, y en algunos casos almejas. En lagos boreales y en lagos de Estados Unidos se ha encontrado un incremento en abundancia de ranas y sapos en presencia de actividad por el castor, así como también de quelonios y serpientes de agua asociadas a aguas poco profundas con vegetación acuática (Rosell et al., 2005; Stevens et al., 2006).

El crecimiento de vegetación arbustiva por la eliminación de los árboles proporciona una mejor área de anidación junto a la ribera para algunas especies de aves como el guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*). Algunos árboles en descomposición constituyen hábitats estables para la anidación y alimentación de pájaros carpinteros y aves rapaces (Rosell et al., 2005). Los humedales creados juegan un papel importante en la atracción de patos (*Anas spp.*) y llegan a funcionar como un corredor biológico que provee refugio, comida y descanso a otras aves acuáticas y canoras migratorias (Garza, 2008; Rosell et al., 2005; SEMARNAT, 2007).

## II.2. Estudios del Castor en México

A pesar de que el castor (*Castor canadensis*) fue uno de los mamíferos más utilizados en la industria peletera en Norteamérica, no hay muchos estudios publicados acerca de la presencia de la especie en su distribución en los sistemas lacustres más sureños que llegan hasta una parte de nuestro país. Debido a que la necesidad del entendimiento de las características de su hábitat, abundancia y distribución son importantes para su control, esto ha limitado la planeación para su adecuado manejo (King, 1998).

El interés de estudiar a estos animales data del periodo colonial, donde la presencia del castor junto con la nutria (*Lontra longicaudis*) representó un gran valor para el río Bravo. Fueron descritos por primera vez en México en 1838 cuando el gobierno de Chihuahua decretó la eliminación de la caza furtiva de estos organismos por temor a su desaparición. Posteriormente, los trabajos realizados acerca del castor se enfocaron a su distribución, abundancia y hábitat dentro de nuestro país (Gallo-Reynoso, 2013; Bernal y Segura, 1985; Vásquez, 1996).

Desde el 2006, como un esfuerzo por conservar al castor dentro del territorio mexicano, Naturalia, A. C. comenzó a tomar registros de su presencia dentro de la Cuenca del Río San Pedro, en Sonora. En 2014, Naturalia inició un proyecto de reintroducción del castor en la cuenca Los Ojos, cerca del municipio de Agua Prieta. En colaboración con el Área de Protección de Flora y Fauna Bavispe (APFF Bavispe) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) siguen trabajando en monitoreos de la especie dentro de la Cuenca del Río San Pedro (Carreón et al., 2014, 2015, 2016).

### II.3. El Castor Dentro de la Cuenca del Río San Pedro

A pesar de la falta de publicaciones de la presencia del castor (*Castor canadensis*) dentro de la Cuenca del Río San Pedro, su actividad ha sido descrita desde el siglo XIX en los inicios de la exploración temprana de los españoles, quienes reconocieron el potencial del área para extraer su pelaje (Carrillo et al., 2009). En 1825 los cazadores angloamericanos se refirieron a una porción del Río San Pedro en su parte estadounidense como el “río Castor” por la gran abundancia de ejemplares que rondaba en más de 200 (Carrillo et al., 2009; Huckleberry, 1996; Lee Wood, 1997; Pattie, 1831).

Sus actividades cambiaron la estructura y composición del bosque ribereño, hasta que en 1900 el castor fue extirpado para reintroducirse 100 años después en algunas afluentes de Norteamérica incluyendo la Cuenca del Río San Pedro; siendo la caza desmedida de su piel una de las causas principales por su importancia en la industria peletera de Estados Unidos, Canadá y Europa (Baker y Hill, 2003; Carreón, 2010; Garza, 2008; Nelson y Nielsen, 2011).

Posteriormente, entre 1999 y 2001 un grupo de castores, de alrededor de 15 ejemplares se reintrodujeron a escasos kilómetros de la frontera con México en el Área de Conservación Ribereña del Río San Pedro localizado al sur de Arizona, y en el 2006 se registraron rastros de su presencia en la porción mexicana del río (Carreón, 2010; Johnson y Van Riper III, 2014; Carreón et al., 2014). Se presume su migración a nuestro país debido al aumento del nivel del agua en el río y sus tributarios, creando las condiciones adecuadas para que estos organismos llegaran a varios predios en México (Carreón, 2010).

La reaparición del castor en la región plantea un problema serio de conservación (Garza, 2008). En México su aprovechamiento no representa la principal causa por la que se encuentra en peligro de extinción (P) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Bernal y Segura, 1985; DOF, 2010; Vásquez, 1996). Su actividad en la zona ribereña está eliminando sauces y álamos, amenazando con cambiar su composición y estructura, por lo que son considerados plaga local (Vásquez, 1996). A pesar de los esfuerzos de la Área de Protección de Flora y Fauna Bavispe y Naturalia A.C., quienes han realizado labores de enmallado de árboles y proyectos de monitoreo y reintroducción, no obstante falta tiempo para corroborar la efectividad de estas medidas (Carreón, 2014; Garza, 2008).

A su vez, el acelerado proceso de destrucción del hábitat en diferentes partes de

Norteamérica afecta a gran cantidad de especies silvestres, siendo el norte de México parte de esta problemática (Vásquez, 1996). El 60% de la cuenca presenta actividades socioeconómicas centradas en la ganadería y en menor grado en la agricultura. Alrededor del 2% de la cuenca del río San Pedro es ocupada por zonas agrícolas y asentamientos humanos. El resto se distribuye en zonas serranas y áreas silvestres en las que se podrían estar realizando extracciones de productos maderables y no maderables (Juárez, 2009). Puesto que el castor se distribuye en cinco predios, su área de distribución se ve parcialmente limitada y es de particular importancia el impacto ecológico que puedan tener los establecimientos agrícolas y el solapamiento con los humanos por el desconocimiento general acerca del medio en que se rodea y su función dentro de un ecosistema (Arias, 2000; Carreón, 2014; Cornell et al., 2011; Vásquez, 1996).



### III. JUSTIFICACIÓN

El impacto que el castor tiene sobre los ecosistemas está ampliamente documentado, la transformación de la estructura y dinámica ribereña da lugar a la permanencia de cuerpos de agua y establecimiento de diversas especies animales y vegetales; por lo que su importancia dentro de un sistema ribereño es primordial especialmente si se trata de zonas secas-áridas como la Cuenca del Río San Pedro. Por lo anterior, este tipo de especies modificadoras del ecosistema necesitan ser cuidadosamente monitoreadas y así determinar el aumento o disminución de sus poblaciones, especialmente si se encuentran en peligro de extinción como el castor en México. Debido a esto, en este estudio se evaluará el estatus poblacional y distribución del castor dentro de la Cuenca Alta del Río San Pedro y se recabará información sobre los requerimientos de su hábitat y la calidad de los sitios que habita; información que servirá para el manejo y conservación de la especie.

#### **IV. HIPÓTESIS**

El establecimiento de colonias de castor en la Cuenca Alta del Río San Pedro estará limitado por la presencia de los recursos naturales. La vegetación ribereña que resguarda la cuenca será un predictor confiable de su permanencia en el lugar.

## **V. OBJETIVOS**

### **V.1. Objetivo General**

- Determinar el estado actual de la población del castor (*Castor canadensis*) dentro de la Cuenca Alta del Río San Pedro, Sonora.

### **V.2. Objetivos Específicos**

- Conocer la distribución del castor en la Cuenca Alta del Río San Pedro, en Sonora.
- Estimar la abundancia relativa y densidad del castor en la Cuenca Alta del Río San Pedro, en Sonora.
- Determinar la relación existente entre la vegetación y el número de castores registrados en la Cuenca Alta del Río San Pedro, en Sonora.

## VI. METODOLOGÍA

### VI.1. Descripción del Área de Estudio

#### VI.1.1. Ubicación

La Cuenca del Río San Pedro se localiza en el noroeste de México, en el estado de Sonora y suroeste de Estados Unidos, en Arizona. La porción mexicana está representada por un valle rodeado por sierras, quedando abierto en su porción norte donde conecta con Estados Unidos hasta unirse con el río Gila (Figura 2). La cuenca en su totalidad tiene un área de 11,620 km<sup>2</sup>; de los cuales el 15.4% se encuentran en la porción mexicana, con un área de 1,789.48 km<sup>2</sup>. (Arias, 2000; Browning-Aiken et al., 2004; Callegary et al., 2016; De Aguinaga, 2002; Herrera-Carbajal et al., 2007).

#### UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SAN PEDRO (CRSP)

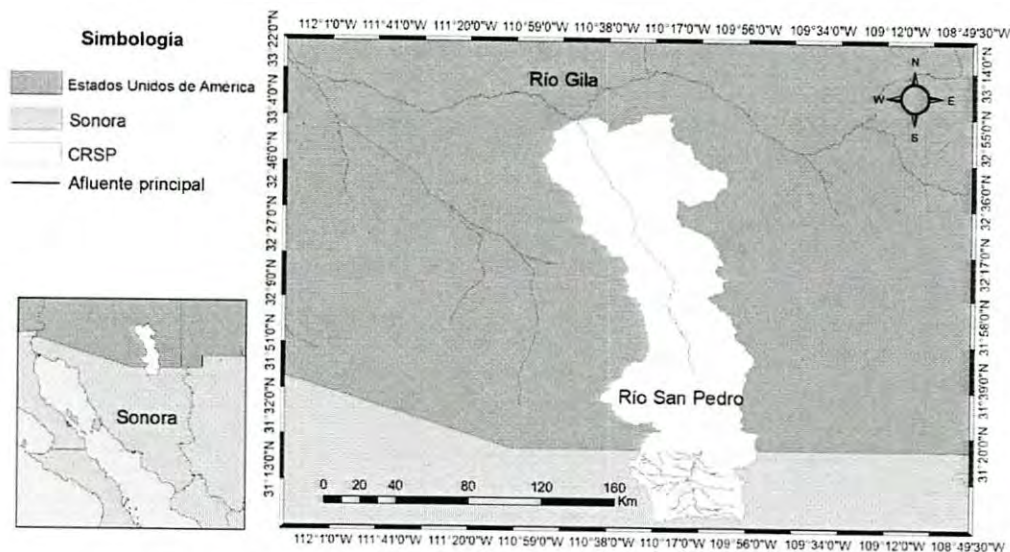


Figura 2. Ubicación de la Cuenca del Río San Pedro en Sonora y Arizona (Mapa por: Stephanie Olivares).

La cuenca está delimitada por la Sierra Los Ajos al este, por la Sierra San José al norte, así como también por una porción de la sierra Huachuca y la frontera con Estados Unidos, al sur por Cananea, y al oeste por las sierras La Mariquita y La Elenita. Muchas corrientes reciben

diferentes nombres conforme su origen en las diferentes sierras y en los diferentes tramos de su trayectoria hasta su desembocadura (Garza, 2008; Gómez-Álvarez, 2001; Romero, 1996). El presente estudio comprendió cinco sitios de observación, entre los municipios de Cananea y Santa Cruz, los cuales abarcan una serie de humedales continentales, conformada por arroyos permanentes y estacionales, ciénegas de pastizales, y manantiales de agua dulce (Figura 3; Tabla I; Apéndice 1; Juárez, 2009).

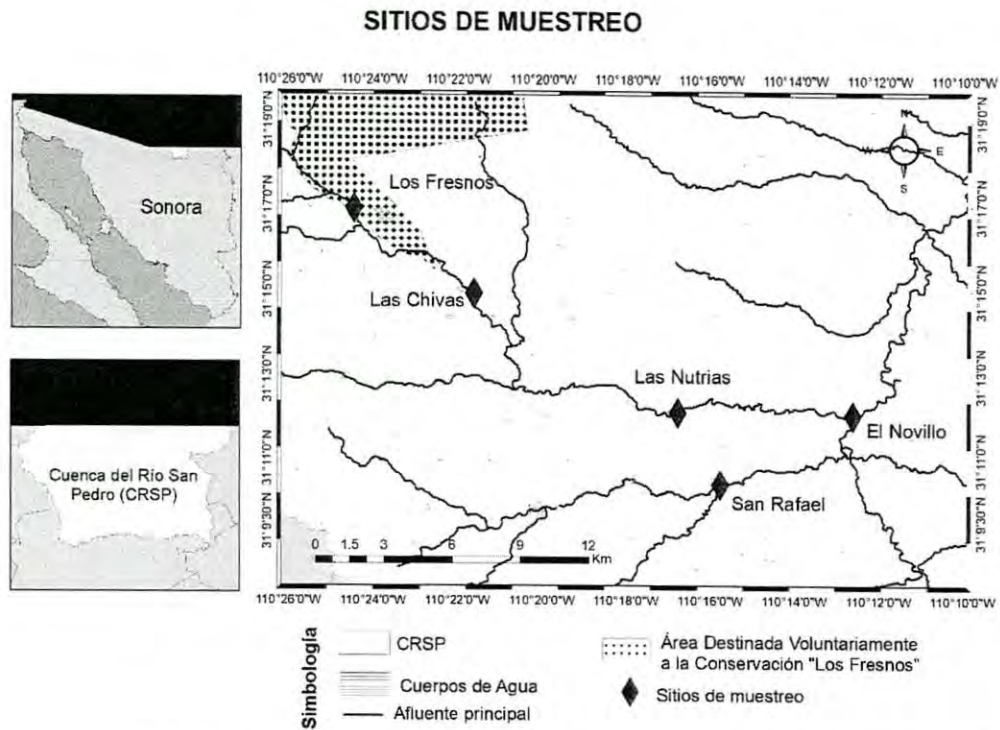


Figura 3. Sitios de muestreo en la Cuenca del Río San Pedro, Sonora, México (Mapa por: Stephanie Olivares).

Tabla I. Localización geográfica (en UTM) de los sitios muestreados, en los municipios de Santa Cruz y Cananea, Sonora.

Sitio	Latitud Norte	Latitud Este
Los Fresnos	3461049	0556375
Las Chivas	3457350	0560925
Las Nutrias	3452221	0568638
El Novillo	3452132	0 575250
San Rafael	3449053	0 570260

#### **VI.1.1.1. Los Fresnos**

El predio Los Fresnos es un área destinada voluntariamente a la conservación (CONANP 352/2013), se encuentra ubicado al noreste de Sonora dentro del municipio de Santa Cruz, pegado a la línea fronteriza, a 47 km de Cananea. Este predio es propiedad de Naturalia A.C., una organización no gubernamental dedicada a la conservación de especies prioritarias y en peligro de extinción, pastizales y humedales, por lo que no es explotado por actividades humanas. La superficie del predio presenta alrededor de 3,876 ha donde se alberga una comunidad de pastizales, ciénegas y áreas ribereñas. Dentro del predio corre el arroyo Los Fresnos, un arroyo tributario estrecho y de poca profundidad del río San Pedro. Es aquí donde el castor ha llegado a establecerse para el crecimiento de su población.

#### **VI.1.1.2. Las Chivas**

El predio las Chivas se encuentra localizado dentro del municipio de Santa Cruz. Es un rancho destinado para actividades agrícolas, principalmente para el cultivo de Manzana (*Malus domestica*) y prácticas de ganadería bovina (*Bos taurus*). En este sitio cohabitan los pastizales (*Bouteloua* spp.), el matorral espinoso (*Prosopis velutina*) y la vegetación ribereña (*Populus fremontii*, *Salix gooddingii* y *Fraxinus velutina*).

#### **VI.1.1.3. Las Nutrias**

El predio Las Nutrias se encuentra dentro del Ejido José María Morelos y Pavón, el cual posee una población de 100 habitantes, aproximadamente (Juárez, 2009). Las Nutrias es una ciénega utilizada principalmente para la práctica de ganadería bovina. Dentro del predio se encuentra un represo, alimentado por el arroyo Las Nutrias. Dentro del bosque ribereño que rodea al represo se observan: álamo (*Populus fremontii*), sauce (*Salix gooddingii*) y fresno (*Fraxinus velutina*), así como también algunas especies de matorral como el mezquite (*Prosopis velutina*) y algunas especies exóticas como el pino salado (*Tamarix* spp.).

#### **VI.1.1.4. El Novillo**

El predio el Novillo se encuentra ubicado dentro del ejido José María Morelos y Pavón. Es otro de los predios con presencia de ganadería bovina. Se observan álamo (*Populus fremontii*), sauce (*Salix gooddingii*) y batamote (*Baccharis salicifolia*) a lo largo del cauce.

#### **VI.1.1.5. San Rafael**

El predio San Rafael se encuentra formado por un humedal con vegetación arbórea de álamo (*Populus fremontii*), sauce (*Salix gooddingii*) y fresno (*Fraxinus velutina*) y nogal (*Juglans major*), así como también de batamote (*Baccharis salicifolia*) y algunos renuevos de mezquite (*Prosopis velutina*). La proporción del río donde se encuentran los castores dentro del predio San Rafael se caracteriza por ser intermitente y debido a la construcción de diques se ha prolongado la retención de agua en el lugar.

#### **VI.1.2. Clima**

El rango de elevaciones del valle está entre 1400 y 1600 msnm, con valores mínimos en el cauce del río y aumenta en las sierras, donde varía entre los 1700 y 2500 msnm (Arias, 2000; De Aguinaga, 2002; Gómez-Álvarez, 2001). La cuenca se encuentra representada por ecosistemas desérticos, pero por su elevación las condiciones no son tan extremas como las áreas que lo rodean (Arias, 2000). De acuerdo al sistema de clasificación de climas de Köppen hay tres tipos de climas presentes en la cuenca (Herrera-Carbajal et al., 2007; Garza, 2008): el clima BS1kw (x') que es semiseco templado con lluvias en verano y más del 10.2% de la precipitación anual en invierno; BS<sub>0</sub>kw (x'), que es un clima seco templado con lluvias en verano y más del 10.5% de la precipitación anual en invierno, el verano es cálido y se presenta al noreste de la cuenca; y C (W<sub>0</sub>), que es un clima templado subhúmedo presente en la parte media de la sierra Los Ajos.

Para las elevaciones que van entre los 1400 y 1600 se estima una temperatura media anual de 15.9 °C. Las heladas tienden a manifestarse de noviembre hasta abril, siendo enero el mes más frío (Gómez-Álvarez, 2008). La temperatura oscila entre los 38.7 °C a -5.3°C, y es

un factor influenciado fuertemente por la altura, siendo así que en las cimas de las montañas es más frío que en las porciones bajas (De Aguinaga, 2002; Garza, 2008).

Las lluvias tienen una distribución bimodal que predominan en verano, desde julio hasta septiembre, con una precipitación media que varía de 384 a 539 mm/año, pero pudiendo presentar valores más bajos entre los 258 y los 270 mm para las porciones más bajas (Arias, 2000; De Aguinaga, 2002; Gómez-Álvarez, 2008; Herrera-Carbajal et al., 2007).

### **VI.1.3. Hidrología**

El río San Pedro se localiza casi totalmente dentro de la Región Hidrológica 07 “río Colorado” (CONAGUA, 2009). Las corrientes se caracterizan por ser tramos con agua superficial perenne, intermitente y efímera secándose en la primavera. Los escurrimientos se originan en las sierras que rodean la cuenca (Garza, 2008; Herrera-Carbajal, 2005; Herrera-Carbajal et al., 2007; Romero, 1996).

Es un humedal catalogado como sitio RAMSAR (2009) y más comúnmente conocido como “Ecosistema Ajos-Bavispe, zona de influencia Cuenca Río San Pedro”. Dentro del área existen nueve ciénagas que se originan a la altura de la ciudad de Cananea, Sonora: La Ciénaga Los Fresnos, El humedal El Zacatonal, El humedal San Antonio de Terranate, El humedal San Rafael, El humedal Las Nutrias y la ciénega que comparte dos ejidos Cuauhtémoc y Gral. Ignacio Zaragoza (Juárez, 2009).

### **VI.1.4. Fisiografía y Geomorfología**

Está formado por un pequeño valle intermontano de orientación norte-sur. Sus dimensiones son 35 km de largo, por una variable de 42 km en su parte alta y 50 km en su parte baja (De Aguinaga, 2002; Herrera-Carbajal, 2005; Herrera-Carbajal et al., 2007).

El relieve de la zona se encuentra representado por montañas formadas por rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas, y tienen una amplia distribución estratigráfica con edades que varían desde el precámbrico hasta el reciente (CONAGUA, 2011; Garza, 2008).



### **VI.1.5. Edafología**

Las zonas altas dominan las asociaciones litosol y regosol mientras que en las planicies predominan feozem, cambisol, vertisol y xerosol (CONAGUA, 2011; Garza, 2008; Herrera-Carbajal, 2005; Herrera-Carbajal et al., 2007).

### **VI.1.6. Características bióticas**

#### **VI.1.6.1. Vegetación**

La cuenca encierra una gran variedad de características naturales, pues es una zona de transición entre el Desierto de Sonora y el Desierto de Chihuahua. Además de albergar una gran variedad de topografías y climas, algunas de las comunidades vegetales presentes en la cuenca son: matorrales desérticos, praderas, bosques de encino, bosques de pino, mezquites y vegetación ribereña. En general, la vegetación ribereña reportada para el área de estudio se compone de árboles de álamo (*Populus fremontii*) y sauce (*Salix gooddingii*) principalmente, y en menor medida encontramos algunos arbustos como el batamote (*Baccharis salicifolia*); dentro de la categoría de herbáceas encontramos lenteja de agua (*Lilaeopsis schaffneriana*), taxón que se encuentra en hábitats acuáticos como manantiales y ciénegas y está incluido en la lista de especies en peligro de extinción en la porción estadounidense de la Cuenca del Río San Pedro, en Arizona (Garza, 2008; USFWS, 2016).

Como componentes menos regulares encontramos mezquite (*Prosopis velutina*) y especies no nativas del género *Tamarix*. La comunidad de pastizales está representada por especies del género *Bouteloua*: *B. curtiipendula*, *B. hirsuta*, *B. eriopoda* y *B. scorpioides*. También hay otras especies como: *Aristida ternipes*, *Eragrostis intermedia*, *Chloris virgata*, *Leptochloa dubia* e *Hilaria belangeri* (Garza, 2008; Gómez-Álvarez, 2001; Gómez-Álvarez, 2008; Juárez, 2009; Kepner, 2001).

### VI.1.6.2. Fauna

Presenta especies que dependen de los arroyos y afluentes de agua como el castor (*Castor canadensis*), y anfibios como la salamandra tigre (*Ambystoma mavortium*) y la rana leopardo Chiricahua (*Lithobates chiricahuensis*), así como también algunos peces nativos. Para el río San Pedro, tanto en Sonora como en Arizona, se han reportado históricamente 13 especies nativas de peces (Minckley, 1987). De éstas, nueve han sido registradas para Sonora y actualmente solo tres ocupan hábitat natural en territorio mexicano. Es hogar de algunas especies de peces que se encuentran amenazadas como el charalito aleta larga (*Agosia chrysogaster*; Varela-Romero, 1992).

Funciona como el corredor biológico más importante del suroeste de América del Norte, ya que provee de refugio, comida y descanso para aves acuáticas y canoras migratorias. Llegan aves procedentes de América Central que llegan hasta Canadá a sus sitios de reproducción; por lo que también se encuentra dentro del sistema de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), en la zona denominada Sistema de Islas de la Sierra Madre Occidental (Garza, 2008; SEMARNAT, 2007). Entre las especies que podemos encontrar están el búho cornudo (*Bubo virginianus*), halcón gris (*Buteo plagiatus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), águila calva (*Haliaeetus leucocephalus*), gavilán de cooper (*Accipiter cooperii*), diversas especies de patos (*Anas platyrhynchos*, *A. crecca*) y garzas (*Ardea herodias*, *A. alba*; Garza, 2008).

En las sierras resguarda algunos mamíferos que se encuentran dentro de alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como el jaguar (*Panthera onca*) y oso negro (*Ursus americanus*). En el valle podemos encontrar al coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y perrito de la pradera de cola negra (*Cynomys ludovicianus*), entre otros (Juárez, 2009).

## VI.2. Materiales y Métodos

### VI.2.1. Distribución

Para determinar la presencia y distribución del castor se utilizaron dos métodos de muestreo: observación directa por recorridos de transectos lineales por el río y la técnica del foto-trampeo.

Los recorridos se realizaron bimestralmente en los cinco sitios de muestreo. Su actividad se definió mediante huellas, excretas, árboles caídos, troncos roídos, diques, presas, reserva de alimentos, y madrigueras activas y no activas, así como el avistamiento directo (Brzyski, 2005; Nelson y Nielsen, 2011; Pelz et al., 2005; RIC, 1998). La información obtenida a partir de cada observación se registró en un sistema de posicionamiento global de mano (GPS por sus siglas en inglés, Global Positioning System) y en una libreta de campo. Para cada registro se tomaron en cuenta la fecha, coordenadas, clima y tipo de vegetación. Posteriormente cada registro se utilizó para crear una base de datos y mapas de distribución de la especie en cada sitio (Brzyski, 2005; Lozano, 2010; Pelz et al., 2005).

Las observaciones directas de la especie se llevaron a cabo en lugares estratégicos, cerca de madrigueras o diques a 10-20 metros de distancia. Las observaciones empezaron aproximadamente una hora antes del atardecer y terminaron al bajar el sol, dificultando la visibilidad de los ejemplares. En este monitoreo participaron tres personas, quienes se posicionaron en diferentes puntos del transecto para así cubrir mayor terreno. Se utilizaron binoculares, cámaras fotográficas y linternas para facilitar su observación, y se determinó el número máximo de castor vistos al mismo tiempo (Bau, 2001).

Para complementar el muestreo de presencia y abundancia del castor se colocaron 12 cámaras-trampa digitales, distribuidas en cada uno de los cinco sitios donde se detectaron los rastros (Gallo-Reynoso, 1989). Cada cámara fue colocada a una distancia de 200 m lineales en un transecto de 1 km, partiendo de los sitios donde se observó mayor actividad, preferentemente a la orilla del río. Este criterio se basó en los hábitos semiacuáticos que presenta la especie de estudio (Noss et al., 2013).

Las cámaras-trampa se instalaron según la metodología sugerida de Karanth y Nicholson (1998), es decir con una orientación sur-norte para evitar su activación por la luz del sol. Se

colocaron en árboles y en algunos casos en estacas, a una altura de 50 cm (dependiendo de las características topográficas del terreno y la altura de la superficie del agua en los ríos). Las estaciones de trampeo estuvieron activas las 24 horas y para el caso de las foto-capturas se verificó fecha, hora y ubicación geográfica de cada sitio, así como también el número de cámara, modelo (Cuddeback, Wildview, Moultrie Cam) y título de la foto obtenida (Brzyski, 2005; Lozano, 2010; Pelz et al., 2005).

### **VI.2.2. Abundancia relativa y densidad**

Para estimar la abundancia se consideraron como registros fotográficos independientes las fotografías consecutivas de diferentes individuos separadas por 24 horas, esto se realizó con el propósito de tener una mayor precisión en la estimación de la abundancia y evitar contar varias veces al mismo individuo. En las fotografías en las que se observó más de un individuo el número de registros independientes considerado fue igual al número de individuos observados en la misma (Chávez et al., 2013; Monroy-Vilchis et al., 2010; Silver, 2004; Yasuda, 2004). Con la finalidad de calcular la densidad de castores en el área de estudio, se separaron sus registros y clasificaron por sitio, y las fotografías fueron sometidas a un análisis de opiniones cruzadas (Kelly et al., 2008). Debido a que el castor no presenta rasgos morfológicos evidentes que los diferencien de otros individuos de su misma especie, para su identificación se buscaron los siguientes casos: 1) características físicas y marcas naturales; 2) o bien, la aparición de crías que suelen estar junto a la madre (Kelly et al., 2008). Para cada individuo identificado, se generó una base de datos binarios de presencia (1) - ausencia (0) considerando cada día como la unidad de muestreo para cada uno de los individuos identificados (Chávez et al., 2013; Trolle y Kéry, 2003).

Para estimar la densidad, los datos fueron procesados con el programa MARK 6.0, utilizando la herramienta CAPTURE, con lo cual se obtuvo la abundancia de castores. Con la finalidad de contar con una medida del tamaño del terreno muestreado, se calculó el Área Efectiva de Muestreo (AEM, polígono de las estaciones de trampeo más área de amortiguamiento) con el programa ArcMap 10.5. Para tener una mayor precisión se utilizó el ámbito hogareño de la especie de 900 m en promedio, correspondiente al área de amortiguamiento (Aleksiuk, 1968; Havens et al., 2013; Müller-Schwarze y Sun, 2003).

Finalmente, la densidad se calculó dividiendo la abundancia estimada a través del programa MARK entre el AEM, reportándola como individuos por 10 km<sup>2</sup> (Ávila-Nájera, 2015; Chávez et al., 2013; Faller et al., 2007; Lara-Díaz et al., 2011; López et al., 2011; Lozano, 2010; Medellín-Legorreta y Bárcenas, 2009; Moreira et al., 2009; Mosquero, 2011).

$$D = N/A$$

Donde:

D = densidad

N = abundancia calculada por el programa CAPTURE

A = área efectiva de muestreo en km<sup>2</sup>

Con el propósito de comparar las abundancias del castor y de las especies asociadas se estimó el Índice de Abundancia Relativa (IAR), el cual se calculó a partir de las imágenes que se obtuvieron de las cámaras-trampa, mediante el número de registros fotográficos independientes por cada 100 días-trampa (Conroy, 1996; Horváth et al., 2010; Lira-Torres y Briones-Salas, 2012):

$$IAR = C/EM * 100 \text{ días-trampa, donde:}$$

C = Capturas o eventos fotografiados;

EM = Esfuerzo de Muestreo (No. de cámaras \* días de monitoreo) Estacional o Total

100 días trampa: Unidad de Muestreo.

### **VI.2.3. Caracterización del hábitat**

Los muestreos de vegetación se realizaron por medio de cuadrantes, que es una técnica adecuada para determinar la estructura y composición de la formación vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Se documentó la estructura de la vegetación y se determinó la cobertura de cada una de las formas de vida en los diferentes estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. Para obtener un mayor número de especies se realizaron dos muestreos de vegetación: uno en la temporada de secas (junio 2016) y el otro después las lluvias (octubre 2016). Se realizaron 19 cuadrantes en total que abarcaron los 20m<sup>2</sup> cada uno. Se eligieron los puntos de muestreo donde la actividad de castor fuera más evidente.

La cobertura, número de individuos presentes por cuadrante y número de individuos presentes por especie se utilizaron para determinar los valores del Índice de Valor de Importancia (I.V.I.); el cual fue desarrollado por Curtis y McIntosh (1951) y se encarga de jerarquizar la dominancia de cada especie, distribución y frecuencia de los patrones de especies en cada sitio de muestreo (Vásquez, 1996; Zarco-Espinosa et al., 2010).

El valor de importancia se obtuvo de la siguiente manera (Zarco-Espinosa et al., 2010):

$$\text{Valor de importancia (I.V.I.)} = (\text{Abundancia relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa})/3.$$

La dominancia (estimador de biomasa: área basal y cobertura) relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia relativa} = (\text{Dominancia absoluta por especie} / \text{Dominancia absoluta de todas las especies}) * 100$$

Donde:

Dominancia absoluta = Área basal de una especie/área muestreada

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = \pi/4 (DAP)^2$$

La densidad relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Densidad absoluta por cada especie} / \text{Densidad absoluta de todas las especies} * 100$$

Donde:

Densidad absoluta = Número de individuos de una especie/Área muestreada

La frecuencia relativa se calculó:

$$\text{Frecuencia relativa} = (\text{Frecuencia absoluta por cada especie} / \text{Frecuencia absoluta de todas las especies}) * 100$$

Dónde:

Frecuencia absoluta = Número de cuadrantes en los que se presenta cada especie/Número total de cuadrantes muestreados

Para tener un panorama completo de la disponibilidad de plantas que tiene al alcance el castor, se realizó un inventario de todas las especies de plantas que se encontraron dentro de

los cuadrantes. Para la identificación de las especies se utilizaron guías de campo. Cuando no se pudo llegar a su identificación, se colectaron y herborizaron, y se llevaron al Herbario de la Universidad de Sonora para su identificación por comparación (Castillo, 2009; Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Para el presente estudio se midieron cinco variables que se encuentran en función de la densidad, clases de tamaño y composición de la vegetación leñosa, que le brindan forraje y protección al castor (Allen, 1983; Carpenedo, 2011; Suzuki y McComb, 1998):

1. Porcentaje de cobertura de árboles (V1).
2. Porcentaje de árboles con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) entre 6 y 39 cm (V2). Allen (1983) y Samways (2004) sugieren que los castores tienden a seleccionar árboles con tallo pequeño para poder transportarlos con facilidad.
3. Porcentaje de la cobertura de los arbustos (V3).
4. Promedio de la altura de los arbustos (V4).
5. Composición de especies leñosas (V5).

Los valores de las cinco variables evaluadas se utilizaron para caracterizar el hábitat: Para el porcentaje de la cobertura de los árboles mayores a cinco metros de altura (variable 1), los valores aceptables fueron aquellos sitios donde la cobertura se encontró entre un 40% y un 60%. De cualquier modo, en los sitios donde éstos valores resultaron menores o mayores a tal rango, bajaron el valor de disponibilidad del hábitat. En cuanto al porcentaje de árboles con un DAP entre los 6 y 39 cm, el valor de disponibilidad fue elevado si se obtuvo un porcentaje alto de estos individuos (Allen, 1983).

Para el porcentaje de la cobertura de los arbustos se esperó obtener valores aptos en aquellos sitios donde existiera desde un 40% a un 60%, al igual que en la primera variable. Para la altura del dosel de arbustos se esperó registrar un promedio de individuos con altura mayor a 1.5 m. En dado caso de obtener alturas promedio menores a ésta, también disminuyó el valor de aptitud del hábitat para el castor (Allen, 1983).

Para el presente estudio se dividieron las especies en tres categorías: A) para un hábitat apto se buscó que el 50% de las especies presentes fueran deciduas, B) será un hábitat medio si el sitio estuvo dominado en un 50% de otras especies (matorral y cultivo) y C) un hábitat nulo si predominaron únicamente las especies arbustivas (Vásquez, 1996).

Para probar la relación entre las variables estudiadas y la presencia del castor se realizó

una matriz de regresión lineal en donde se determinó el grado de relación, mediante el coeficiente de correlación de Pearson, usando el paquete estadístico Stat-graphics (Centurion XVI.I). El número estimado de castores para cada sitio (cálculo obtenido por observación directa) fue la variable dependiente y las variables independientes fueron los valores de las cinco variables medidas en campo (V1, V2, V3, V4 y V5).



## VII. RESULTADOS

### VII.1. Distribución

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró evidencia de la presencia del castor en todos los sitios muestreados, pudiendo registrar madrigueras, diques y árboles roídos recientes a lo largo del año (Apéndice 2, Apéndice 3). El castor tiende a establecer los diques y madrigueras basándose en la cantidad de agua del lugar; por lo que en el presente estudio se tomaron en cuenta dos periodos de muestreo: la época de secas (diciembre 2015 a junio 2016) y la de lluvias (julio a noviembre 2016).

#### VII.1.1. Los Fresnos

Las actividades del castor se extienden a 1 km de distancia por el cauce. Este lugar se encuentra rodeado de una alameda cuyas especies más representativas, aparte de el álamo (*Populus fremontii*), son: el sauce (*Salix gooddingii*) y el fresno (*Fraxinus velutina*). Durante la temporada de secas se obtuvo el registro de una madriguera, siete diques activos formados por los castores dentro del arroyo Los Fresnos. En la temporada de lluvias, como resultado de las fuertes crecientes de los arroyos, se encontraron los diques destruidos. Esto provocó el desplazamiento de esta colonia arroyo abajo, ocasionando la construcción de cuatro nuevos diques y dos madrigueras en una nueva ubicación (Figura 4).

## MONITOREO DE CASTOR EN LA ADVC LOS FRESNOS

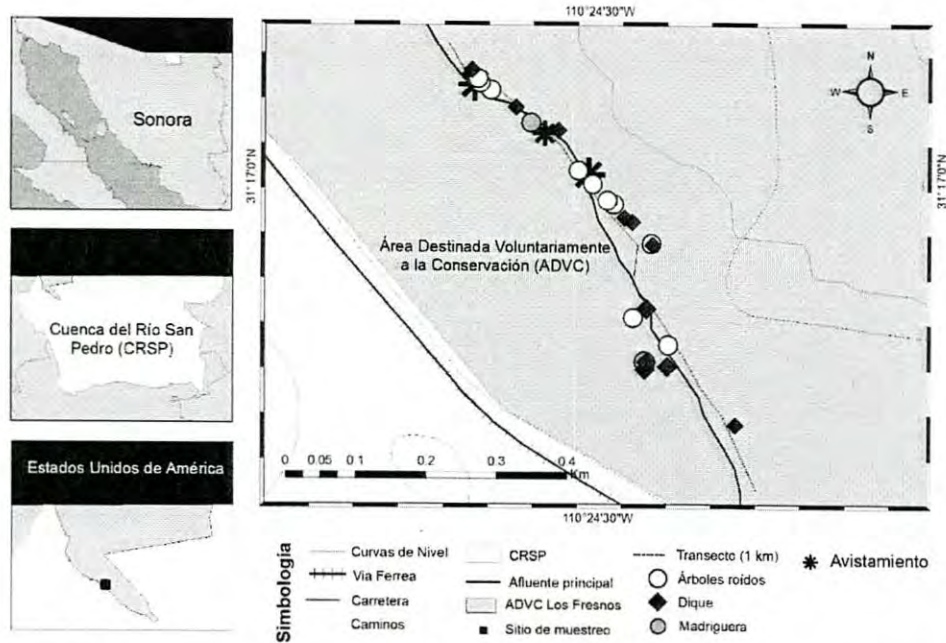


Figura 4. Actividad de *Castor canadensis* sobre el arroyo Los Fresnos, de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).

### VII.1.2. Las Chivas

En total fueron registradas tres ubicaciones preferentes (colonias) por el castor: la primera dentro de un represo artificial formado para la actividad productiva del predio, la segunda en una alameda hacia el sureste del predio, y la tercera sobre el arroyo Los Fresnos debajo del huerto de producción de manzanas. Actualmente solo esta última colonia se encuentra activa, en este mismo sitio se registraron tres madrigueras, una de ellas activas y dos diques (Figura 5). Las especies leñosas presentes este sitio, aparte de los manzanos, son: álamo (*Populus fremontii*) fresno (*Fraxinus velutina*), batamote (*Baccharis salicifolia*), nogal cimarrón (*Juglans major*) y mezquite (*Prosopis velutina*). La longitud de la colonia activa de Las Chivas mide alrededor de 200 metros. En total, en la temporada de secas fueron registrados dos diques y cinco madrigueras; tres de ellas activas. En la temporada de lluvias, uno de los diques fue derrumbado por las fuertes corrientes, mientras que el otro dique fue reforzado con ramas y piedras.

## MONITOREO DE CASTOR EN EL PREDIO LAS CHIVAS

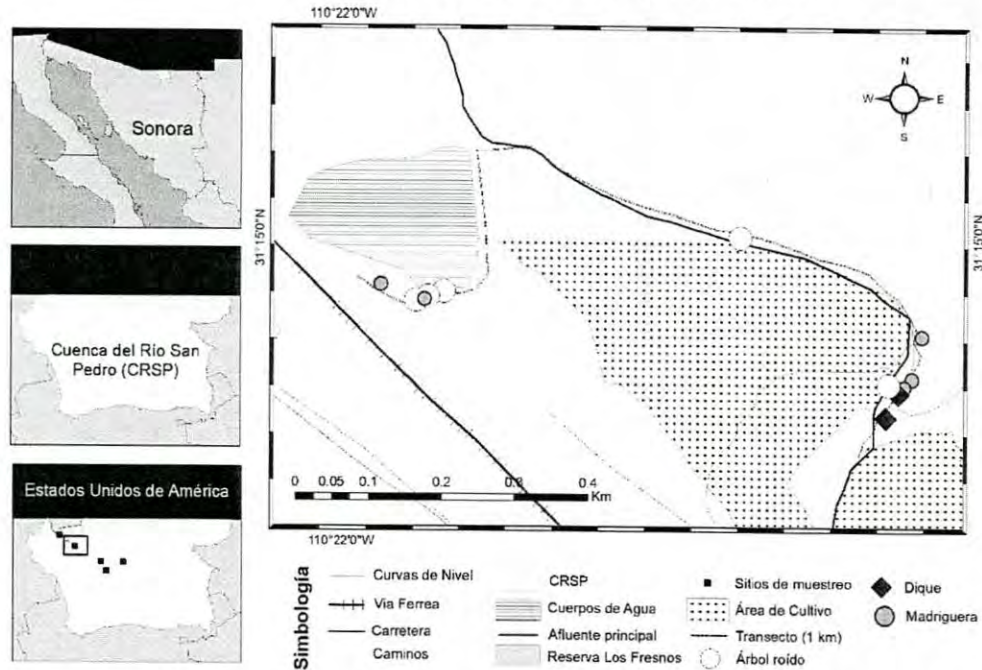


Figura 5. Actividad de *Castor canadensis* sobre el arroyo Los Fresnos, dentro el predio Las Chivas, durante diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).

### VII.1.3. Las Nutrias

Los castores han colonizado este sitio estableciéndose en distintos puntos del área, llegando a abarcar hasta 1.5 km de longitud en el lugar. Dentro de los muestreos fueron registradas cinco madrigueras las cuales se encuentran en uso a lo largo del año. Dentro del periodo de secas se localizaron cinco madrigueras y un dique. Se determinó que cada madriguera fue ocupada por los castores conforme fue cambiando el nivel del agua. Al final del periodo de lluvias se registraron únicamente dos madrigueras con actividad reciente (Figura 6).

## MONITOREO DE CASTOR EN EL PREDIO LAS NUTRIAS

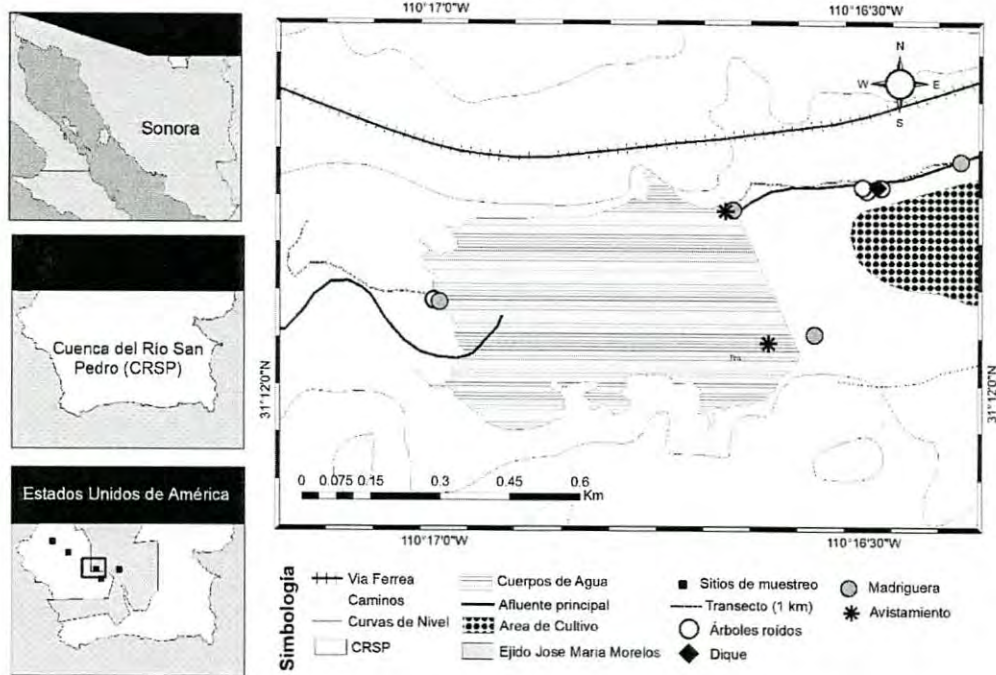


Figura 6. Actividad de *Castor canadensis* en el predio Las Nutrias, de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).

### VII.1.4. El Novillo

Los rastros de castor se extienden en una porción muy reducida, aproximadamente 909 metros de longitud, en el entronque donde los arroyo San Rafael y el río San Pedro se juntan. Durante el periodo de secas se registraron tres madrigueras, dos de ellas activas y una inactiva, y dos diques. En la temporada de lluvias no hubo cambios significativos en la posición de los rastros dentro del área de muestreo; sin embargo, uno de los diques fue derrumbado por las fuertes corrientes (Figura 7).

## MONITOREO DE CASTOR EN EL PREDIO EL NOVILLO

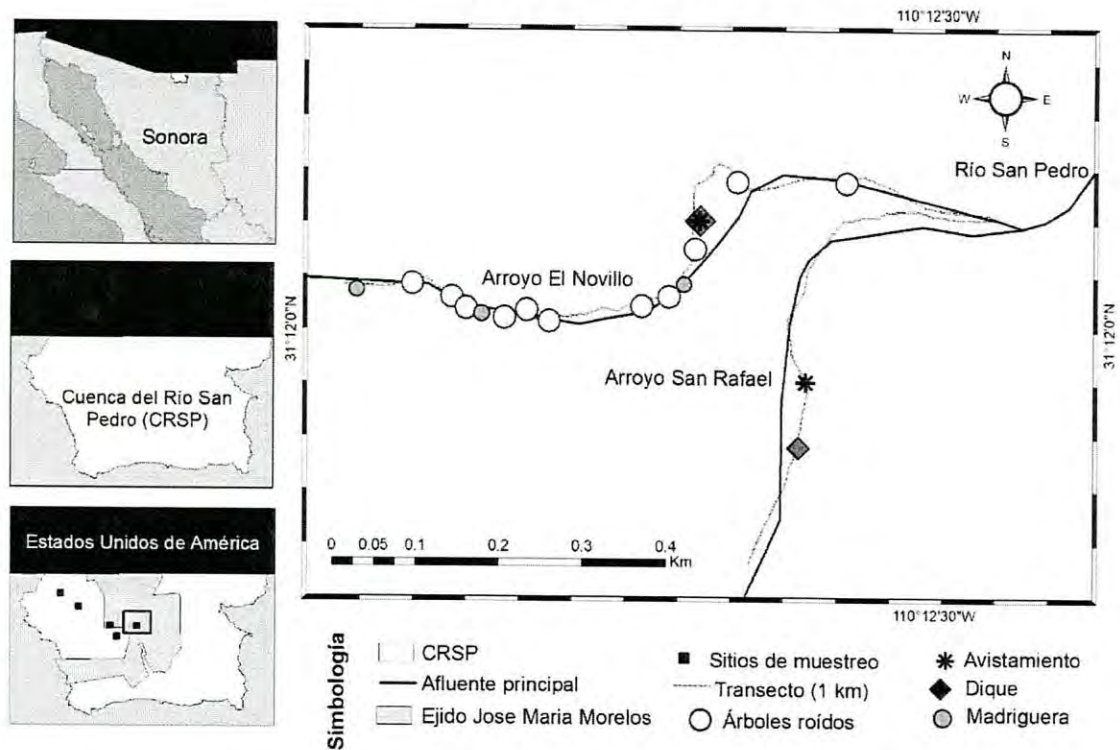
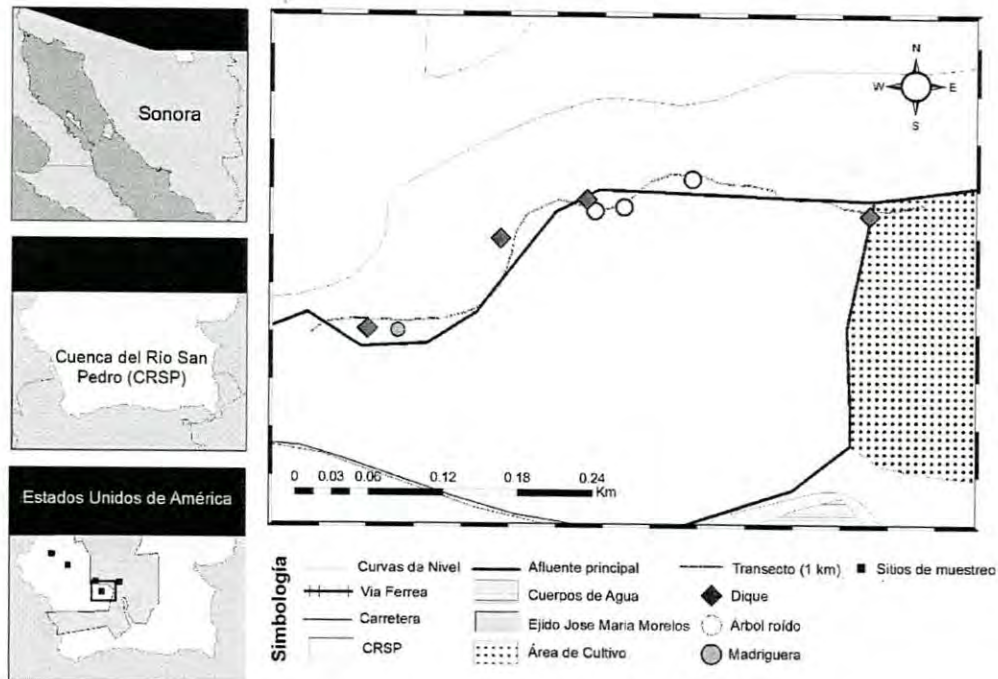


Figura 7. Actividad de *Castor canadensis* dentro del predio El Novillo, de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 (Mapa por: Stephanie Olivares).

### VII.1.5. San Rafael

Los castores están presentes en aproximadamente medio kilómetro a lo longitud del arroyo San Rafael. En el área de muestreo se registraron diferentes tipos de rastros como: diques, madrigueras, árboles roídos y caminos alternos por los cuales se movilizan. Durante la temporada de secas se registraron cuatro diques y una madriguera activa. En la temporada de lluvias no hubo ningún cambio en la estructura de la colonia (Figura 8).

## MONITOREO DE CASTOR EN EL PREDIO SAN RAFAEL



### VII.2. Abundancia relativa y densidad

#### VII.2.1. Abundancia relativa

Se colocaron 12 estaciones de trampeo durante diciembre de 2015 a noviembre del 2016. El esfuerzo total de muestreo fue de 1646 días-trampa (

Tabla II). Se obtuvieron 432 fotografías de 10 especies de mamíferos, de las cuales 169 fueron de castor; 143 fotografías correspondieron a 11 especies de aves (ver Apéndice 4), y 10 a una especie de anfibio (*Lithobates catesbeianus*). Del total de fotografías, 179 fueron clasificadas como registros independientes.

Se estimó la abundancia relativa en cuatro diferentes periodos. De acuerdo con el IAR, las especies de mamíferos más abundantes fueron el mapache (*Procyon lotor*, 13.3), el venado

cola blanca (*Odocoileus virginianus*, 6.47) y el castor (*Castor canadensis*, 5.70; Tabla III).

Tabla II. Número de cámaras-trampa y esfuerzo de muestreo por sitio dentro de la Cuenca del Río San Pedro, Sonora (diciembre 2015 – noviembre 2016).

Sitio	Cámara	Días	
		Periodo secas	Periodo lluvias
Los Fresnos	1	61	43
	2	61	43
	3	28	43
Las Chivas	4	62	99
	5	62	99
Las Nutrias	6	62	17
El Novillo	7	62	100
	8	62	100
	9	62	100
San Rafael	10	61	99
	11	61	99
	12	61	99
Esfuerzo de muestreo (días-cámara)		<b>705</b>	<b>941</b>

Tabla III. Abundancia relativa de mamíferos silvestres registrados por cámaras-trampa en la Cuenca del Río San Pedro, Sonora (diciembre 2015 - noviembre 2016). IAR (No. de Reg./100 Dias-Cámara). \*P1: dic 2016-ene 2017; P2: feb-mar 2016; P3: jun-ago 2016; P4: sep-nov 2016.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	*P1	P2	P3	P4	Total
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	2.16	0.59	0.81	2.9	6.47
	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecari de collar	-	1.78	2.23	0.44	4.46
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	-	0.29	0.6	3.57	4.47
	Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Gato montés	0.81	0.29	0.81	0.22	2.14
		<i>Puma concolor</i>	Puma	-	-	0.2	-	0.2
	Mephitidae	<i>Mephitis mephitis</i>	Zorrillo rayado	-	0.89	0.4	-	1.29
		<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo encapuchado	-	0.3	0.4	-	0.7
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coati	-	-	-	0.22	0.22
		<i>Procyon lotor</i>	Mapache	-	4.76	1.62	6.91	13.3
Rodentia	Castoridae	<i>Castor canadensis</i>	Castor americano	0.27	0.29	4.46	0.66	5.7



## VII.2.2. Densidad

Se estimó la densidad de castores por medio del método de foto-trampeo en cuatro diferentes periodos. El primero de ellos abarca de diciembre del 2015 a febrero del 2016, el segundo de febrero a abril del 2016, el tercero de junio a agosto del 2016 y el último de septiembre a noviembre del 2016. El valor más alto fue para el periodo tres con 15.97 ind/10 km<sup>2</sup>, seguido del periodo cuatro con 1.33 ind/10 km<sup>2</sup> (Tabla IV). El área efectiva de muestreo de las 12 trampas cámara fue de 15.02 km<sup>2</sup> (Figura 9). Durante el estudio se registraron 15 castores distribuidos en tres de los cinco sitios de muestreo (Tabla V). Únicamente en los sitios de Las Chivas y San Rafael no se observó ninguno, pero se obtuvieron registros de rastros recientes que nos indican que su presencia sigue activa y que al menos un individuo habita esos sitios. La densidad obtenida por el método de observación directa fue de 11.31 ind/10 km<sup>2</sup>.

Tabla IV. Densidad de castor dentro de la Cuenca del Río San Pedro en el periodo diciembre 2015 – noviembre 2016.

Periodo	Abundancia	E.E.	AEM (km <sup>2</sup> )	Densidad (ind/10 km <sup>2</sup> )
1 (diciembre 2015 - febrero 2016)	-	-	15.02	-
2 (febrero – abril 2016)	-	-	15.02	-
3 (junio – agosto 2016)	24	10.86	15.02	15.97
4 (septiembre – noviembre 2016)	2	0.66	15.02	1.33

Tabla V. Número de castores avistados dentro de la Cuenca del Río San Pedro en el periodo diciembre 2015 – noviembre 2016.

Sitio	Número de castores
Los Fresnos	6
Las Chivas	1
Las Nutrias	7
El Novillo	2
San Rafael	1

## ÁREA EFECTIVA DE MUESTREO

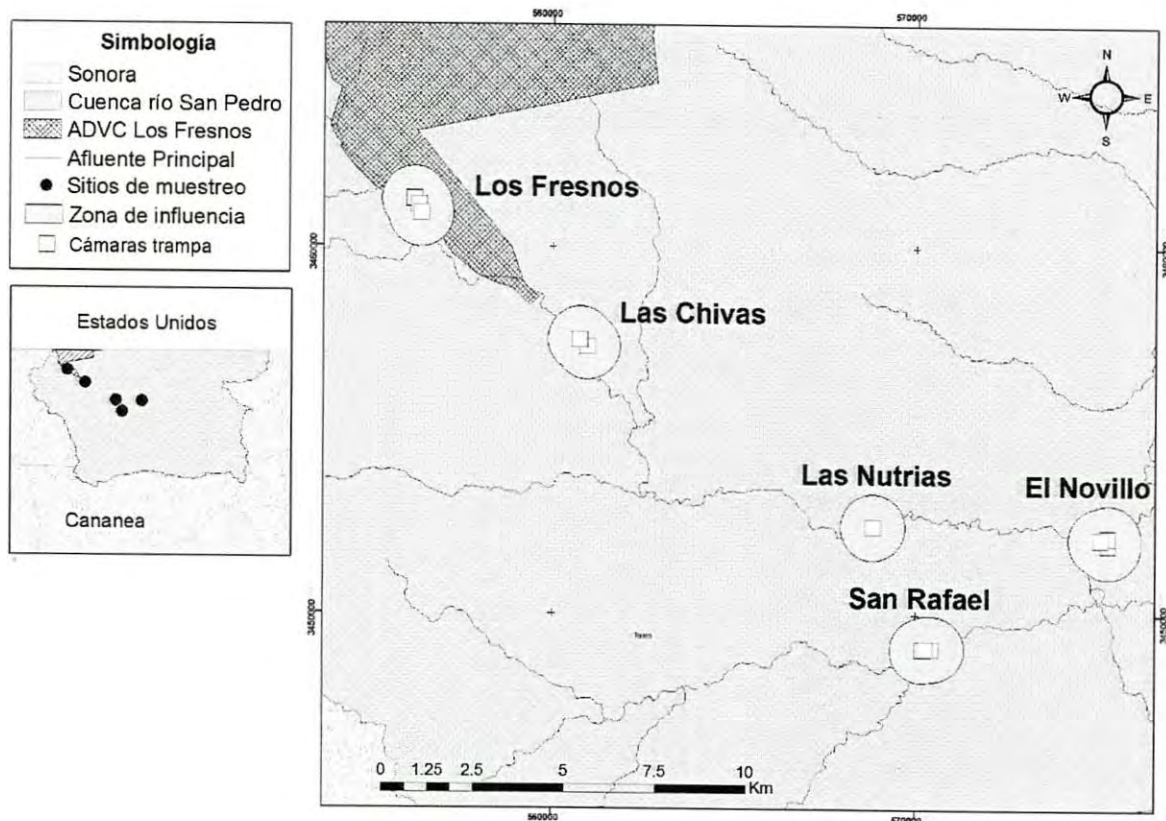


Figura 9. Área efectiva de muestreo en la Cuenca del Río San Pedro durante el periodo diciembre 2015 a noviembre del 2016.

### VII.3. Caracterización del Hábitat

#### VII.3.1. Análisis florístico

En el sitio de estudio la vegetación ribereña se encuentra en forma de pequeños manchones que crece en los márgenes de los arroyos, en suelos arenosos y pedregosos formando franjas que no sobrepasan los 20 m de cada lado del cauce, y es común observar diferentes estratos: herbáceo, arbustivo y arbóreo.

Dentro de las formas de vida existentes en los cuadrantes, la mayor representada fueron las hierbas, con un total de 22 especies (64.7%), seguido de los árboles con seis especies (32.3%), y por último los arbustos con una especie (2.94%). Puesto que la especie de estudio

está asociada a la utilización de material leñoso, las especies para los análisis establecidos en la metodología son únicamente los árboles y arbustos. Las hierbas solamente fueron identificadas y enlistadas (Apéndice 5).

Se encontraron en total siete especies leñosas que comprenden a seis familias y siete géneros; cinco de ellas asociadas al hábitat ribereño, una asociada al matorral desértico y una catalogada como una especie de cultivo; se registró únicamente una especie arbustiva. El área de estudio se caracteriza por la presencia de árboles sin espinas y caducifolios de gran tamaño (>15 m de altura). La vegetación ribereña está representada por tres especies: *Salix gooddingii* (143 ind/Ha), la cual se registró en 17 cuadrantes (89.47%), *Populus fremontii* (81 ind/Ha) se registró en 16 cuadrantes en el sitio de estudio (84.21%) y, por último, *Baccharis salicifolia* (75 ind/Ha), siendo ésta una de las especies menos frecuentes dentro del sitio (Tabla VI).

Tabla VI. Especies leñosas encontradas dentro de los cuadrantes de muestreo. Clave: Arb = Arbórea; Ava = Arbusiva; R = Riparia; M = Matorral; C = Cultivo.

Familia	Especie	Nombre común	Forma de vida				Vegetación	Densidad (H)	Abundancia Relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia
			Árb	Ava	R	M C						
<b>Salicaceae</b>	<i>Salix gooddingii</i>	Sauce	X		X		136.84	0.38	0.09	0.27	0.74	
	<i>Populus fremontii</i>	Álamo	X		X		81.57	0.21	0.48	0.25	0.95	
<b>Oleaceae</b>	<i>Fraxinus velutina</i>	Fresno	X		X		39.47	0.10	0.08	0.14	0.33	
<b>Juglandaceae</b>	<i>Juglans major</i>	Nogal cimarrón	X		X		10.52	0.20	0.24	0.13	0.57	
<b>Asteraceae</b>	<i>Baccharis salicifolia</i>	Batamote		X	X		151.31	0.03	0.01	0.06	0.10	
<b>Fabaceae</b>	<i>Prosopis velutina</i>	Mezquite	X		X		30.26	0.08	0.01	0.13	0.21	
<b>Rosaceae</b>	<i>Malus domestica</i>	Manzano	X		X		1.31	0.00	0.09	0.02	0.11	

De las especies presentes que más contribuyen en el carácter y estructura del área tenemos a *P. fremontii*, *S. gooddingii* y *B. salicifolia* con un valor de importancia (IVI) de 0.94, 0.73 y 0.56, respectivamente. La especie con el menor peso ecológico fue *J. major* con 0.09 (Figura 10).

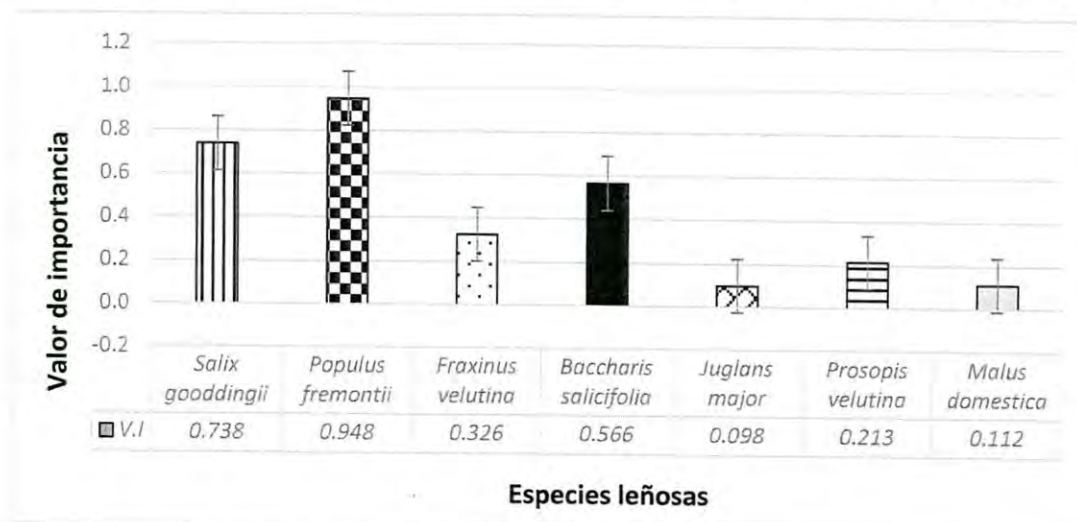


Figura 10. Comparación del valor de importancia para cada especie leñosa identificada durante el monitoreo de diciembre 2015 a noviembre 2016.

### VII.3.2. Relación entre variables de vegetación y número de castores

Se contaron 290 árboles, de los cuales 213 equivalen a la fracción cuya altura alcanzó el mínimo (1.30 metros a la altura del pecho) para poder tomarlos en cuenta para las mediciones anteriormente mencionadas.

El porcentaje de cobertura de los árboles mayores a 5 metros de altura presentaron variaciones entre los sitios, pero en ninguno de ellos se presenta un 100%. Según los rangos establecidos de porcentaje por algunos autores ninguno de los sitios muestreados se posiciona como un hábitat adecuado para el desarrollo del castor (Allen, 1983; Vásquez, 1996). El valor más alto fue de 35% de cobertura para el sitio Los Fresnos, mientras que el más bajo fue de 8% de cobertura vegetal en Las Nutrias (Figura 11).

Los diámetros varían en medida, dentro de la Cuenca del Río San Pedro podemos observar individuos con un diámetro menor a los 5 cm, los cuales son comúnmente conocidos como rebrotes en la región, hasta individuos en estado adulto con diámetros mayores a los 197

cm de diámetro. De los individuos medidos, una parte importante (el 53.44%) equivale al rango preferido por el castor, que va de los 6 cm a los 39 cm; el resto supera los 39 cm de diámetro (20%), y el 26.44% corresponde a individuos juveniles (Apéndice 6). El sitio muestreado con mayor cantidad de árboles dentro del rango buscado por el castor fue Las Nutrias, con el 40.26% de individuos, cantidad que contrasta con el resto de los sitios, donde Los Fresnos, Las Chivas, El Novillo, y el San Rafael presentaron en orden decreciente un 21.91, 17.80, 10.95 y el 2.73%, respectivamente; posicionando a éstos últimos sitios con un valor bajo en cuestión de esta variable (Figura 11).

De los cinco sitios muestreados, solamente uno de ellos alcanzó un valor alto en el porcentaje de cobertura de los arbustos, siendo El Novillo el que presenta un 88% de cobertura. Esta variable en particular no presentó valores significativos en la totalidad de los sitios muestreados. No se obtuvo ningún valor óptimo de disponibilidad, siendo que se buscaban sitios que presentaran cobertura de entre 40 y 60% (Figura 11). Por otro lado, el promedio de altura de los arbustos también varía entre los sitios de estudio. La altura promedio mayor se presentó en el Novillo con 2.4 m, y en Las Nutrias no se obtuvo registro de ninguna especie arbustiva (Figura 12).

La composición de especies leñosas fue de tres tipos. El primer grupo (A) lo constituyen las especies deciduas, que fueron las especies ribereñas, como *P. fremontii*, *S. gooddingii*, *F. velutina* y *J. major*; el segundo (B) abarca especies de matorral como *P. velutina*, y de cultivo como *Malus domestica*; por último, en el grupo C se colocaron a las especies arbustivas, donde únicamente se registró *B. salicifolia*. El 80% de los sitios muestreados (Los Fresnos, Las Chivas, Las Nutrias y San Rafael) alcanzaron valores óptimos con especies del grupo A, ya que estuvieron compuestos por más del 50% de estas especies posicionándose como los sitios con un hábitat adecuado para el castor. El Novillo fue el único sitio que obtuvo un valor nulo, ya que en el lugar predominó la vegetación arbustiva (Figura 13).

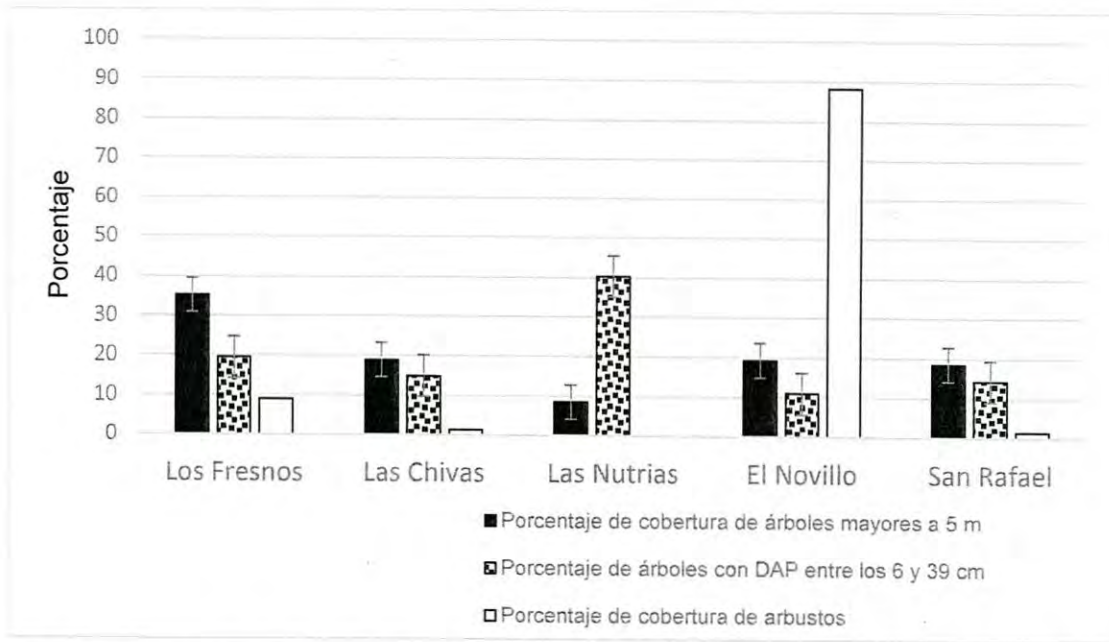


Figura 11. Porcentaje de cobertura de árboles mayores a 5 metros, porcentaje de árboles con DAP entre los 6 y 39 cm y porcentaje de cobertura de los arbustos para la caracterización del hábitat del castor dentro de la Cuenca del Río San Pedro durante el año 2016.

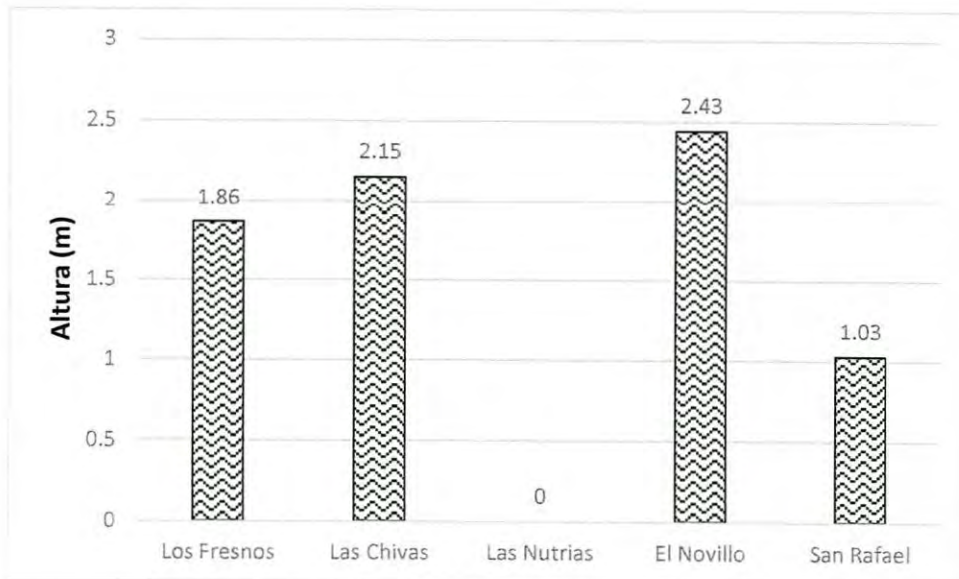


Figura 12. Altura promedio de los arbustos (*Baccharis salicifolia*) en los cinco sitios de muestreo en la Cuenca del Río San Pedro durante el año 2016.

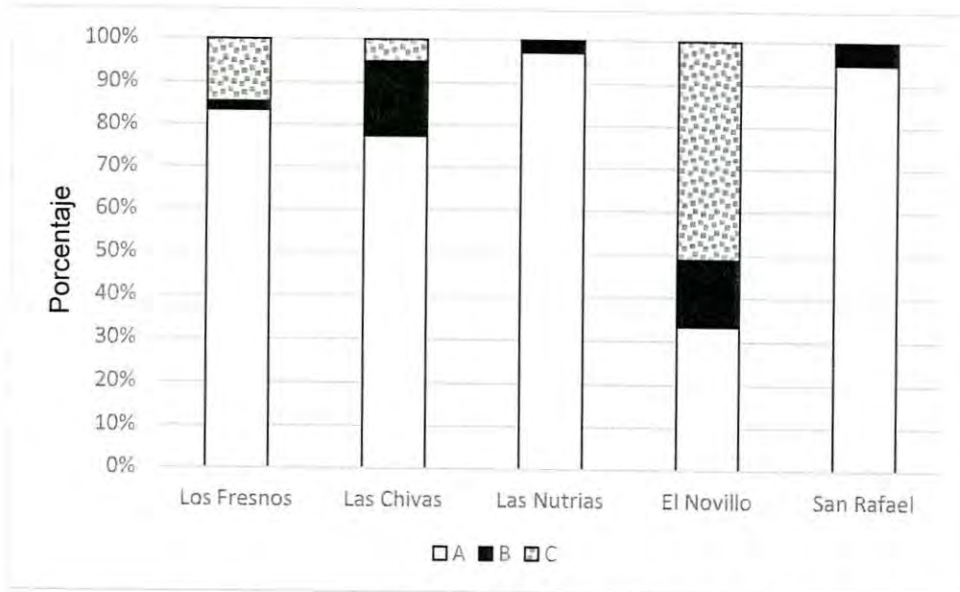


Figura 13. Composición de especies leñosas por sitio dentro de la Cuenca del Río San Pedro. Donde A = (A) lo constituyen las especies deciduas, B = especies de matorral y otras, C = se únicamente especies arbustivas.

El análisis estadístico de correlaciones arroja que la relación entre el número de castores estimado en campo mediante el método de observación directa y las cinco variables no es significativa ( $p > 0,05$ ); sin embargo, el coeficiente de correlación más alto se registró para la variable número dos: DAP, donde se muestra una relación fuerte y positiva entre el número de castores y el DAP ( $r = 0.81$ ), mientras que la relación más débil se encuentra entre el número de castores y las especies leñosas del grupo B, con un coeficiente de correlación de  $-0.60$  (Tabla VII).



Tabla VII. Abundancia (basada en avistamientos directos) de castor y su relación con la disponibilidad de vegetación en los sitios: Los Fresnos (LF), Las Chivas (LC), Las Nutrias (LN), El Novillo (EN) y San Rafael (SR). El índice de correlación se calculó con las siguientes variables de vegetación: porcentaje de cobertura de los árboles con una altura mayor a 5 metros (CA), porcentaje de árboles cuyo DAP (diámetro a la altura del pecho) estuviera entre los 6 y 39 cm (DAPA), porcentaje de cobertura de los arbustos (CARB), promedio de la altura de los arbustos (AA) y cantidad de especies leñosas (EL-A, EL-B y EL-C). \*No=número de castores registrados por sitio por el método de observación directa.

<b>Variables</b>	<b>LF</b>	<b>LC</b>	<b>LN</b>	<b>EN</b>	<b>SR</b>	<b>Índice de correlación</b>
	(*No=6)	(No=0)	(No=7)	(No=2)	(No=0)	
<b>CA</b>	35.11	18.88	8.48	19.24	18.52	r = 0.06; p = 0.9218
<b>DAPA</b>	21.92	17.81	46.58	10.96	2.74	r = 0.8178; p = 0.0908
<b>CARB</b>	9.01	1.31	0	88.29	1.39	r = -0.1363; p = 0.8269
<b>AA</b>	1.86	2.15	0	2.43	1.03	r = -0.4878; p = 0.4045
<b>EL-A</b>	83.33	77.5	97.22	33.33	95	r = 0.1303; p = 0.8346
<b>EL-B</b>	2.08	17.5	2.77	15.55	5	r = -0.6094; p = 0.2752
<b>EL-C</b>	14.58	5	0	51.11	0	r = 0.0519; p = 0.9339

## VIII. DISCUSIÓN

La distribución del castor dentro de la Cuenca del Río San Pedro (CRSP) se determinó mediante los registros de actividad, principalmente. Los registros más abundantes fueron los árboles roídos a lo largo y sobre los arroyos, estos fueron los rastros utilizados para determinar la actividad de los sitios. Algunos autores sugieren que la construcción de madrigueras compuestas de material leñoso y fango son el mejor índice de actividad, e incluso al norte de su distribución (Estados Unidos y Canadá) son las estructuras más comunes y representativas que se observan construidas sobre cuerpos vastos de agua, pero su comportamiento en México es diferente (Alonso, 2001). Según Gallo-Reynoso et al., 2002, en Sonora existen lugares donde se han registrado la construcción de madrigueras sobre el río Bavispe, dentro de la cuenca del río Yaqui; Sin embargo, esto es un escenario que contrasta específicamente con la Cuenca del Río San Pedro, el castor vive dentro de cuevas formadas en las laderas de los arroyos formando túneles que se conectan a una cámara de varios metros de diámetro (Leopold, 1959). A su vez, se observaron otro tipo de construcciones sobre un dren de desagüe en uno de los sitios, y en menor medida, la madriguera común construida con ramas, lodos, piedra y otros materiales, incluyendo basura, comportamiento similar al visto en *Castor canadensis mexicanus* en el río Bravo (Vásquez, 1996). A comparación de otros sitios de su distribución nortea, en la Cuenca del Río San Pedro están aclimatados a vivir en ríos calientes que atraviesan planicies áridas, donde las corrientes de agua son pequeñas y escasas, por lo que la construcción de madrigueras no es tan necesario e incluso imposible de hacer (Schmidly, 1984; Vásquez, 1996). Este comportamiento se observa en colonias de *C. canadensis mexicanus* reportadas por Bernal y Segura (1985) sobre el río Bravo, en Nuevo León, cuyas condiciones climáticas son similares.

La construcción de diques se observó en todos los sitios muestreados. Utilizan diferentes materiales de construcción, los principales son las ramas, troncos y lodo, pero también utilizan lo que esté a su alcance como piedras, y algunos otros no tan comunes como botellas y sillas de plástico. Se ha reportado este tipo de edificaciones en pequeños cursos de agua en el río Bravo, donde el nivel es tan bajo que las reservas no alcanzan para refugiarse de los depredadores, siendo no tan útiles en ríos caudalosos donde se pueden destruir las estructuras

con mayor facilidad (Segura y Bernal, 1985). En Sonora podemos encontrar castor en dos cuencas: la del río Yaqui y la del río San Pedro. En la primera no se han encontrado indicios de diques, precisamente porque el río es ancho y caudaloso, lo que lo hace prácticamente inviable para la construcción (Lafón et al., 2016). Este escenario también ocurre para el castor europeo (*Castor fiber*) en Escocia (Macdonald et al., 2000).

En los cinco sitios de muestreo se observó que las colonias de castor se encuentran distribuidas a no más de un km de largo en los arroyos. El ámbito hogareño del castor no está documentado en México, pero existen datos reportados en Estados Unidos y Canadá que respaldan estas observaciones: Aleksyuk (1968) y Jenkins y Busher (1979) determinaron su distribución en 800 m sobre el río, Müller-Sewarze y Sun (2003) observaron rastros de castor en 500 m en Manitoba y Ontario en Canadá, mientras que en California se ha observado que se mueven entre los 200 y 800 metros, llegando hasta los 3.4 km en Illinois (Havens et al., 2013). En la CRSP el área máxima de actividad por castor fue de 1 km, lo que coincide con lo reportado anteriormente. La distancia de dispersión natural varía mucho y también depende de la ubicación del hábitat y si éste es adecuado (Baker y Hill, 2003). En la literatura señalan que el ámbito hogareño del castor depende de muchos factores: sexo, edad y organización familiar. Los adultos restringen su área de forrajeo cuando éstos tienen crías y así poder cuidarlos meticulosamente, en especial las hembras. Cuando llega el otoño, las crías se vuelven más independientes, dándoles oportunidad a los adultos de expandir su área de forrajeo, aunque siempre existen excepciones (Baker y Hill, 2003; Jenkins, 1974). La geomorfología del sitio afecta directamente al tamaño del ámbito hogareño y de la colonia en sí; los ríos, arroyos y estanques de tamaño pequeño o con una irregularidad en la formación del cauce por lo regular resguardan pocas familias, como es el caso de la CRSP.

En México no existe ningún trabajo científico que involucre la implementación de cámaras trampa para el estudio de estos roedores. Inicialmente, ésta técnica estaba dirigida al monitoreo de grandes félidos, principalmente del tigre de bengala (*Panthera tigris*) en la India, trabajo con el que se inició formalmente la aplicación del foto-trampeo para estudios de conservación de especies (Karanth y Nichols, 1998; Karanth et al., 2006). En la actualidad algunos autores la han modificado para estudiar otras especies de mamíferos medianos y grandes como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), pecarí de collar (*Pecari tajacu*),

mapache (*Procyon lotor*), coatí (*Nasua narica*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y otros como el jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*), haciendo de este método una muy popular herramienta para entender las relaciones ecológicas y dinámicas poblacionales de las especies (Falconi, 2011; Hermes, 2004; Lara-Díaz et al., 2011; Lira-Torres y Briones-Salas, 2012; Monroy-Vilchis et al., 2010; Rojas, 2017). En cuanto al castor, en Estados Unidos se ha utilizado como una alternativa para fotografiar a los individuos, pero en México no se han realizado trabajos previos, por lo que el presente estudio dentro de la CRSP representa el primer esfuerzo de monitoreo de castor con esta técnica (Harris y DuCharme, 1928; Shiras, 1906, 1908, 1913).

Se identificaron nueve individuos en el año de muestreo. La densidad reportada para la CRSP en temporada de secas (periodo 3; 15.97 ind/10 km<sup>2</sup>) es la densidad más alta en comparación con la temporada de lluvias (periodo 4; 1.33 ind/10 km<sup>2</sup>). Estas variaciones posiblemente estén asociadas a las fuertes lluvias de verano que provocan que los arroyos crezcan y desborden, destruyendo las madrigueras y diques a su paso, por lo que los individuos se ven obligados a desplazarse hacia lugares más seguros durante estos periodos cortos de fluctuación de los arroyos, ya sea río abajo o arriba. De igual manera este comportamiento se da cuando el alimento se agota, es un comportamiento ampliamente documentado y es propio de *C. canadensis mexicanus* en el río Bravo, así como también su posterior regreso a los sitios de origen (Alonso, 2001; Novak 1987; Strong y Bissonette, 1982). Hasta el momento este resultado es el primero reportado para la CRSP y en general para Sonora, siendo uno de los valores más bajos encontrados en la literatura y con otro tipo de métodos (Havens et al., 2013; Jarema 2006; Skewes et al., 2006).

El segundo método de muestreo para el monitoreo de castores se centró en la observación directa de la especie puesto que la estimación de los atributos (abundancia, densidad) de su población puede ser difícil de determinar con otros métodos indirectos tomando en cuenta huellas o excretas; varios han sido utilizados en la literatura, aunque el más confiable ha sido la observación de las reservas de alimentos que acumulan, la cual consiste en una por grupo familiar al acercarse el invierno (Beck et al., 2010; Hay, 1958; Novak, 1987; Slough y Sadleir, 1977). Es un índice eficaz, pero sólo en las regiones donde se forma hielo de invierno. En la CRSP es difícil de predecir por su comportamiento, puesto que durante este

trabajo se registraron reservas únicamente en dos sitios (Los Fresnos y Las Chivas), aun siendo evidente la actividad de castores en los demás sitios (Obs, pers.). No se tomó en cuenta este tipo de metodologías y se buscó observar al animal para no sobreestimar el número de castores por sitio (Beck et al., 2010).

Durante el estudio se registraron 15 castores distribuidos en tres de los cinco sitios de muestreo. Seis se presentaron en Los Fresnos, siete en Las Nutrias y dos en El Novillo, mientras que en las Chivas y San Rafael no se pudo observar ninguno, pero se obtuvieron registros de rastros recientes que indican su presencia en dichos lugares. En el estudio realizado por Toyos y Amador (2014) respecto a la abundancia de castor, se registraron 36 individuos dentro de la Cuenca del Río San Pedro, el doble de los individuos registrados en el presente estudio. Los castores son crepusculares, el momento más efectivo para observarlos es antes o después de la puesta de sol, entre las cuatro y seis de la tarde y siguen siendo activos hasta las seis y siete de la mañana, aunque es posible encontrarlos activos durante el día (Banfield 1981; Novak, 1987). Mearns (1907) describe a los castores como extremadamente tímidos, reservados y de difícil observación cuando se encuentran en contacto con potenciales depredadores, razón por la que posiblemente en dos sitios no se logró observar ningún ejemplar, aun sabiendo que se tratan de colonias activas por la cantidad de árboles roídos (recientes) y madrigueras. Fue posible obtener su densidad estimándola mediante las observaciones registradas de individuos independientes y el área potencial de su desplazamiento en la cuenca, donde se obtuvo un censo de 11.31 ind/10 km<sup>2</sup>, siendo esta cifra muy baja en contraste con estudios realizados en otras partes de su distribución, donde se estima que hay 4.6 ind/km<sup>2</sup> en Alberta, Canadá y 4.8 ind/km<sup>2</sup> en Nueva York, Estados Unidos (Hill, 1982; Novak, 1987; Pelz et al., 2005). La densidad de las poblaciones de castor que ocupan sitios particulares también puede variar en función de la cantidad de tiempo que los sitios han sido ocupados. Es decir, el castor estuvo ausente por 100 años dentro de la CRSP y hasta hace doce años se registró el primer rastro de su regreso y pueden pasar más de 30 años para que pueda recuperarse (Baker y Hill, 2003; Carreón-Arroyo, 2010). Por ejemplo, después de que el castor regresó a la península de Prescott en Massachusetts (de una ausencia de más de 200 años) la población mostró crecimiento lento los primeros 15 años, posteriormente 15 años de crecimiento muy rápido, y luego una disminución rápida de números hasta que se

T180038

estabilizó en un 23%. Las poblaciones de Sagehen Creek en California también siguieron un patrón similar, con un crecimiento lento, luego uno rápido y finalmente un declive hasta llegar a un nivel de estabilidad (Busher y Lyons, 1999). Por lo que se espera que el castor pueda recuperar los números con los que contaba en la CRSP en el siglo XIX (Carrillo et al, 2009; Pattie, 1831). Por otro lado, se debe tener en cuenta que no todas las corrientes pueden soportar altos niveles de actividad por castor y probablemente hace 100 años las condiciones de la Cuenca del Río San Pedro fueron diferentes a las que se conocen en la actualidad. La capacidad de los paisajes para apoyar la actividad de construcción de represas puede variar dramáticamente de acuerdo con el régimen de flujo y la disponibilidad de materiales para su construcción (Macfarlane et al., 2015).

Según los resultados obtenidos de las cámaras trampa acerca de la abundancia relativa del castor (*C. canadensis*), se registró como el tercer mamífero más abundante después del mapache (*Procyon lotor*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Además, a partir del foto-trampeo se obtuvieron registros de otros mamíferos medianos y grandes, y aves que pueden ser catalogados como supuestos depredadores y/o especies que se ven beneficiadas por la presencia del castor y por su aportación ecológica. Los registros fotográficos de algunos depredadores fueron del puma (*Puma concolor*), coyote (*Canis latrans*) y gato montés (*Lynx rufus*), principalmente (Baker y Hill, 2003). Se desconoce la abundancia relativa del castor y las especies circundantes para años anteriores dentro de la CRSP. Se observaron variaciones en los IAR durante ambas temporadas, siendo la de secas la registrada con mayor IAR (4.46). No se tienen registros de la abundancia en relación con otras especies utilizando esta técnica; pero Reich (2015) utilizó cámaras-trampa para obtener registros de castor por primera vez en el río Grande dentro Parque Nacional Big Bend. En general, el castor ha sido monitoreado intencionalmente con esta técnica en diferentes partes de los Estados Unidos y Escocia para confirmar su presencia (Campbell-Palmer et al., 2015, 2016; O'Connell et al., 2011).

En este trabajo, además de obtener la abundancia relativa, fue posible obtener información sobre otros aspectos ecológicos como reproductivos: el registro de hembras con crías de *C. canadensis* sugiere que la población está en crecimiento.

El castor se ve influenciado por la disponibilidad de alimento, sitios de descanso y protección contra condiciones climáticas y depredación. Durante el día salen ocasionalmente a

forrajear, pero cuando se oculta el sol se disponen a buscar su alimento. Para ello, cuentan con diferentes especies caducifolias y perennes que constituyen el ecosistema ribereño en la CRSP. En el estrato arbustivo hay mezquite (*Prosopis* sp.) y batamote (*Baccharis salicifolia*), en el estrato arbóreo se presentaron el fresno *Fraxinus velutina*, el nogal silvestre (*Juglans major*), manzano para cultivo (*Malus domestica*), pero las especies mejor representadas fueron el álamo (*Populus fremontii*) y sauce (*Salix gooddingii*), lo que era de esperarse, ya que son miembros de los géneros preferidos por el castor a lo largo de su distribución natural. Estudios han encontrado que *Populus* es el forraje preferido, así como también los sauces han sido más abundantes en los sitios donde hay presencia de castores (Beier y Barrett, 1989; Kindschy, 1989; Novak, 1999); aunque se ha observado que en lugares donde estas especies son escasas, los castores utilizan otras especies leñosas que incluyen *Amelanchier pallida*, *Ceanothus velutinus*, *Cercocarpus betuloides*, *Ribes roezlii*, y *Prunus emarginata*, al igual que algunas coníferas (*Pinus* spp; Beier y Barrett, 1989). Por otro lado, utilizan el mezquite (*Prosopis* spp.), batamote (*Baccharis salicifolia*, *B. glutinosa*) y el fresno (*Fraxinus americana*) con menor frecuencia en presencia de álamo (*Populus deltoides*) y sauce (*Salix nigra*, *Salix exigua*), pero posiblemente sean cortados sin la intención de ser consumidos, sino porque presentan un valor como material de construcción (Barela y Frey, 2016; Bernal y Segura, 1985). Un estudio sobre vegetación realizado por Solís-Garza et al. (2000) expone que el álamo y el sauce, e inclusive el mezquite son las especies que proveen una estructura en el río San Pedro, el río principal de la Cuenca del Río San Pedro; por lo que se puede decir que una gran parte de esta cuenca puede ser hábitat adecuado para el castor. Curtis y Jensen (2004) concluyeron que es más probable que el castor se establezca cuando la vegetación leñosa sea abundante, hecho que coincide con estudios de diferentes autores (Barnes y Mallik 1996; Beier y Barrett 1987; McComb et al., 1990; Slough y Sadleir, 1977). Su análisis mostró que uno de los factores más importantes es la presencia de árboles caducifolios; Campbell et al. (2005) obtuvo resultados similares en un estudio realizado en Noruega, donde demostró que la presencia de estas especies se relaciona positivamente con la expansión del territorio de poblaciones del castor europeo (*Castor fiber*). La selección para árboles de hoja caduca es consistente con los hábitats de alimento del castor.

No obstante, el castor no utiliza únicamente a las especies leñosas para forrajeo. Durante el

monitoreo de observación directa pude documentar a los castores alimentándose de cola de gato (*Typha domingensis*). Este patrón de comportamiento se ha citado en diferentes estudios: Barela y Frey (2016) registraron castores cortando cola de gato (*Typha latifolia*) en el Desierto de Chihuahua, aunque esta especie se usó menos de las disponibles. En el río San Pedro (en su porción estadounidense) la cobertura del dosel se ha visto reducida y está prácticamente ausente de plantas leñosas a causa de incendios previos (1999 y 2003), lo que aparentemente ha provocado que el castor consuma cola de gato (*T. domingensis*) y otras especies no leñosas (Johnson y Van Riper III, 2014; Macfarlane et al., 2015). Además, los castores parecen evitar el agotamiento del bosque caducifolio en el área de estudio por su consumo frecuente de plantas acuáticas (Allen, 1983; Curtis y Jensen, 2004; Jenkins, 1975; Fryxell, 2001).

En algunos trabajos se reporta que las plantas herbáceas, incluidas los juncos (*Typha* sp.) son consideradas alimento importante para los castores, especialmente en el verano donde se les ha visto cosechando sus rizomas (Andersen y Shafroth, 2010; Barela y Frey, 2016; Jenkins y Busher, 1979; Müller Schwarze y Sun, 2003; Parker et al, 2006; Svendsen 1980).

A mediados de los 90s las herramientas para el asesoramiento ecológico, planeamiento de conservación y manejo de vida silvestre empezaron a desarrollarse con diferentes tipos de modelos, uno de ellos fue el Índice de Disponibilidad de Hábitat (HSI, por sus siglas en inglés, Habitat Suitability Index) cuyo propósito es identificar los atributos ambientales necesarios y favorables para el establecimiento de la población de diferentes especies (Baldwin, 2013).

Para evaluar la disponibilidad de hábitat del castor se han desarrollado modelos de clasificación que pudieran ser aplicados a lo largo de su distribución (Allen, 1983; Beier y Barrctt, 1987; Howard y Larson, 1985; Slough y Sadleir, 1977). Uno de los factores limitantes para el establecimiento de colonias de castor propuestos es el material leñoso, y algunos modelos incluyen en alguna medida este recurso alimentario invernal. Para el presente estudio se utilizaron únicamente las cinco variables propuestas por Allen (1983; ver materiales y métodos) quien establece que la comida está en función de la densidad, clases de tamaño y la composición de la vegetación leñosa que le brindan forraje y protección al castor (Carpenedo, 2011; Suzuki y McComb, 1998).

El análisis estadístico con un nivel de confianza del 95% reflejó parcialmente una relación débil, no significativa, entre las cinco variables medidas con respecto a la presencia



del castor, dichos resultados fueron similares a otros estudios (Carpenedo, 2011; Suzuki y McComb, 1998). Únicamente el DAP (entre los 6 y 38 centímetros) y la composición de especies leñosas (específicamente el grupo de las deciduas) mostraron una relación positiva a la presencia del castor.

En cuanto al DAP, no se obtuvo una relación significativa, pero una parte importante de los tallos medidos que se encuentran en el rango preferido por el castor fueron registrados en Las Nutrias con un 40.26%, siendo éste el sitio óptimo para su establecimiento, tomando únicamente ésta variable. En el norte de su distribución geográfica se han reportado diámetros más grandes, pero en la CRSP se encuentra una vegetación con características de zonas áridas y de diámetros pequeños, aunque no se descartan árboles roídos de diámetro de gran tamaño (hasta 148 cm). Debido a la rapidez de transportación que supone un árbol pequeño, Allen (1983) propone que los árboles mayormente aprovechados por el castor están entre los 2.5 y 15 cm de diámetro. Respecto a esto, Vásquez (1996) reportó que el promedio de los diámetros de las especies leñosas utilizadas por castor en el río Bravo es de 3.6 centímetros, coincidiendo con Alonso (2001) quien reportó un promedio de 3.9 cm. De igual manera se han obtenido promedios un poco más altos, como los de Rodríguez (1990) con 11.2 cm; similar a Hodgdon y Hunt (1953) y Nixon y Ely (1969) quienes encontraron que las plantas leñosas utilizadas por los castores oscilan en diámetros a la altura del pecho de 7.6 cm a 10.1 cm. Mientras que, al norte de su distribución, en Saskatchewan, Canadá, Samways et al. (2004) concluyeron que los castores aprovechan plantas cuyo diámetro oscila entre los 0.06 y los 30 cm, dependiendo de qué tan alejados se encuentren de la orilla del cauce. En la CRSP el promedio de árboles se encuentra en los 17 cm, qué en contraste con otros estudios es un número alto y se debe tomar en cuenta que, a pesar de estar en un ecosistema árido, algunas especies caducifolias como el álamo (*Populus fremontii*) pueden variar en tamaño; aunque se encuentra dentro del rango reportado como aceptable por otros autores (Mcginley y Whitham, 1985).

La altura de los arbustos es otra variable propuesta como factor determinante en el establecimiento de castor (Alonso, 2001), esta hipótesis contrasta con este trabajo, ya que se obtuvo una relación negativa entre la altura de los arbustos y la presencia de la especie.

La cobertura de los árboles no se asoció negativamente ni la relación fue significativa; mientras que sí se obtuvo una relación negativa en cuanto a la cobertura de los arbustos,

resultado similar al de otros estudios; en Oregon, EUA, la ocupación del castor se asoció negativamente con el porcentaje de cobertura de vegetación leñosa (Suzuki y McComb, 1998). En México, en otro ambiente completamente diferente, árido y seco, Alonso (2001) expone una asociación negativa con respecto a la cobertura de las especies arbóreas (*Prosopis* spp., *Salix* spp.), debido a que se ha encontrado que especies de *Tamarix* reemplazan otras especies leñosas y nativas que componen la vegetación ribereña en el río Bravo. Esto podría estar causando estragos en la CRSP, pero no existe reporte alguno de especies exóticas reemplazando a otras nativas, por lo que es necesario hacer estudios futuros para monitorear el número de individuos y de ser así implementar medidas de manejo (Solís et al., 2000).

La disponibilidad de alimentos es un factor que ha sido citado como determinante por Slough y Sadleir (1977), pero esta hipótesis contrasta con otros estudios: (Curtis y Jensen, 2004), concluyeron que el área desprovista de vegetación leñosa fue el factor que mejor pronosticó la ocupación del castor, seguida por el gradiente del arroyo. Otros autores han llegado a la conclusión de que las características físicas, incluyendo el gradiente de corriente, la pendiente del banco, el ancho de la corriente y el área de la cuenca hidrográfica (Beier y Barrett, 1987; Howard y Larson, 1985; McComb et al., 1990) influyen más en la ocupación del castor que en las características vegetativas. A su vez, tanto Howard y Larsen (1985) y Suzuki y McComb (1998) encontraron que las variables alimentarias, aunque importantes, no pueden predecir con precisión los hábitats ocupados y desocupados por sí solos, y de hecho contribuyeron a explicar la ocupación mucho menos que el agua y las variables geomórficas mencionadas anteriormente.

Aunque estos estudios muestren un mínimo efecto de las variables de comida, los castores explotan plantas leñosas para su alimentación y para la construcción de sus refugios, por lo tanto, se considera que la disponibilidad de madera es esencial, una reserva de alimento adecuada de material leñoso es importante para sostener colonias de castor, especialmente durante los meses de invierno cuando la vegetación verde ya no está disponible; por lo que su importancia para esta especie no se descarta (Fustec et al., 2001; Maringer y Slotta-Bachmayr, 2006). Por otra parte, lo que tienen estas investigaciones en común ha sido la presencia de árboles caducifolios cerca del área de actividad del castor, patrón similar al del castor europeo (*C. fiber*) en Noruega (Pinto et al., 2009) y al reportado en la CRSP.

Vásquez (1996) considera que los valores de los parámetros que no reflejan ninguna relación en los sitios no tienen un impacto negativo sobre el castor, ya que estos se verán compensadas por valores altos en otras categorías, como los factores físicos y climatológicos.

Los factores que influyen en la determinación del uso del hábitat del castor pueden variar entre regiones a lo largo de su distribución. Este roedor puede sobrevivir sorpresivamente a diferentes condiciones desde el bosque boreal hasta el desierto (Macfarlane et al., 2015). La mayoría de los estudios realizados para conocer más ambas especies (*C. canadensis* y *C. fiber*) se encuentran restringidos al norte de su distribución donde hábitat es extenso, continuo y de tierra inexplorada debido a que en la mayoría de los casos no hay asentamientos humanos, siendo estas características totalmente distintas al hábitat que encontramos en la CRSP. En general, las variables no mostraron relación significativa, pero se cree que los castores no se ven afectados, puesto que se ha reportado se trata de una especie generalista y aunque la evidencia fósil sugiere que los castores madrigueros habitaban en ambientes más áridos, mientras que, naturalmente, los castoridos (el grupo que persiste en la actualidad) son nadadores y vivían en paisajes más húmedos (Poliquin, 2015; Vásquez, 1996). Desde entonces se conoce que este grupo es relativamente poco común en ambientes desérticos por la escasez de cursos de agua perennes, pero históricamente estaban presentes en muchos arroyos perennes del desierto (Hoffmeister 1986).

## IX. CONCLUSIONES

En este trabajo se delimitó el área de distribución del castor en cinco predios y como era de esperarse su actividad se restringe a una porción corta sobre el río, esto es un comportamiento similar observado en otros trabajos. El castor es una especie semiacuática, sin embargo, se desconoce la distancia que recorren para obtener su alimento fuera del agua y para cubrir sus necesidades biológicas básicas.

En la época de lluvias tienden a desplazarse por las fuertes corrientes, por lo que el asentamiento de las colonias y su distribución se ven afectados por las condiciones climáticas.

El hábitat presente para el castor en la Cuenca del Río San Pedro varía en cuestión de especies de aprovechamiento y geomorfología del cauce, puesto que se trata de un ambiente con clima y paisaje semidesértico. Se creería que la combinación de estos factores haría a la CRSP inadecuada para albergar a esta especie; sin embargo, el castor ha logrado mitigar estos problemas con la construcción de los diques. Aun así, se debe tomar en cuenta que los requerimientos del castor serán distintos a los registrados en otras regiones más norteñas.

De entre las posibles amenazas, destaca el solapamiento con actividades humanas como la ganadería; sin embargo, el castor persiste en estos lugares, lo que nos dice que se trata de una especie con una plasticidad tal que le permite coexistir dentro de estos ambientes y no se ve limitado debido a sus hábitos crepusculares.

En este trabajo se muestran los primeros registros de abundancia relativa y densidad para el castor dentro de la Cuenca del Río San Pedro, por lo que la continuidad de este tipo de estudios es importante para entender el dinamismo de la población a través del tiempo.

Las cámaras-trampa fungieron como ojos a lo largo de todo el año y permitieron registrar la presencia, patrones de actividad y sexo de los individuos (para el caso de registros de madre y cría) y presencia de posibles amenazas del castor, aun siendo muy escaso el número de cámaras. A pesar de esto su vida es prolongada y beneficiosa. En este trabajo se utilizó por vez primera el fototrampeo para el estudio de castor en el área de estudio. Dicha técnica mostró ventajas y desventajas, arrojando información útil para ajustar el diseño de metodologías para trabajos futuros.

Mediante la observación directa del animal nos podemos enfocar en su comportamiento,

pero las condiciones en que viven, la baja densidad en su población y su comportamiento elusivo hace complicado el conteo de sus ejemplares. Aunque la observación directa es el método más eficaz para documentar el comportamiento de la especie en su entorno natural, éste nos brinda pequeños tamaños de muestra y es mucho más invasivo que cualquier otro método debido a la perturbación del humano en entornos silvestres.

Ambos métodos nos permiten determinar el número de individuos presentes, pero es importante ajustar el muestreo dependiendo de factores ambientales como el clima y factores físicos como la topografía, así como también tomar en cuenta cuestiones biológicas de la especie a estudiar. Se propone seguir utilizando ambos métodos como alternativas complementarias y no como un sustituto del otro.

El análisis estadístico de correlación entre el número de castores observados y las variables medidas de vegetación no fue significativo. Se considera que la vegetación es importante para cubrir sus necesidades, pero no es un factor determinante en el establecimiento del castor en los sitios de muestreo. Estas áreas mantienen una vegetación poco densa pero su estructura es apropiada para la protección de la especie, aunque probablemente no pueda ser posible albergar una población viable a largo plazo. Se sugiere expandir el área de muestreo y tomar en cuenta la realización de un trabajo enfocado en otros factores ambientales que determinen su estadía como el tamaño y la pendiente del cauce para complementar lo estudiado en este trabajo.

Los esfuerzos realizados en este trabajo son una iniciativa para seguir estudiando al castor en México. Aún es muy poca la información y se espera que en un futuro no tan lejano se obtenga más conocimiento acerca de este ingeniero del ecosistema.

Es importante tener en cuenta que se trabajó con una especie cuyo comportamiento se encuentra sujeto a cambios por las condiciones ambientales, por lo que un muestreo de un año no es un buen predictor de su conducta.

## X. RECOMENDACIONES

Para estudios más certeros utilizando cámaras trampa se deberá muestrear más terreno y, por lo tanto, un mayor esfuerzo de muestreo e inversión (en equipos y baterías).

La estimación de densidad y abundancia relativa utilizando cámaras trampa es una técnica que se reporta por primera vez para el área de estudio. Se sugiere ajustar la metodología tomando en cuenta los hábitos de la especie para evitar la sobreestimación del Área Efectiva de Muestreo. El ámbito hogareño y el tamaño de la colonia difieren entre las diferentes edades de los individuos y estaciones del año por la disponibilidad de alimento. Es por esto por lo que se recomiendan estudios futuros de las relaciones entre los patrones de movimiento utilizando telemetría para establecer la forma en que utilizan el hábitat. Estos estudios son necesarios para determinar subpoblaciones y metapoblaciones e identificar eventos de migración.

Se recomienda seguir realizando estudios sobre distribución y abundancia para identificar cambios a través del tiempo. Para complementar y contrastar los índices de abundancia se pueden utilizar otro tipo de metodologías indirectas como el registro de indicios de huellas y excretas.

En cuanto a los conflictos entre el castor y los humanos, existen diversas técnicas que pueden ser implementadas para resolverlos sin necesidad de lastimar a la especie. Es recomendable enseñar tolerancia a través de la educación ambiental para poder sensibilizar a la población acerca de los beneficios que ésta especie brinda. Para mitigar los efectos sobre la vegetación, se recomienda establecer recintos alrededor de las especies que se desean proteger, las cuales son las de mayor importancia para el área, como el álamo y sauce. Esta acción puede desanimar que el castor derribe ciertos árboles, provocando su desplazamiento hacia otros lugares donde su presencia no sea tan negativa, o incluso, puede promover el consumo de algunas especies exóticas como las del género *Tamarix* spp. que se ha visto creciendo en el área de estudio. En este trabajo se registraron las especies vegetales que el castor tiene a su disposición tanto para alimentación como los utilizados como materiales de construcción, pero para poder tener un resultado certero del aprovechamiento de las especies vegetales se sugiere también evaluar la ecología alimentaria.

## XI. LITERATURA CITADA

- Aleksiuk, M. 1968. Scent-mound communication, territoriality, and population regulation in Beaver (*Castor canadensis* Kuhl). *Journal of Mammalogy* 49:759-764.
- Aleksiuk, M. y I. McTaggart. 1969. Aspects of seasonal energy expenditure in the beaver (*Castor canadensis* Kuhl) at the northern limit of its distribution. *Canadian Journal of Zoology* 47:471-481.
- Allen, A. W. 1983. Habitat suitability index models: Beaver. U. S. Fish and Wildlife Service. Colorado. Estados Unidos.
- Allers, D. y B. Culik. 1997. Energy requirements of beavers (*Castor canadensis*) swimming underwater. *Physiological Zoology* 70(4):456-463.
- Alonso, 2000. Caracterización del hábitat del castor (*Castor canadensis mexicanus*) en un tramo del río Bravo dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena, Chihuahua. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla de Zaragoza, México.
- Andersen, D. C. y B. P. Shafroth. 2010. Beaver dams, hydrological thresholds, and controlled floods as a management tool in a desert riverine ecosystem, Bill Williams River, Arizona. *Ecohydrology* 3:325-338.
- Arias, H. M. 2000. International groundwaters: The upper San Pedro river basin case. *Natural Resources Journal* 40:199-221.
- Arismendi, I., P. Szejner, A. Lara y M. González. 2008. Impacto del castor en la estructura de bosques ribereños de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego, Chile. *Bosque* 29 2:146-154.
- Ávila-Nájera, D., Chávez, C., Lazcano-Barrero, M., Pérez-Elizalde y Alcántara-Carbajal, J. 2015. Estimación poblacional y conservación de felinos (Carnivora: Felidae) en el norte de Quintana Roo, México. *Biología Tropical* 63(3):799-813.
- Bailey, V. 1927. Beaver habits and experiments in beaver culture. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 21. Washington, D. C. Estados Unidos de América.
- Baird, S. 1859. Mammals of the boundary. Report on the U.S. and Mexican Boundary Survey. Washington, D. C., 2:1-62.

- Baker, B. W. y E. P. Hill. 2003. Beaver (*Castor canadensis*). 288-310 p. En; Feldhamer, G., Thompson, B. y Chapman, J. (Eds). Wild mammals of North America: Biology, management, and conservation. Second Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, Estados Unidos.
- Baker, R. 1956. Mammals of Coahuila, México. Museum of Natural History. Kansas Publications. Estados Unidos.
- Baldwin, J. 2013. Problematizing beaver habitat identification models for reintroduction application in the western United States. Association of Pacific Coast Geographers. Volumen 75.
- Banfield, A. W. 1981. The mammals of Canada. University of Toronto Press, Toronto, Ontario.
- Barela, I. A. y J. K. Frey. 2016. Habitat and forage selection by the American beaver (*Castor canadensis*) on a regulated river in the Chihuahuan Desert. The Southwestern Naturalist 61(4):286-293.
- Barnes, D. M. y A. U. Mallik. 1996. Use of Woody plants in construction of beaver dams in northern Ontario. Canadian Journal of Zoology 74:1781-1786.
- Barnes, W. J. y E. Dibble. 1988. The effects of beaver in riverbank forest succession. Canadian Journal of Botany 66:40-44.
- Bau, L. 2001. Behavioural ecology of reintroduced beavers (*Castor fiber*) in Klosterheden State Forest, Denmark. Tesis de Maestría. Departamento de Comportamiento Animal. Universidad de Copenhagen. Denmark.
- Beck, J. L., D. C. Dauwalter, K. G. Gerow y G. D. Hayward. 2010. Design to monitor trend in abundance and presence of American beaver (*Castor canadensis*) at the national forest scale. Environmental Monitoring and Assessment 154:463-479
- Beier, P. y R. H. Barrett. 1987. Beaver habitat use and impact in Truckee River Basin, California. Journal of Wildlife Management 51:794-799.
- Beier, P. y R. H. Barrett. 1989. Beaver distribution in the Truckee River Basin, California. California Fish and Game 75(4):233-238.
- Bernal, J. 1978. Estado actual del castor (*Castor canadensis mexicanus*) en el estado de Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León.



- México.
- Bernal, L. A. y L. A. Segura. 1985. Distribución actual del castor (*Castor canadensis mexicanus*) en el noreste de México. FAO/IUFRO. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Bird, B., M. O'Brien y M. Petersen. 2011. Beaver and climate change adaptation in North America: A simple, cost-effective Strategy. Primera edición en inglés. Wild Earth Guardians. Estados Unidos.
- Bloomquist, C. K., C. K. Nielsen y J. J. Shew. 2012. Spatial organization of unexploited beavers (*Castor canadensis*) in Southern Illinois. *The American Midland Naturalist*, 167(1):188-197.
- Browning-Aiken, A., H. Richter, D. Goodrich, B. Strain y R. Varaday. 2004. Upper San Pedro basin: Fostering collaborative binational watershed management. *Water Resources Development* 20(3):353-367.
- Brzyski, J. 2005. Beaver (*Castor Canadensis*) Impacts on herbaceous and woody vegetation in Southeastern Georgia. Tesis de Maestría. Universidad del Sur de Georgia. Statesboro, Georgia.
- Burt, W. 1938. Faunal relationships and geographic distribution of mammals in Sonora, México. *Miscellaneous Publications No. 39*. Museum of Zoology. University of Michigan. Estados Unidos.
- Busher, P. E. y P. J. Lyons. 1999. Long-term population dynamics of the North American beaver, *Castor canadensis*, on Quabbin Reservation Massachusetts and Sagehen Creek, California, 147-160. En: Busher, P. E. y Dzieciolowski, R. M. (Eds.). *Beaver protection, management, and utilization in Europe and North America*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Nueva York, Estados Unidos.
- Caire, W. 1978. The distribution and zoogeography of the mammals of Sonora, México. Tesis de Doctorado. Universidad de Nuevo México. Estados Unidos.
- Callegary, J., I. Minjárez, E. M. Tapia, P. Dos Santos, R. Monreal Saavedra, F. J. Grijalva Noriega, A. K. Huth, F. Gray, C. A. Scott, L. A. Oroz Ramos, S. B. Megdal, M. Rangel Medina, J. M. Leenhouts. 2016. San Pedro river aquifer binational report: International boundary and water commission.

- Campbell, R. D., F. Rosell, B. A. Nolet y V. A. A. Dijkstra. 2005. Territory and group sizes in eurasian beavers (*Castor fiber*): Echoes of settlement and reproduction. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 58:597–607.
- Campbell-Palmer, R., D. Gow, R. Needham, S. Jones y F. Rosell. 2015. The eurasian beaver. Exeter: Pelagic Publishing. Reino Unido.
- Campbell-Palmer, R., D. Gow, R. Campbell, H. Dickinson, S. Girling, J. Gurnell, D. Halley, S. Jones, S. Lisle, H. Parker, G. Schwab y F. Rosell. 2016. The eurasian beaver handbook: Ecology and management of *Castor fiber*. Exeter: Pelagic Publishing. Reino Unido.
- Carreón-Arroyo, G. 2010. El castor regresa a casa. *Especies* 19(3).
- Carreón-Arroyo, G., C. Valdéz-Coronel, D. Toyos-Martínez, D. Hurtado-Félix, A. Suzán-Azpíri, S. Amador-Alcalá, A. López-Pérez, A. Rubio-Carrasco, A. Viguera-Galván, P. Martínez-Duque, J. Gutiérrez-Bravo y J. López-Islas. 2014. Conservación, protección de hábitat y reintroducción de castor en el norte de Sonora. *Naturalia*, A. C. Reporte Final PROCER, CONANP.
- Carreón-Arroyo, G., C. Valdéz-Coronel, D. Toyos-Martínez, D. Hurtado-Félix, A. Suzán-Azpíri, S. Amador-Alcalá, A. López-Pérez, A. Viguera-Galván, J. López-Islas, D. Medizábal-Castillo. 2015. Conservación, protección de hábitat y reintroducción de castor en el norte de Sonora. *Naturalia*, A. C. Reporte Final PROCER, CONANP.
- Carreón-Arroyo, G., C. Valdéz-Coronel, D. Toyos-Martínez, S. Amador-Alcalá, J. Valenzuela-Amarillas. 2016. Estudio poblacional y conservación de hábitat de castor en la RPC Corredor Biológico Cuenca del río San Pedro y Seguimiento de los individuos de castor traslocados en Cuenca Los Ojos ubicado en la RPC Sierra San Luis, Sonora. Reporte Final PROCER, CONANP.
- Carrillo, C., D. Bergman, J. D. Taylor II, D. L. Nolte, P. Viehovever y M. Disney. 2009. An overview of historical beaver management in Arizona. United States Department of Agriculture. National Wildlife Research Center. Staff Publications. 882:216-222
- Carpeneo, S. M. 2011. Beaver habitat suitability model: Big Hole watershed, Montana. Montana Department of Environmental Quality Wetland Program, Helena, MT. 32 pp.

- Castillo, C. 2009. Densidad, estructura poblacional y hábitat de la ardilla endémica de perote (*Spermophilus perotensis*). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C., Veracruz, México.
- Ceballos, G. 2005. *Castor canadensis*. 583–584 p. En: Ceballos G. y Oliva, G. (Eds.), Los mamíferos silvestres de México. CONABIO, UNAM, Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México.
- Ceballos, G. 2014. Mammals of Mexico. Johns Hopkins University. Baltimore, Maryland. Estados Unidos.
- Chávez, C., A. De la Torre, H. Bárcenas, R. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos. 2013. Manual de foto-trampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Collen, P. y R. J. Gibson. 2001. The general ecology of beavers (*Castor* spp.), as related to their influence on stream ecosystems and riparian habitats, and the subsequent effects on fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10:439–461.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2009. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea. Acuífero río San Pedro. Diario Oficial de la Federación.
- Conroy, M. 1996. Abundance indices. 179-192 pp. En: Wilson, D., Cole, F., Nichols, J. Rudran, R. y Foster, M. (Eds.), *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., Estados Unidos.
- Cornell, R., A. Andronescu y K. Nguyen. 2011. The effects of beaver dams on water quality and habitat. Department of Earth and Atmospheric Sciences. Denver, Colorado. Estados Unidos.
- Curtis, J. T. y R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
- Curtis, P. D. y P. G. Jensen. 2004. Habitat features affecting Beaver occupancy along roadsides in New York State. *Journal of Wildlife Management* 68(2):278-287.
- De Aguinaga, J. G. 2002. Modelación geohidrológica del acuífero del río San Pedro. Tesis

- de Ingeniería en Geología. Departamento de Geología. Universidad de Sonora, Hermosillo, México.
- Denney, R. N. 1952. A summary of north american beaver management: 1946-1948. Colorado Fish and Game Department. Volumen 28.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Gaceta Ecológica.
- Donkor, N. T. y J. M. Fryxell. 2000. Lowland boreal forests characterization in Algonquin Provincial Park relative to beaver (*Castor canadensis*) foraging and edaphic factors. Plant Ecology 148:1-12.
- Elsey, R. M., S. G. Platt y M. Shirley. 2015. An unusual beaver (*Castor canadensis*) lodge in a Louisiana coastal marsh. Southeastern Naturalist 14(2):28-30
- Falconi, F. A. 2011. Densidad y abundancia relativa de aves y mamíferos en el sector sur de la Reserva de la Biosfera Montes Azules y comunidades adyacentes de la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México.
- Faller, J. C., C. Chávez, S. Johnson y G. Ceballos. 2007. Densidad y tamaño de la población de jaguar en el noreste de la Península de Yucatán. 111-122 pp. En: Ceballos, G., Chávez, C., List, R. y Zarza, H. (Eds.), Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas. CONABIO, Alianza WWF-Telcel. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Fryxell, J. M. 2001. Habitat suitability and source-sink dynamics of beaver. Journal of Animal Ecology 70:310-316.
- Fustec, J., T. Lode, D. Le Jacques y J. P. Cormier. 2001. Colonization, riparian habitat selection and home range size in a reintroduced population of european beavers in the Loire. Freshwater Biology 46:1361-1371.
- Gallo-Reynoso, J. P. 1989. Distribución y estado actual de la nutria o perro de agua (*Lutra longicaudis annectens* Major, 1897) en la Sierra Madre del Sur, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad

- de México, México.
- Gallo-Reynoso, J. P. 2013. Perspectiva histórica de las Nutrias en México. *Therya* 4(2):1921-199.
- Gallo-Reynoso, J., Suarez-Gracida, G., Cabrera-Santiago, H., Coria-Galindo, E., Egidio-Villarreal, J., Ortiz C. 2002. Status of beaver (*Castor canadensis frondator*) in río Bavispe, Sonora, México. *The Southwestern Naturalist* 47(3):501-504.
- Garza, F. 2008. Vegetación e impacto humano en la Cuenca del río San Pedro, en el Estado de Sonora. Tesina. El Colegio de Sonora. Sonora, México.
- Gibson, P. P. y J. D. Olden. 2014. Ecology, management, and conservation implications of North American beaver (*Castor canadensis*) in dryland streams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem* 24:391-409.
- Gómez-Álvarez, A. 2001. Evaluación de la calidad física y química del agua y sedimento del río San Pedro, Sonora, México, durante el periodo 1997–1999. Tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- Gómez-Álvarez, A. 2008. Estudio de caracterización y biodisponibilidad de metales pesados (agua y sedimento) del río San Pedro, localizado en una región semi-árida del noroeste de México. Tesis Doctoral. Universidad de Sonora. Sonora, México.
- Graells, G., D. Corcoran y J. C. Aravena. 2015. Invasion of North American Beaver (*Castor canadensis*) in the province of Magallanes, Southern Chile: comparison between dating sites through interviews with the local community and dendrochronology. *Revista Chilena de Historia Natural* 88:3.
- Haddock, R. 2015. Beaver Restoration across Boundaries. The Adaptive Management Initiative. Mount Royal University. Canada.
- Harris, W. P. y H. DuCharme. 1928. Notes on set camera work with beavers in Northern Michigan. *Journal of Mammalogy* 9:17-19
- Havens, R. P., J. C. Crawford, T. A. Nelson. 2013. Survival, home range, and colony reproduction of beavers in east-central Illinois, an agricultural landscape. *The American Midland Naturalist* 169(1):17-29
- Hay, K. G. 1958. Beaver census methods in the Rocky Mountain region. *Journal of Wildlife Management* 22:395-401

- Herrera-Carbajal, S. 2005. Estudio hidrológico de la Cuenca del río San Pedro, Sonora, utilizando el Modflow. Tesis de Maestría. División de Ingeniería, Universidad de Sonora.
- Herrera-Carbajal, S., A. Villalba-Atondo, M. Molinar-Tabares. 2007. Modelación hidrogeológica y evaluación de la sustentabilidad del acuífero transfronterizo del río San Pedro en Sonora, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 3(1):21-30.
- Hermes, M. 2004. Abundancia relativa de jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*) y ocelote (*Leopardus pardalis*) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Coban, Alta Verapaz. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Hill, E. P. 1982. Beaver (*Castor canadensis*). 256–281 pp. En: Chapman, J. A. y Feldhamer, G. A. *Editorial Wild mammals of North America*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Hodgdon, K. y J. Hunt. 1953. Beaver management in Maine. *Maine Department of Inland Fisheries and Wildlife. Bulletin* 3:102.
- Hoffmeister, D. F. 1986. Mammals of the Graham (Pinaleno) mountains, Arizona. *American Midland Naturalist* 55:257–288.
- Houston, A. 1998. The beaver: A southern native returning home. *Proceedings of the Eighteenth Vertebrate Pest Conference. Volumen* 51.
- Horváth A., Naranjo E., Bolaños J. 2010. Bases para el monitoreo de mamíferos silvestres. 50-70 pp. En: León, J., Naranjo, E., Ramírez, N., Rangel, J., Horváth, A., Muñoz, A. y Ishiki, M. (Eds.), *Manual para el reconocimiento, evaluación y monitoreo de la diversidad biológica*. Ediciones de la Noche. San Cristóbal de las Casas, Chiapas.
- Howard, R. y J. Larson. 1985. A stream habitat classification system for beaver. *Journal of Wildlife Management* 49:19-25.
- Huckleberry, G. 1996. Historical channel changes on the San Pedro River, southeastern Arizona. *Arizona Geological Survey*. 22 p.
- Jakes, A. F., J. W. Snodgrass y J. Burger. 2007. *Castor Canadensis* (beaver) impoundment associated with geomorphology of southeastern streams. *Southeastern Naturalist* 6(2):271-282.

- Jarema, S. 2006. The abundance and distribution of beavers (*Castor canadensis*) in Québec, Canada. Tesis de Maestría. Universidad McGill. Montreal, Canadá.
- Jenkins, S. H. 1974. Food selection by beavers. Tesis Doctoral. Universidad de Harvard. Cambridge, Massachusetts.
- Jenkins, S. H. 1975. Food selection by beavers: A multidimensional contingency table analysis. *Oecologia* 21:157-173.
- Jenkins, S., H. y P. E. Busher. 1979. *Castor canadensis*. Mammalian Species. American Society of Mammalogists 120:1-8.
- Jiménez, A. 1966. Mamíferos de Nuevo León, México. Tesis de Maestría. Universidad de Kansas, Lawrence. Estados Unidos de América.
- Jonker, S. A., J. F. Organ, R. M. Muth, R. R. Zwick y W. F. Siemer. 2006. Stakeholder norms toward beaver management in Massachusetts. *Journal of Wildlife Management* 73(7):1158-1165.
- Johnston, C. A. y R. J. Naiman. 1989. Browse selection by beaver: effects on riparian forest composition. *Canadian Journal of Forest Research* 20:1036-1043.
- Johnson, G. E., y C. Van Riper III. 2014. Effects of reintroduced beaver (*Castor canadensis*) on riparian bird community structure along the upper San Pedro River, southeastern Arizona and northern Sonora, Mexico: U.S. Geological Survey Final Report.
- Juárez, S. 2009. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR): Ecosistema Ajos-Bavispe, zona de influencia Cuenca río San Pedro. Recuperado el 27 de Julio del 2015 en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX2044RIS.pdf>
- Karanth, K. U. y J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79(8):2852-2862.
- Karanth, K. U., J. D. Nichols, N. S. Kumar y J. E. Hines. 2006. Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. *Ecology: Ecological Society of America* 87(11):2925-2937.
- Kelly, M. J., A. J. Noss, M. S. Di Bitetti, L. Meffe, R. L. Arispe, A. Paviolo, C. D. De Angelo y E. Blanco. 2008. Estimating Puma Densities from Camera Trapping across Three Study Sites: Bolivia, Argentina, and Belize. *Journal of Mammalogy* 89:408-

- Kepner, B. 2001. El río San Pedro. Un enfoque paisajístico a la protección ambiental comunitaria. Recuperado el 27 de Julio del 2015 en: <http://www.epa.gov/esd/land-sci/pdf/spanish-fs.pdf>. 2011.
- Kindschy, R. R. 1989. Regrowth of willow following simulated beaver cutting. *Wildlife Society Bulletin* 17:290-294.
- King, S. L., B. D. Keeland, J. L. Moore. 1998. Beaver lodge distributions and damage assessments in a forested wetland ecosystem in the southern United States. *Forest Ecology and Management* 108:1-7.
- Korth, W. 1994. Comments on the systematics and classification of the beavers (Rodentia, Castoridae). *Journal of Mammalian Evolution* 8(4).
- Lafón Terrazas, A., J. M. Cirett Galán, J. A. Esquer Robles, F. J. Higuera Martínez, A. Macías Duarte y K. Pelz Serrano. 2016. Diagnóstico del Estado de Conservación Actual de la Población y del Hábitat del Castor en el río Bavispe: Informe Final. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. Informe Técnico para la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Chihuahua, Chihuahua. México.
- Lara-Díaz, N., H. Coronel-Arellano, A. González-Bernal, C. Gutiérrez-González y C. López-González. 2011. Abundancia y densidad de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en Sierra de San Luis, Sonora, México. *Therya* 2(2):125-137.
- Lee Wood, M. 1997. Historical channel changes along the lower San Pedro river, southeastern Arizona. Arizona State Land Department. Estados Unidos.
- Leopold, A. 1959. Fauna Silvestre de México. Editorial PAX México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 429-433 pp.
- Linzey, A.V. y NatureServe (G. Hammerson y S. Cannings). 2013. *Castor canadensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: Recuperado el 03 de enero del 2016 en: <http://www.iucnredlist.org/details/4003/0>. 2013.
- Lira-Torres, I. y M. Briones-Salas. 2012. Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(3):566-585.
- Little, A. M., G. R. Guntenspergen y T. F. H. Allen. 2012. Wetland vegetation dynamics in



- response to beaver (*Castor canadensis*) activity at multiple scales. *Ecoscience* 19(3):246-257.
- López, C. A., C. E. Gutiérrez y N. E. Lara. 2011. Carnívoros: Inventarios y Monitoreo. 133-156 pp. En: Gallina-Tessaro, S. y López, C. (Eds), Manual de técnicas para el estudio de la fauna Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología. México.
- Lozano, L. 2010. Abundancia relativa y distribución de mamíferos medianos y grandes en dos coberturas vegetales en el santuario de fauna y flora Otún Quimbaya mediante el uso de cámaras trampa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.
- Macdonald, D. W., F. H. Tattersall, S. Rushton, A. South, S. Rao, P. Maitland y R. Strachan. 2000. Reintroducing the beaver (*Castor fiber*) to Scotland: a protocol for identifying and assessing suitable release sites. *Animal Conservation* 3:125-133.
- Macfarlane, W., J. M. Wheaton, N. Bouwes, M. L. Jensen, J. T. Gilbert, N. Hough-Snee y J. A. Shivik. 2015. Modeling the capacity of riverscapes to support beaver dams. *Geomorphology* 277:72-99.
- Maringer, A. y L. Slotta-Bachmayr. 2006. A GIS-based habitat-suitability model as a tool for the management of beavers *Castor fiber*. *Acta Theriologica* 51(4):373-382.
- McCall, T. C., T. P. Hodgman, D. R. Diefenbach y R. B. Owen. 1996. Beaver Populations and Their Relation to Wetland Habitat and Breeding Waterfowl in Maine. *Wetlands* 16(2):163-172.
- McComb, W. C., J. R. Sedell, T. D. Buchholz. 1990. Dam-site selection by beavers in an eastern Oregon basin. *Great Basin Naturalist* 50(3).
- McGinley, M. A. y T. G. Whitham. 1985. Central place foraging by beavers (*Castor canadensis*): A test of foraging predictions and the impact of selective feeding on the growth form of cottonwoods (*Populus fremontii*). *Oecologia* 66(4):558-562.
- Mearns, E. A. 1907. Mammals of the Mexican boundary of the United States: a descriptive catalogue of the species of mammals occurring in that region: with a general summary of the natural history and a list of trees. United States National Museum Bulletin 56:1-530.

- Mellink, E. y J. Luevano. 1998. Status of beavers (*Castor canadensis*) in Valle de Mexicali, México. Bulletin of Southern California Academy of Sciences 97:115-120.
- Medellín-Legorreta, R. A. y H. V. Bárcenas. 2009. Estimación de la densidad poblacional y dieta del lince (*Lynx rufus*) en Aguascalientes y el Distrito Federal, México. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto ES003. México, D.F.
- Miller, R. I., S. N. Stuart y K. M. Howell. 1989. A methodology for analyzing rare species distribution patterns utilizing GIS technology: The rare birds of Tanzania. Landscape Ecology 2(3):173-189.
- Minckley, W. L. 1987. Fishes and aquatic habitats of the San Pedro River system. Three species and one subspecies from Sonora. Journal of the Washington Academy of Sciences 41(2):83-84.
- Monroy-Vilchis, O., M. M. Zarco-González, C. Rodríguez-Soto, L. Soria-Díaz y V. Urios. 2010. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. Revista de Biología Tropical 59(1):373-383.
- Moreira, J., R. García, R. McNab, G. Ponce, M. Mérida, G. Ruano. 2009. Abundancia de jaguares y evaluación de presas asociadas al fototrampeo en las concesiones comunitarias del Bloque de Melchor de Mencos, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Reporte para Wildlife Conservation Society. Guatemala.
- Mosquero, D. 2011. Estimación de densidades de Ocelotes (*Leopardus pardalis*) en la amazonia ecuatoriana a través de análisis captura-recaptura, trampas cámara y Sistemas de Información Geográfica. Tesis de Maestría. Universidad de San Francisco de quito. Colegio de Posgrados. Ecuador.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR Editorial. Santa Cruz, Bolivia.
- Müller-Schwarze, D. y L. Sun. 2003. The beaver: Natural history of a wetlands engineer. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Naiman, R. J. 1998. Animal influences on ecosystem dynamics. BioScience 38(11):750-752.
- Naiman, R. J., C. A. Johnston y J. C. Kelley. 1998. Alteration of North American streams

- by beaver. *BioScience* 38(11):753-762.
- Nelson, T. y C. Nielsen. 2011. Population ecology of beavers in Illinois. Cooperative Wildlife Research Laboratory. Universidad del Sur de Illinois Carbondale. Estados Unidos.
- Newbill, B. y J. Parkhurst. 2009. Managing wildlife damage: Beavers (*Castor canadensis*). Department of Fisheries and Wildlife Sciences. Universidad Estatal de Virginia. Publicación 420-202.
- Nixon, C. M. y J. Ely. 1969. Foods eaten by beaver colony in southwest Ohio. *Ohio Journal of Science* 69: 313-319.
- Noss, A., J. Polisar, L. Maffei, R. García y S. Silver. 2013. Evaluando la densidad de jaguares con trampas cámara. Programa para la Conservación del Jaguar. Wildlife Conservation Society. Estados Unidos.
- Novak, M. 1987. Beaver. 283-312 pp. En: Novak, M., Baker, J. A., Obbard, M. E. y Malloch, B. (Eds), *Wild furbearer management and conservation in North America*. Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, Ontario. Canada.
- Novak, M. 1999. Beaver. 282-312 pp. En: Novak, N., Baker, J. A., Obbard, M. E. y Malloch, B. (Eds.), *Wild furbearer management and conservation in North America*, Queen's Printer for Ontario. Canada.
- Pattie, J. 1831. The personal narrative of James O. Pattie. The Narrative Press. Santa Barbara, California. Estados Unidos.
- Parker, J., C. Caudill y M. Hay. 2006. Beaver herbivory on aquatic plants. *Oecologia* 151:616-625
- Pelz, K. S. 2011. Molecular phylogeography of the American Beaver (*Castor canadensis*): Implications for management and conservation. Tesis Doctoral. Universidad de Arizona. Arizona, Estados Unidos.
- Pelz, K., E. Ponce y C. López González. 2005. Habitat and conservation status of the beaver (*Castor canadensis*) in the Sierra San Luis, Sonora. Biodiversity and management of the Madrean Archipiélago II and 5th Conference on Research and Resource Management in the Southwestern Deserts. Estados Unidos.
- Pinto, B., M. J. Santos y F. Rosell. 2009. Habitat selection of the Eurasian Beaver (*Castor*

- fiber*) near its carrying capacity, and example from Norway. *Canadian Journal of Zoology* 87:317-325.
- Poliquin, R. 2015. Beaver. Editorial Reaktion Books. Reino Unido.
- Ramadori, D., A. Schiavini, F. Menvielle, R. D'Angelo, M. R. Silva, D. Valenzuela y J. Escobar. 2009. Castor Americano (*Castor canadensis*), una gran amenaza para los ecosistemas patagónicos. *Revista Biológica: Naturaleza, Conservación y Sociedad* 10:33-37.
- Reich, H. 2015. Río Grande beaver (*Castor canadensis mexicanus*) survey in Big Bend National Park. Tesis de Maestría. Universidad Estatal de Texas. Texas, Estados Unidos.
- Resources Inventory Committee (RIC). 1989. Inventory methods for beaver and muskrat. Standards for Components of British Columbia's Biodiversity.
- Riechers, A. y F. De La Cruz. 2012. Roedores en áreas naturales protegidas de Chiapas depositados en la Colección Zoológica Regional. *Mammalia*. 47-57 pp. En: Ballesteros, B. C. y Cervantes, F. A. (Eds.), *Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos*, Instituto de Biología, UNAM y Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
- Rodríguez, C. F. 1990. Clasificación del hábitat y estado poblacional del castor (*Castor canadensis mexicanus*) en el Estado de Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.
- Rojas, L. 2017. Distribución, abundancia relativa y patrón de actividad del jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) en la Reserva Jaguar del Norte, Sahuaripa, Sonora, utilizando el método de foto-trampeo. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- Romero, A. 1996. Estudio de la contaminación por metales pesados en agua y sedimento del río San Pedro, Sonora, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, Sonora, México.
- Rosell, F., O. Bozsér, P. Collen, H. Parker. 2005 Ecological impact of beavers: *Castor fiber* and *Castor canadensis* and their ability to modify ecosystems. *Mammal Review*. Volumen 35.

- Samways, K., R. Poulin y R. M. Brigham. 2004. Directional tree felling by beavers (*Castor canadensis*). *Northwestern Naturalist* 85:48-52
- Schmidly, D. J. 1984, The furbearers of Texas. Texas Parks and Wildlife Department. Boletín 111:55.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2007. Ampliación patios de lixiviación. Minera María S.A. de C.V. Recuperado el 27 de julio del 2015 en:  
<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/son/estudios/2007/26SO2007M0004.pdf>. 2010
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). 2016. Panorama Minero del Estado de Sonora. Secretaria de Economía. México.
- Shiras, G. 1906. Photographing wild game with flashlight and camera. *National Geographic Magazine* 17(7):366-423
- Shiras, G. 1908. One season's game bag with a camera. *National Geographic Magazine* 19(6):387-446
- Shiras, G. 1913. Wild animals that took their own pictures by day and by night. *National Geographic Magazine* 24(7):763-834
- Silver, S. 2004. Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámaras. *Wildlife Conservation Society*. Versión en español.
- Singleton, R. D. y J. D. Taylor. 2010. Composition of Beaver Colonies in Damage Sites of the Southeastern United States. *Proceedings of the Annual Conference, Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 64: 95-10.
- Skewes, O., F. González, R. Olave, A. Ávila, V. Vargas, P. Paulsen y H. E. König. 2006. Abundance and distribution of American beaver, *Castor canadensis* (Kuhl, 1820), in Tierra del Fuego and Islas Navarino, Chile. *European Journal of Wildlife Research* 52: 292-296.
- Slough, B. y R. Sadleir. 1977. A land capability classification system for beaver (*Castor canadensis* Kuhl). *Canadian Journal of Zoology* 55:1324-1335.
- Smith, D. W. y D. B. Tyers. 2012. The History and Current Status and Distribution of

- Beavers in Yellowstone National Park. Northwest Science 86(4):276-288.
- Solís-Garza, G., A. Gómez-Álvarez, R. López-Estudillo, A. Villalba-Atondo, L. Bringas-Alvarado y A. Pérez-Villalba. 2000. Riparian Vegetation and Water Quality on The San Pedro River, Sonora, Mexico. Universidad de Sonora. Universidad Estatal de Arizona.
- Stevens, C. E., C. A. Paszkowski y A. Lee Foote. 2006. Beaver (*Castor canadensis*) as a surrogate species for conserving anuran amphibians on boreal streams in Alberta, Canada. Biological Conservation 134: 1-13
- Strong, P. y J. Bissonette. 1982. Beaver ecology and management in Big Bend National Park. Tesis de Maestría. Universidad de Maine. Orono, Maine. Estados Unidos.
- Suzuki, N y W. McComb. 1998. Habitat classification models for Beaver (*Castor canadensis*) in the streams of the central Oregon coast range. Northwest Science 72(2).
- Svendsen, G. E. 1980. Seasonal change in feeding patterns of beaver in southeastern Ohio. Journal of Wildlife Management 44:285-290.
- Toyos, D. y Amador, S. 2014. Monitoreo de Perrito de la Pradera Cola Negra (*Cynomys ludovicianus*) y Castor (*Castor canadensis*) en la Cuenca del Río San Pedro. Naturalia-Fundación Carlos Slim WWF. Informe Técnico. 19 pp.
- Trolle, M. y M. Kéry, M. 2003. Density estimation of ocelot (*Leopardus pardalis*) in the Brazilian Pantanal using capture-recapture analysis of camera-trapping data. Journal of Mammalogy 66:13-21.
- U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS). 2016. Draft recovery plan for *Lilaeopsis schaffneriana* ssp. *recurva* (Huachuca water umbel). U.S. Fish and Wildlife Service, southwest Region. Tucson, Arizona. 85 pp.
- Varela, A., 1992. Prospección de peces nativos en la Cuenca del río San Pedro, Sonora. Centro Ecológico de Sonora. Área de Ecología Acuática. Hermosillo, Sonora, México.
- Vásquez, E. 1996. Factores del hábitat que determinan la presencia del castor (*Castor canadensis mexicanus*) en el norte de Nuevo León, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

- Villa, B. 1954. Distribución de los castores en México. *Anales del Instituto de Biología* 5: 443-450.
- Villagrán-Mella, R., M. Aguayo, L. E. Parra y A. González. 2006. Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 195-211
- Wild, C. 2011. Beaver as a climate change adaptation tool: Concepts and priority sites in New Mexico. Seventh Generation Institute. Santa Fe, Nuevo Mexico. Estados Unidos.
- Wright, J.P., C. G. Jones y A. S. Flecker. 2002. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale. *Oecologia* 132:96–101.
- Yasuda, M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study* 29:37-46.
- Zarco-Espinosa, V.M., J. Valdéz-Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia: Trópico Húmedo* 26(1):1-17
- Zavyalov, N. 2014. Beavers (*Castor fiber* and *Castor canadensis*), the founders of habitats and phytophages. *Biology Bulletin Reviews* 4, (2):157–180.

## XII. APÉNDICES

Apéndice 1. Sitios de muestreo en la Cuenca del Río San Pedro.



Figura 14. Sitio de muestreo en el arroyo Los Fresnos, dentro de la ADVC Los Fresnos.



Figura 15. Sitio de muestreo sobre el arroyo Los Fresnos, en el predio Las Chivas.





Figura 16. Sitio de muestreo en el represo Las Nutrias, dentro del predio Las Nutrias.



Figura 17. Sitio de muestreo en el arroyo San Rafael, dentro del predio El Novillo.



Figura 18. Sitio de muestreo sobre el arroyo San Rafael, en el predio San Rafael.

Apéndice 2. Rastros de *Castor canadensis* en cada uno de los cinco sitios muestreados dentro de la Cuenca del Río San Pedro, diciembre 2015 a noviembre 2016.

<b>Observación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Tiempo de registro</b>		<b>Sitio</b>
		<b>W</b>	<b>N</b>	<b>Secas</b>	<b>Lluvias</b>	
Árbol Roído	1	556168	3461294	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	556171	3461288	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	556184	3461278	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	556291	3461165	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	556309	3461146	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	556327	3461123	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	556335	3461118	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	556381	3461062	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	558863	3459144	X		Los Fresnos
Árbol Roído	1	558862	3459144	X		Los Fresnos

Árbol Roído	17	556403	3460920		X	Los Fresnos
Árbol roído	4	556403	3460920		X	Los Fresnos
Dique	1	556161	3461306	X		Los Fresnos
Dique	1	556214	3461254	X		Los Fresnos
Dique	1	556266	3461222	X		Los Fresnos
Dique	1	556348	3461099	X		Los Fresnos
Dique	1	556358	3461092	X		Los Fresnos
Dique	1	556383	3461060	X		Los Fresnos
Dique	1	556486	3460808	X		Los Fresnos
Dique	1	556376	3460970		X	Los Fresnos
Dique	1	556375	3460885		X	Los Fresnos
Dique	1	556402	3460889		X	Los Fresnos
Dique	1	556376	3460895.			Los Fresnos
		.7	62			
Madriguera	1	556233	3461232	X		Los Fresnos
Madriguera	2	556374	3460896.		X	Los Fresnos
		.4	65			
Observación directa	1	556165	3461285	X		Los Fresnos
Observación directa	2	556233	3461232	X		Los Fresnos
Observación directa	2	556304	3461159	X		Los Fresnos
Observación directa	1	556378	3460949.	X		Los Fresnos
		.5	77			
Observación directa	1	558873	3459131		X	Los Fresnos
Árbol roído	1	560423	3457412			Las Chivas
Árbol roído	1	560404	3457405	X		Las Chivas

Árbol roído	1	560390	3457400	X		Las Chivas
Árbol roído	1	560404	3457405	X		Las Chivas
Árbol roído	6	560945	3457292	X		Las Chivas
Dique	1	560957	3457280	X		Las Chivas
Dique	1	560942	3457247	X		Las Chivas
Madriguera inactiva	1	560400	3457401	X		Las Chivas
Madriguera inactiva	1	560349	3457421	X		Las Chivas
Madriguera	1	560983	3457357	X		Las Chivas
Madriguera	1	560972	3457300	X		Las Chivas
Madriguera	1	560963	3457289	X		Las Chivas
Árbol roído	28	568271	3452184		X	Las Nutrias
Árbol roído	4	569070	3452426	X		Las Nutrias
Árbol roído		569062	3452433			Las Nutrias
Árbol roído	2	569096	3452432	X		Las Nutrias
Dique	1	569089	3452433			Las Nutrias
Madriguera inactiva	1	568992	3452443	X		Las Nutrias
Madriguera	1	569244	3452490	X		Las Nutrias
Madriguera	1	568282	3452180	X		Las Nutrias
Madriguera	1	568823	3452382		X	Las Nutrias
Madriguera	2	568976	3452117		X	Las Nutrias
Excreta	1	568992	3452443	X		Las Nutrias
Huellas	1	568282	3452180		X	Las Nutrias
Observación directa	7	568282	3452180		X	Las Nutrias
Árbol roído	23	575267	3451891	X		El Novillo
Árbol roído	1	575327	3452214	X		El Novillo

Árbol roído	1	575215	3452214	X		El Novillo
Árbol roído	1	575172	3452134	X		El Novillo
Árbol roído	1	575146	3452077	X		El Novillo
Árbol roído	1	575118	3452066	X		El Novillo
Árbol roído	1	575000	3452060	X		El Novillo
Árbol roído	1	574977	3452051	X		El Novillo
Árbol roído	1	574938	3452062	X		El Novillo
Árbol roído	1	574923	3452075	X		El Novillo
Rama roída	1	574887	3452095	X		El Novillo
Dique	1	575174	3452166	X		El Novillo
Dique	1	575278	3451896	X		El Novillo
Madriguera inactiva	1	574825	3452082		X	El Novillo
Madriguera	1	574954	3452055		X	El Novillo
Madriguera	1	575161	3452092		X	El Novillo
Observación directa	1	575177	3452168	X		El Novillo
Observación directa	1	575288	3451978	X		El Novillo
Árbol roído	17	570262	3449063	X		San Rafael
Árbol roído	3	570329	3449089	X		San Rafael
Dique	1	570106	3448967		X	San Rafael
Dique	1	570197	3449040	X		San Rafael
Dique	1	570256	3449072	X		San Rafael
Dique	1	570451	3449061	X		San Rafael
Madriguera	1	570127	3448966	X		San Rafael

Apéndice 3. Rastros registrados de *Castor canadensis* dentro de la Cuenca del Río San Pedro.



Figura 19. *Populus fremontii* roído por castor.



Figura 20. Dique formado con ramas, lodo y piedras sobre el arroyo Los Fresnos, a la altura del predio Las Chivas.



Figura 21. Dique de castor dentro del predio Las Chivas reforzado con piedras.



Figura 22. Madriguera de castor sobre el represo Las Nutrias.



Figura 23. Huella de la pata trasera de castor sobre lodo suave.



Figura 24. *Fraxinus velutina* sobre el arroyo Los Fresnos, a la altura del predio Las chivas, siendo utilizado como reservorio de comida.





Figura 25. Ejemplar de *Castor canadensis* forrajeando sobre el arroyo Los Fresnos, dentro de la ADVC Los Fresnos.



Figura 26. Ejemplar adulto de *C. canadensis* con cría dentro del predio Las Nutrias.

Apéndice 4. Aves silvestres registradas durante el periodo diciembre 2015-noviembre 2016 por medio de fototrampeo dentro de la Cuenca del Río San Pedro, Sonora.

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
<b>Anseriformes</b>	Anatidae	<i>Anas crecca</i>	Cerceta común
		<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato de collar
<b>Charadriiformes</b>	Charadriidae	<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo gritón o Tildío
<b>Falconiformes</b>	Accipitridae	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper
<b>Passeriformes</b>	Emberizidae	<i>Chondestes</i>	Gorrión arlequín
		<i>grammacus</i>	
	Fringillidae	<i>Haemorhous</i>	Pinzón mexicano
		<i>mexicanus</i>	
	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>	Mosquero negro
		<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano gritón
<b>Pelecaniformes</b>	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
		<i>Ardea herodias</i>	Garzón cenizo

Apéndice 5. Lista de herbáceas identificadas en los sitios de muestreo dentro de la Cuenca del Río San Pedro, Sonora durante el año 2016.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Ciclo de vida</b>	<b>Origen</b>
Asteraceae	<i>Almutaster pauciflorus</i>	Escobilla	Perenne	Nativa
	<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	Anual	Nativa
	<i>Machaeranthera</i>	Tahoka daisy	Anual o	Nativa
	<i>tanacetifolia</i>		Bienal	
	<i>Pyrrhopappus</i>	Texas dandelion	Perene	Nativa
	<i>pauciflorus</i>			
	<i>Symphyotrichum</i>	Southern annual	Anual	
	<i>divaricatum</i>	saltmarsh aster		
	<i>Tagetes minuta</i>	Chinchilla	Anual	Introducida
	<i>Xanthium strumarium</i>	Cadillo	Anual	Nativa

	<i>Xanthocephalum gymnospermoides</i>	San Pedro matchweed		
Convolvulaceae	<i>Ipomoea costellata</i>		Anual	
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i>	Manrubio	Perenne	Introducida
Malvaceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>	Hierba del negro	Perenne	Nativa
	<i>Sphaeralcea fendleri</i>		Perenne	Nativa
Papaveraceae	<i>Argemone pleiacantha</i>		Perenne /Anual	Nativa
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Zacate bermuda	perenne	Introducida
	<i>Polypogon monospermiensis</i>	Cola de zorra común	Anual	Nativa
	<i>Sporobolus wrightii</i>	Zacatón	Perenne	
Polygonaceae	<i>Persicaria lapathifolia</i>	Chilillo blanco	Anual	Introducida
Salviniaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	Tembladerilla	Anual	
Saururaceae	<i>Anemopsis californica</i>	Hierba mansa	Perenne	
Solanaceae	<i>Solanum douglasii</i>		Anual/Perenne	Nativa
	<i>Solanum sp.</i>			
Typhaceae	<i>Typha domingensis.</i>	Espadaña tropical		Nativa

Apéndice 6. Distribución en clases diamétricas de la vegetación ribereña en la zona de estudio. POFR = *Populus fremontii*, SAGO = *Salix gooddingii*, FRVE = *Fraxinus velutina*, JUMA = *Juglans major*, BASA = *Baccharis salicifolia*, PROV = *Prosopis velutina*, MADO = *Malus domestica*.

No sitio	Especies	Diámetro a la altura del pecho						Total			
		Sin roer (cm)			Roídos (cm)			Total			
		<6	6.0 - 39	> 39	<6	6.0 - 39	> 39	<6	6.0 - 39	> 39	
Los Fresnos	POFR	0	2	0	0	3	4	0	5	4	9
	SAGO	2	9	2	0	8	1	2	17	3	22
	FRVE	0	6	0	0	1	0	0	7	0	7

	JUMA	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	BASA	0	0	0	0	0	0	0	3	4	7
	PROV	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<b>Las Chivas</b>	POFR	0	0	2	0	0	3	0	0	5	5
	SAGO	1	2	1	0	4	0	1	6	1	8
	FRVE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	JUMA	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
	BASA	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	PROV	0	0	0	0	0	0	5	1	0	6
	MADO	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
<b>Las Nutrias</b>	POFR	0	11	7	0	2	0	0	13	7	20
	SAGO	0	1	21	0	0	27	0	1	48	49
	BASA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	PROV	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<b>El Novillo</b>	POFR	0	1	1	0	3	13	0	4	14	18
	SAGO	0	1	1	0	9	0	0	10	1	11
	FRVE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	BASA	0	0	0	0	0	0	0	46	0	46
	PROV	0	0	0	0	0	0	10	2	2	14
<b>San Rafael</b>	POFR	0	3	5	0	1	1	0	4	6	10
	SAGO	0	1	2	0	11	5	0	12	7	19
	FRVE	0	0	0	0	0	0	0	4	2	6
	JUMA	1	1	0	0	1	0	1	2	0	3
	BASA	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2