CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Estrategias de adaptación ante cambios en el clima para la conservación del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), venado bura (*Odocoileus hemionus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la UMA El Plomito Sonora, México

MAGISTER SCIENTIAE

Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

María Franco Avalos

Turrialba, Costa Rica

2016

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y el Programa de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

***MAGISTER SCIENTIAE* EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

FIRMANTES:

Bastiaan Louman, M.Sc.
Director de tesis

Fredy Argoty, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Nereyda Cruz, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Decano del Programa de Posgrado

María Franco Avalos
Candidata

DEDICATORIA

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis me ha permitido aprovechar la competencia y la experiencia de personas que deseo agradecer en este apartado.

En primer lugar, a mi director de tesis, Bastiaan Louman, mi más sincero agradecimiento por su paciencia ante mi inconsistencia, por su valiosa dirección y apoyo para culminar el trabajo de tesis.

A mi comité de tesis, por su apoyo y aportaciones que me brindaron durante el trabajo de tesis.

También quiero agradecer a la Organización de Vida Silvestre A.C. por las facilitaciones proporcionadas para el desarrollo del trabajo durante la fase de campo y por confiar su información para dicho propósito.

Sin olvidar agradecer a mis padres, quienes han sido fuente de motivación y hacer posible la culminación de los estudios de maestría.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

Gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTOS IV
LISTA DE FIGURAS VII
LISTA DE TABLAS VIII
LISTA DE ACRÓNIMOS IX
RESUMEN X
CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN Y SÍNTESIS GENERAL DE LA TESIS 1
1.1 Introducción 1
1.2 Antecedentes 2
1.3 Justificación e importancia 3
1.4 Objetivos 4
1.4.1 Objetivo general 4
1.4.1.1 Objetivos específicos 4
1.5 Preguntas de investigación 4
1.6 Marco referencial 5
1.6.1 Posibles escenarios de cambio climático 5
1.6.2 El uso de escenarios futuros en el clima 8
1.6.3 Los cérvidos de México 9
1.6.4 Estrategias de conservación para la biodiversidad 11
1.6.5 Caracterización del Predio Particular UMA rancho El Plomito 12
1.7 Principales resultados 17
1.7.1 Modelo de distribución potencial 17
1.8 Principales conclusiones 20
Literatura citada 21
CAPÍTULO II 23
ARTÍCULO I 23
Estrategias de adaptación al cambio climático, para un manejo adecuado de especies con potencial de aprovechamiento cinegético en la UMA El Plomito Sonora, México. 23
Resumen 23
Abstract 23

Introducción 24
Área de estudio 25
Método 25
Modelo de Distribución Potencial 25
Validación del modelo de distribución potencial 26
Evaluación del impacto potencial 26
Estrategias de adaptación 27
Resultados 28
Modelo de distribución potencial (MDP) 28
Validación y análisis estadístico 28
Evaluación del impacto potencial 30
Estrategias de adaptación 34
Conclusiones 36
Literatura citada 37
CAPÍTULO III 42
RESULTADOS E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA 43
Financiamiento 43
Transferencia de tecnología 43
Responsables técnicos 44
Contribuciones a la ecología de la conservación 44
Implicaciones para la conservación de las especies y su hábitat 45
Literatura citada 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica PP UMA rancho El Plomito, Sonora, México. 13
Figura 2. Esquema de actores claves para la UMA 16
Figura 3. Ubicación geográfica PP rancho El Plomito, Sonora, México..... 25
Figura 4. Representación gráfica del análisis de componentes principales. 29
Figura 5. Áreas de conservación (UMA´s y ANP) con aptitud de hábitat y hábitat degradado para borrego cimarrón..... 34
Figura 6. Áreas de conservación (UMA´s y ANP) con aptitud de hábitat y hábitat degradado para venado bura. 34
Figura 7. Áreas de conservación (UMA´s y ANP) con aptitud de hábitat y hábitat degradado para venado cola blanca. 34
Figura 8. Clasificación de uso para venado bura. 36
Figura 9. Clasificación de uso para venado cola blanca. 36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de la fauna presente en la UMA rancho El Plomito, Sonora, México. 14
Tabla 2. Resumen de la matriz de potencialidades, limitaciones y problemas del PP rancho El Plomito..... 16
Tabla 3. Resultados de las variables más importantes en el ACP para la distribución de las especies. 17
Tabla 4. Registro de distancia mínima y máxima a fuentes de agua. 18
Tabla 5. Consumo de agua en litros al día por unidad animal. 18
Tabla 6. Superficies cobertura vegetal y caminos..... 19
Tabla 7. Estrategias de adaptación 20
Tabla 8. Escala utilizada para la clasificación de la superficie del MDP 26
Tabla 9. Requerimientos básicos del hábitat para Borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca. 27
Tabla 10. Descripción de las 24 variables bioclimáticas utilizadas para la realización del modelo. 28
Tabla 11. Variables ambientales más importantes de acuerdo a la estacionalidad y meses del año para las especies. 29
Tabla 12. Calidad del hábitat actual y potencial dentro de los rangos máximos de desplazamiento para las tres especies. 30
Tabla 13. Calidad del hábitat actual y potencial en la UMA El Plomito para las tres especies..... 30
Tabla 14. Distancia de las fuentes de agua respecto a la presencia actual de la especie en la UMA El Plomito. 31
Tabla 15. Calculo de la cantidad de agua requerida por la especie en la UMA El Plomito. 31
Tabla 16. Datos observados de presencia de las especies y desempeño en el almacenamiento del recurso hídrico 32
Tabla 17. Superficies de cobertura vegetal actual y potencial disponible para las especies dentro de sus rangos máximos de desplazamiento y dentro de la UMA El Plomito. 32
Tabla 18. Estrategias de adaptación 34
Tabla 19. Listado de plantas nativas recomendadas para las obras y prácticas de conservación de suelo y agua. 35

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANP	Área Natural Protegida
ACP	Análisis de Componente Principal
AUC	Area Under the Curve
CC	Cambio Climático
CCAFS	Climate Change, Agriculture and Food Security
CONAFOR	Comision Nacional Forestal
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
COUSSA	Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climatico
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UMA	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre
MDP	Modelo de Distribución de Potencial
NOM	Norma Oficial Mexicana
PCVS	Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural
PEACC	Plan Estratégico Ante Cambio Climático
PP	Predio Particular
RCP	Representative Concentration Pathways
SAGAPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo identificar estrategias de adaptación bajo el contexto de cambio climático para tres especies silvestres con potencial de aprovechamiento en un ecosistema árido. Se modeló la distribución potencial para borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), venado bura (*Odocoileus hemionus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), para evaluar la calidad del hábitat y atributos importantes del mismo, como cobertura vegetal y fuentes de agua, determinando sitios de importancia para la conservación, manejo y aprovechamiento de la especies en la UMA, considerando futuros cambios en las condiciones climaticas. Los resultados obtenidos muestran pérdidas significativas para el venado bura y venado cola blanca, siendo el borrego cimarrón el más vulnerable al no disponer de condiciones óptimas dentro de la UMA. Las líneas de acción propuestas, promueven una mayor conectividad y permeabilidad del territorio a escala paisajística, lo cual deja abierta la posibilidad de que la información generada en este trabajo pueda servir para apoyar decisiones para el manejo de las especies a nivel local y regional.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y SÍNTESIS GENERAL DE LA TESIS

1.1 Introducción

El manejo y aprovechamiento de cérvidos en México, ha sido realizado desde las culturas prehispánicas formando parte de actividades culturales y religiosas, así como de alimentación (SEMARNAT, 2010) además, son ampliamente aprovechadas debido a su alto valor cinegético (cacería deportiva). Por lo tanto, es importante conocer sus áreas de distribución y el efecto que tiene el cambio climático sobre estas, para el desarrollo de estrategias adecuadas de manejo para su conservación y aprovechamiento (Yañez-Arenas *et al.* 2012).

El cambio climático a nivel global constituye una de las principales amenazas para el futuro de la biodiversidad (Arribas *et al.* 2012), teniendo efectos significativos sobre la vida silvestre (Walter A 2012), afectando sus rangos de distribución, como la estructura interna de los rangos (zona de máxima abundancia) (Marquet *et al.* 2011). A nivel nacional, Sonora es uno de los estados que ya está manifestando de manera muy evidente los efectos asociados al cambio climático (CC) (SEMARNAT, 2013).

Actualmente, el hábitat de cérvidos como venado cola blanca, venado bura y borrego cimarrón se ha visto fragmentada, reduciendo su distribución geográfica, presentando una disminución en sus poblaciones, derivados de factores de cambios en el clima y actividades como cacería furtiva, actividades agrícolas y ganaderas, entre otras (López *et al.* 2010); (Alvarez-Cárdenas *et al.* 2009), (Serra-Ortiz *et al.* 2008). La tensión entre estas últimas (agricultores y ganaderos) surge por los espacios para sus actividades (Ortega & Gasset, 1974). Recientemente intervienen también en el conflicto los conservacionistas; aunque cazadores, han sido más conscientes de que para cazar, se debe conservar, siendo aliados parciales e interesados en la conservación (Ontiveros, 1991). Por ello, la creciente preocupación por las especies silvestres se ha centrado en el término de uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (SEMARNAT, 2010), (Rojo-Curiel *et al.* 2007).

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) establece, el uso racional y controlado de la vida silvestre a través del esquema de UMA (D.O.F. 2000), este tipo de esquema ha sido ampliamente popularizado en los estados del Norte del país con fines cinegéticos y ha podido convertirse en una de las alternativas productivas de mayor importancia para la derrama económica (SEMARNAT, 2010).

El presente estudio de investigación, es un esfuerzo para enriquecer y favorecer la experiencia de la cacería cinegética en el Predio Particular (PP) rancho El Plomito, con el

fin de crear la confianza en el aprovechamiento sustentable de borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana),* venado bura (*Odocoileus hemionus)* y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus)*. En este documento se presenta tres capítulos, abordando en el capítulo I una introducción sobre los efectos de cambio climático, características de las especies y estrategias de conservación que actualmente se llevan a cabo en México para la protección de la vida silvestre, en este primer capítulo también se incluye los principales resultados obtenidos de la distribución potencial de las especies. El capítulo II, presenta un artículo científico en el cual se pretende difundir la importancia de incorporar acción de conservación para especies silvestres que contemplen cambios en el clima, gestionando su futura publicación en la revista mexicana "Acta Zoológica Mexicana nueva serie". El capítulo III se refiere a resultados e información complementaria, que se considera relevante y no descuidar estos aspectos pues pueden llegar a entorpecer las acciones que se decidan llevar a cabo en el PP.

1.2 Antecedentes

El régimen de propiedad del terreno del rancho El Plomito es privado, registrada como, "Sociedad Mercantil, rancho El Plomito, S.A. de C.V.", con una superficie aproximada de 10,375 Ha, es reconocido como UMA a partir del año 1995, llevando a cabo el programa de recuperación poblacional de borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*), venado bura (*Odocoileus hemionus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Sonora, México. Este programa tiene como objetivo, la recuperación y reproducción de ejemplares para repoblación de áreas ocupadas históricamente por estas especies, para pie de cría, investigación y aprovechamiento. El principal objetivo del PP, es el manejo y la conservación de la fauna y flora regionales. Por tal motivo, en "El Plomito" se están realizando proyectos de investigación en conjunto con diversas instituciones para determinar la diversidad de especies animales y vegetales, para conocer la dinámica poblacional de las especies de importancia cinegética, evaluar la calidad del hábitat y para conocer más sobre la biología de las especies que se distribuyen en esta área. Dichos proyectos servirán para elaborar mejores planes de manejo.

Los impactos del CC ya son evidentes en todo el mundo, por ello, la adaptación no es una elección, es una necesidad, atrayendo cada vez más atención como respuesta. Se espera que los impactos sean particularmente graves en los países en desarrollo a causa de la capacidad de adaptación limitada (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla 2007).

México tiene características geográficas que lo colocan como uno de los países más vulnerable a los efectos del CC (CONANP, 2011). Desde la década de 1970 México se ha vuelto más cálido. De acuerdo con un estudio realizado por el INECC en 2013, el grado de peligro de sequía a escala municipal en la zona Norte del país se observa con impactos desde "medio" hasta "muy alto", con un incremento de 0.25 a 0.50°C por década entre el periodo de 1960 a 2010. El grado de vulnerabilidad del estado de Sonora, a efectos de cambios en el clima se considera "bajo", debido, a que de los 72 municipios que lo conforman, 7 se

encuentran vulnerables a los impactos del CC representando un 9.7% del total de la entidad federativa; sin embargo, el municipio de Caborca (área de estudio), se localiza dentro de los 7 municipios de alta vulnerabilidad. El análisis de temperaturas máximas presenta un "muy alto" grado de vulnerabilidad por ondas de calor, tanto para la entidad federativa como para el área de interés; la precipitación anual para el futuro se observa con una disminución del 10% hasta un 30% en todo el estado de Sonora, destacando que en el municipio de Caborca, se presenta la mayor disminución de precipitación anual en un rango de 20% a 30% (Dof 2014).

Se proyecta, que para los siguientes 30 años, México perderá una gran parte de la vegetación de sus desiertos, se prevé que para el 2050, cuando menos 15 mamíferos terrestres reducirán en 50% su rango de distribución; de estos, 9 especies endémicas de México perderán más del 80% de su rango de distribución histórica, y al menos 13 incrementarían en el doble o más su área de distribución (Ine 2007).

Actualmente, el hábitat de ungulados como borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca se ha visto fragmentada, reduciendo su distribución geográfica, presentando una disminución en sus poblaciones, derivados de factores de cambios en el clima y actividades como cacería furtiva, actividades agrícolas y ganaderas, entre otras, induciéndolas al aislamiento de poblaciones pequeñas con un alta tasa de extinción (Alvarez-Cárdenas *et al.* 2009), (Serra-Ortiz *et al.* 2008). Siendo el borrego cimarrón el más vulnerable, al verse limitada su distribución a las Sierras del Noroeste de Sonora, con una notable disminución en sus poblaciones -población aproximada de 6,000 ejemplares- (Serra-Ortiz *et al.* 2008); la especie menos afectada ha sido el venado cola blanca, al no presentar reducciones considerables en su distribución ni en sus poblaciones, esto debido a que se considera una especie oportunista con una gran adaptación a cualquier tipo de vegetación y perturbación humana (Rojo-Curiel *et al.* 2007).

1.3 Justificación e importancia

El desierto de Sonora es un área silvestre binacional, que desafortunadamente, enfrenta una serie de amenazas ambientales cada vez más graves, (Ezcurra 2007), (INE, 2007), siendo uno de los paisajes más frágiles y susceptibles al cambio climático (INE, 2007). En la actualidad las áreas de distribución de las poblaciones de ungulados como borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca han disminuido notablemente, por lo que es urgente plantear alternativas y diseñar estrategias de manejo para su conservación y aprovechamiento adecuado (Gallina *et al.* 2007). En términos de investigación científica, la labor por hacer es amplia y laboriosa, existe la necesidad de determinar cuáles son las áreas clave para cada una de las poblaciones, las medidas de manejo y la conservación del hábitat en condiciones naturales y semi-extensivas, las técnicas adecuadas para el manejo intensivo de los ejemplares (SEMARNAT, 2010).

Su importancia, está en la necesidad de llenar vacíos de información en tres grandes áreas: a) identificar acciones de conservación y la necesidad de generar información tanto de las especies de fauna silvestre, como de ecosistemas desérticos; b) la implementación de nuevas herramientas como la modelación de la distribución de especies para la evaluación de los impactos de cambios en el clima sobre el hábitat de las especies y; c) realizar un manejo y aprovechamiento sustentable, contemplando estrategias de conservación que impliquen factores de CC, pues es un área impactada fuertemente por el CC, con la finalidad de generar confianza en el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Identificar estrategias de adaptación que permitan realizar la conservación y manejo sustentable de especies cinegéticas, bajo un contexto de cambio climático en el Predio Particular rancho El Plomito Sonora, México.

1.4.1.1 **Objetivos específicos**

a) Desarrollar y evaluar un modelo de distribución potencial futura ante escenarios de cambios en el clima para borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca.
b) Evaluar atributos importantes del hábitat para borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca en las nuevas áreas de distribución potencial.
c) Identificar estrategias de conservación, para minimizar la problemática del cambio climático y mantener poblaciones viables de especies de interés biológico y cinegético.

1.5 Preguntas de investigación

- De las tres especies de interés biológico y cinegético, ¿cuál es más vulnerable a efectos de CC en el tiempo (requiriendo de mayores esfuerzos para su conservación)?
- ¿Qué medidas se pueden implementar para reducir los efectos de CC y favorecer la distribución de las especies y su población, para el aprovechamiento sustentable en la UMA?
- De las medidas identificadas para mantener la población y distribución de las especies, ¿cuáles se pueden implementar bajo el esquema de UMA?
- De las medidas identificadas para mantener la población y distribución de las especies, ¿cuáles no se han podido llevar a cabo bajo el esquema de UMA y por qué?
- Existen programas de orden gubernamental o iniciativa privada que interfieran con los objetos de conservación de las especies, y cuáles son, en dado caso.
- ¿Qué actores claves son de gran importancia, se mantengan vigentes y actualizados para continuar realizando acciones de conservación, manejo y aprovechamiento?
- ¿Qué oportunidades se identificaron en los sectores y actores claves para la conservación, manejo y aprovechamiento de las especies?

- ¿Qué limitaciones y problemas se identifican entre los sectores y actores claves para la conservación, manejo y aprovechamiento de las especies?

1.6 Marco referencial

1.6.1 Posibles escenarios de cambio climático

En la actualidad, el cambio climático a nivel global constituye una de las principales amenazas para el futuro de la biodiversidad, planteando nuevos desafíos a la biología de la conservación (Arribas *et al.* 2012). A nivel nacional, Sonora es uno de los estados que ya está manifestando de manera muy evidente los efectos asociados al CC (SEMARNAT, 2013).

En el Cuadro 1 y 2 se describe los posibles escenarios ante efectos del CC a nivel nacional y estatal respectivamente; en el Cuadro 1 se describe los posibles impactos de CC que se pueden presentar en la biodiversidad e hidrología y ecosistemas terrestres de México; y en el Cuadro 2 se describe los posibles impactos en los sectores agua, sequía y vegetación en el estado de Sonora, México.

Cuadro 1. Escenarios potenciales que se podrán presentar en México por los efectos del cambio climático.

Sector	**Escenarios**
Biodiversidad	Cambios de hábitat, de ciclos de vida o procesos evolutivos que permitan la generación de nuevos rasgos físicos, en algunas especies (lo cual podría potenciar su supervivencia). Creciente riesgo de extinción de hasta un 30% de especies de animales y plantas. Aumento de riesgos de incendios forestales. Pérdida de ancestros silvestres de alimentos, plantas medicinales y animales. Disminución de cobertura boscosa.
Hidrología y ecosistemas **terrestres**	Mayor evapotranspiración y reducción de la humedad del suelo y agua disponible. Cambios en la intensidad del ciclo hidrológico. Mayor frecuencia de eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones. Escasez de agua potable.

Fuente: (Semarnat 2013)

Cuadro 2. Posibles escenarios que se podrán presentar en el estado de Sonora, México, por los efectos del cambio climático

Sector	Escenario	Referencia
Agua	Presión sobre el recurso agua para el 2020 (situación crítica).	INE SEMARNAT. Tercera Comunicación de Cambio Climático Comisión Nacional del Agua, 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Región II Noroeste. México.
Sequía	Índices graves de sequía, de fuerte a muy severa. Incremento en un 30% de zonas secas.	SEMARNAP. 1997. México. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.
Vegetación	El incremento en la temperatura (2° C) y disminución de la precipitación (10%) favorecerán los climas cálidos y húmedos con bosques tropicales perennifolios. Aumentarán los climas cálidos subhúmedos con bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios. Disminución de la superficie con vegetación natural.	INE SEMARNAT. Tercera Comunicación de Cambio Climático.

Fuente: (Semarnat 2013)

1.6.1.1 Posibles riesgos en la vida silvestre

Evaluaciones e informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) resaltan los impactos por el cambio climático a nivel global, teniendo efectos significativos sobre la vida silvestre como en la distribución geográfica de las enfermedades, fenología de plantas y animales (Walter A 2012), afectando tanto los márgenes o extremos de sus rangos de distribución, ya sea en latitud-elevación, como la estructura interna de los rangos (zona de máxima abundancia). Los cambios en los límites de distribución pueden ser explicados como el resultado de una tendencia a reaccionar por el calentamiento (Marquet *et al.* 2011).

Dichos efectos, pueden impactar de manera significativa dos de los principales atributos del hábitat de especies silvestres como la cobertura vegetal y la disponibilidad del recuro hídrico.

1.6.1.2 Importancia de la cobertura vegetal

La cobertura vegetal cumple dos funciones importantes, la de proveer protección (cobertura de escape), ofreciendo visibilidad del hábitat como estrategia para evadir la depredación y como forraje (alimentación) (Alvarez-Cárdenas *et al.* 2009). La viabilidad de las poblaciones dependen de la disponibilidad, cantidad y calidad de la cobertura vegetal dentro del tamaño óptimo del hábitat (Rojo-Curiel *et al.* 2007), (Flores-Armillas *et al.* 2013), (SEMARNAT, 2010), el tamaño mínimo del hábitat para borrego cimarrón es de 88.52 km², 2.84 km² para venado bura y de 10.57 km² para venado cola blanca (Alvarez-Cárdenas *et al.* 2009).

1.6.1.3 Importancia de las fuentes de agua

Uno de los requerimientos básicos del hábitat para la fauna es la disponibilidad del recurso hídrico en distancia y cantidades, de acuerdo con registros reportados para venado bura la distancia máxima a cuerpos de agua es de 2.4 km² (Alcalá Galván & De La Cruz Roble 2007), con un consumo de dos a cuatro litros diarios; para venado cola blanca se reporta un distancia máxima de 1.6 km² a cuerpos de agua (Serra-Ortiz *et al.* 2008), y para borrego cimarrón se tienen registros de una distancia de 0.5 km² (Guerrero Cárdenas, 2003).

Se ha observado que el borrego cimarrón presenta varias adaptaciones para administrar el recurso hídrico (puede pasar largas temporadas sin beber, incluso meses), entre estas: recuperar agua de las heces, además de obtener agua de las plantas del desierto (SEMARNAT, 2010). Adaptaciones que se podrían ver aún más limitadas debido a los posibles escenarios de cambios en el clima proyectados para México (podría impedir procesos evolutivos que permitan la generación de nuevos rasgos físicos, en algunas especies, lo cual podría potenciar su supervivencia).

1.6.1.4 Disponibilidad del recurso

En relación con el estudio de evaluación del hábitat disponible del rancho El Plomito en 2008 efectuada por (Serra-Ortiz *et al.* 2008); el índice de disponibilidad del hábitat se consideró “alto”, esto debido a la disponibilidad de cobertura (alta) encontrando dos tipos de asociaciones vegetales: *Larrea-Franseria* y *Larrea-Simmondsia,* y disponibilidad de fuentes de agua (media) debido a la disponibilidad de fuentes permanentes de agua que se encuentran distribuidas en el PP, las cuales son necesarias para cubrir los requerimientos de agua de las especies durante todo el año (Solano-Cuellar *et al.* 2010).

Pese a disponer de un alto índice de hábitat, la reducción prevista en la precipitación anual, es probable que agrave la obtención del recurso hídrico, reduciendo la productividad de la vegetación en las tierras áridas. Sin embargo, el aumento de CO2 puede mejorar la eficiencia del uso del agua de las plantas, pero se puede presentar efectos negativos como

la reducción de la humedad del suelo, promoviendo una mayor competencia entre las plantas vasculares (Maestre *et al.* 2012).

1.6.2 El uso de escenarios futuros en el clima

En la última década se ha producido un avance muy importante en los métodos aplicados a la generación de modelos que predicen la distribución potencial de las especies, gracias a la amplia oferta de lenguajes de programación, la amplia difusión de información geoespacial y el desarrollo de las técnicas de sistemas de información geográfica (Scott *et al.* 2002). Sin embargo, son escasos los estudios orientados a la conservación de especies silvestres con potencial de aprovechamiento (López-Arévalo *et al.* 2011).

Existe una amplia gama de modelos de distribución de especies, sin embargo MaxEnt posee tres ventajas por sobre los otros *software*: primero, se requiere solo datos de presencia, versus otros modelos que requieren datos de presencia y ausencia; segundo, su consistente buen desempeño en comparación con otros 16 métodos similares, especialmente con un número pequeño de muestras y tercero, su disponibilidad gratuita (Elith *et al.* 2006). El uso de esta aplicación combinada con herramientas SIG ayuda en la generación de mapas de distribución actual y potencial de especies, lo que resulta fundamental tanto para evaluar el estado de conservación de las especies, como para evaluar potenciales sitios para desarrollar iniciativas de conservación y restauración (Morales 2012).

El CIAT & CCAFS recomienda el uso de datos correspondientes al Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), ya que estos son los más recientes. Estos datos incluyen alrededor de 25 Modelos Climáticos Globales (GCM, por sus siglas en inglés) para cuatro escenarios RCP (Representative Concentration Pathways, por sus siglas en inglés) y; cuatro períodos futuros (años 2030, 2050, 2070 y 2080). Estos escenarios se pueden implementar para la proyección de cambios climáticos, evaluando su impacto potencial. La diferencia entre estos datos y, los proporcionados por los GCM es que han sido optimizados para que sean útiles en las escalas más pequeñas.

Las técnicas de reducción de escala permiten a los investigadores obtener predicciones regionales y no globales del cambio climático, y de hecho, los métodos estadísticos, tales como el método delta que se utiliza con estos datos CMIP5 pueden llegar a resoluciones tan finas como de 1 km o menos.

Sin estas entradas de datos de alta resolución, la producción de instrumentos de evaluación precisos y accesibles para la planificación de la conservación, modelos de nicho, el modelado de cultivos o de seguimiento de la biodiversidad se vería obstaculizada en gran medida, si no imposible.

1.6.3 Los cérvidos de México

En México se distribuyen cuatro especies de cérvidos. La distribución del venado bura abarca los estados del Noroeste del país, la distribución del venado cola blanca es la más amplia de todos los cérvido, encontrándose en una variedad de ecosistemas, prefiriendo áreas boscosas no muy densamente arboladas, ocupando los siguientes tipos de vegetación: bosques templados y tropicales, pastizales templados, chaparrales, bosque tropical caducifolio, desiertos y matorral, el venado temazate, el venado temazate (*Mazama americana*) que se distribuye en las regiones tropicales húmedas y el venado *M. pandora* (Rojo-Curiel *et al.* 2007).

Las estadísticas sobre las especies manejadas indican que una alta proporción de UMA tiene centrada su atención en el manejo de especies de valor cinegético (Gallina-Tessaro *et al.* 2009), representando uno de los esquemas productivos mejor organizados actualmente en México (SEMARNAP, 2008).

1.6.3.1 Borrego cimarrón *(Ovis canadensis mexicana)*

El borrego cimarrón, habita en el estado de Sonora proveniente del desierto El Pinacate, esta especie es considerada en la NOM-059-ECOL-1994, bajo la categoría de “Protección Especial”, esto implica que no está vedada, pero su aprovechamiento está sujeto a condiciones que garanticen su continuidad. Su distribución está asociada con las zonas áridas y montañosas. Actualmente, las poblaciones ocupan un 4% del área de distribución histórica (SEMARNAT, 2010).

Los principales componentes del hábitat en orden de importancia para esta especie son topografía, siendo la topografía, la que explica la mayor parte de la variación relacionada con la protección al ambiente y depredadores (Saavedra *et al.* 1999); la vegetación, por su parte, proporciona protección y forraje, así como la visibilidad que ofrece el hábitat, aspecto fundamental en la estrategia para evadir la depredación (Alvarez-Cárdenas *et al.* 2009); el clima, buscando sitios elevados y cubiertos donde el microclima es más fresco y; fuentes de agua, permaneciendo en un rango que varía de uno a 5 km² (SEMARNAT, 2010).

Otra característica importante del hábitat, es el tamaño, el cual debe ser adecuado, para la expansión potencial de las poblaciones (Saavedra *et al.* 1999) de 88.52 km² para machos y 18.67 km² en hembras (INE y DGVS, 2000).

Esta especie representa un caso peculiar de adaptación al medio, ya que su distribución en las regiones áridas y montañosas está asociada con actividades conductuales de acuerdo con la estacionalidad del año, pasando la mayor parte de su vida en una misma zona y, su ámbito hogareño se halla en relación con la disponibilidad de fuentes de agua y alimento (SEMARNAT, 2010).

De acuerdo con el estudio para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón en México, este presentó un aumento en el consumo de pastos identificando las especies *Muhlembergia sp*., *Panicum sp.* y *Aristida sp*.; las leguminosas y hierbas durante la primavera, en tanto que el uso de arbustos se incrementa en el otoño e invierno, además, durante el otoño es mayor el consumo de cactáceas (SEMARNAT, 2010).

Depredadores y competidores

En general, la depredación no es un factor que afecte fuertemente el número poblacional, ya que ocurre de manera ocasional; sin embargo, es un factor de presión importante cuando se presenta en poblaciones reducidas. El depredador más peligroso para esta especie es el puma (*Puma concolor*), pues hace presa tanto de crías y jóvenes como de adultos, lo que está en relación con la preferencia del borrego cimarrón por los sitios escarpados, inaccesibles y de amplia visibilidad que le permitan escapar fácilmente (SEMARNAT, 2010).

1.6.3.2 Venado bura (*Odocoileus hemionus*)

El venado bura (*Odocoileus hemionus*), actualmente ha desaparecido de gran parte de su distribución histórica y diversas poblaciones parecen encontrarse en parches geográficos aislados de varios estados del Norte del país, principalmente existen registros en los estados de Baja California y Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas y tal vez en el Norte de San Luis Potosí (Aranda, 2000), el mayor espacio de distribución está representado por *O. h. eremicus*, en poblaciones aisladas, prefiriendo hábitats abiertos y con poca cubierta vegetal, frecuentando zonas húmedas, como los mogotes de mezquite (Solano-Cuellar *et al.* 2010).

En cuanto al proceso de dispersión, reportes indican que pueden llegar a dispersarse entre 97 km² y 217 km² dependiendo de la densidad de la población y la disponibilidad de alimento (López-González, C. A. *et al.* 2012). El tamaño promedio del ámbito hogareño en ambientes áridos y pastizales del Norte de México debe ser parecido a los venados que habitan (López-González *et al.* 2012) en el Sureste de Arizona es de 121 km² –172 km², (Alcalá Galván & Cruz Robles 2007)

Aun cuando es una especie adaptada a climas xéricos, requiere de fuentes de agua la mayor parte del año (Solano-Cuellar *et al.* 2010), y las poblaciones están influenciadas por la calidad de sus requerimientos nutricionales (Gallina-Tessaro 2001). La competencia por los recursos alimento, agua y sombra con el ganado y la cacería de subsistencia son factores determinantes de la distribución y abundancia (Solano-Cuellar *et al.* 2010).

1.6.3.3 Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)

El venado cola blanca (*O. virginianus*) se distribuye prácticamente en todo el territorio nacional exceptuando la Península de Baja California. Esta amplia distribución, habla de la gran capacidad de adaptabilidad de esta especie a una gran variedad de hábitats, tipos de vegetación y condiciones climáticas (Aranda, 2000). En los patrones de distribución es importante considerar los cambios climáticos estacionales de cada región (Rojo-Curiel *et al.* 2007).

Los requerimientos básicos de hábitat para la supervivencia, crecimiento y reproducción de venado cola blanca son, cobertura vegetal para alimento y protección, ámbito hogareño y fuentes de agua (Flores-amarillas *et al.* 2013), (Fulbright & Ortega-Santos 2007). Su dieta depende en gran medida de su distribución, por lo que presenta una gran adaptabilidad a los diferentes recursos que encuentra; además, se ha observado en las regiones del Norte de México, preferencia por el nopal (*Opuntia* sp.), mezquite (*Prosopis* sp.), frutos de encino (*Quercus* sp.) y especies cultivadas de fríjol, chile o maíz, sin embargo el margen de especies de las que se alimenta es muy amplio (Rojo-Curiel *et al.* 2007).

A pesar de que México dispone de información sobre esta especie, en cuanto a estudios de ámbito hogareño, en los ambientes áridos no se tiene información. El ámbito hogareño promedio para machos es de 5.1 km² para las hembras y de 10 km² para los machos (López-González *et al.* 2010), (Flores –Amarillas *et al.* 2013). Para sostener poblaciones mínimas viables de 500 venados se requiere un área mínima critica de 1,667 a 50,000 has y de 16,670 a 500,000 has. Para sostener a poblaciones viables a largo plazo de 5,000 venados. (Mandujano & González Zamora 2009).

1.6.4 Estrategias de conservación para la biodiversidad

Con frecuencia, se pasa por alto el papel que juega la naturaleza en la lucha contra el cambio climático, realizando esfuerzos de conservación enfocados solamente a la protección de las especies amenazadas; olvidándonos que al conservar, restaurar y manejar los ecosistemas, reducimos su vulnerabilidad y aumentamos su resiliencia, constituyendo así, una estrategia importante y rentable en nuestra lucha contra el cambio climático (SEMA, 2013). La Estrategia Mundial para la Conservación hace énfasis en la complementariedad entre conservación y desarrollo. Sin conservación de recursos renovables y no renovables, no puede ocurrir un desarrollo equilibrado, dando como resultado riesgos de inestabilidad económica y social. El impacto entre la interacción de las variables ecológicas (ecosistema), sociológicas y tecnológicas no será solamente en la productividad a largo plazo del ecosistema, sino también en la calidad del ambiente. Por lo tanto, se requiere que exista compatibilidad (Ocaña *et al.* 1986)

Las estrategias de conservación para la biodiversidad implementadas en México, se podría definir en dos grandes líneas: 1) El establecimiento y operación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); y 2). La implementación y operación del Programa de

Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural (PCVS), cuyo eje fundamental es la operación del SUMA a cargo de la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) de la SEMARNAT (Alarcón & Galán S/F). Las ANP tienen como principios básicos la protección de la biodiversidad y la representatividad de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y continúa produciendo beneficios ecológicos, cada vez más reconocidos y valorados (CONANP, 2011), el papel que tienen las ANP en colaboración con instituciones de investigación y universidades para generar información biológica de los venados en México ha sido de gran relevancia para el manejo y conservación de las especies de cérvidos (Gallina *et al.* 2007); mientras que el objetivo del PCVS es la operación del SUMA, enfocadas principalmente a frenar y revertir las tendencias del deterioro ambiental y la pérdida de la riqueza biológica, de manera entrelazada con la conservación de grandes extensiones de hábitat para las especies de vida silvestre (Alarcón & Galán S/F). Siendo la fragmentación de los ecosistemas (como un paisaje de parches aislados), hacen que los esquemas de conservación y aprovechamiento de las UMA, representen un reto para la planeación y manejo adaptativo (Rafael 2008).

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) establece como objetivo de la CONAFOR desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de protección, conservación y restauración, que son consideradas por esta legislación como un área prioritaria del desarrollo nacional (CONAFOR, 2009). Los diferentes programas que han atendido en los últimos años se han orientado a detener la pérdida de suelos, mejorar la calidad de suelos áridos, realizar plantaciones de arbustos y árboles que sirvan de fijación y reestablezcan la fertilidad del suelo, cavar surcos en el terreno que conserven el agua de lluvia y atrapen las semillas que transporta el viento, y realizar el uso más eficiente de los recursos hídricos (SAGARPA, 2015)

1.6.5 Caracterización del Predio Particular UMA rancho El Plomito

1.6.5.1 Ubicación geográfica

El Predio Particular (PP) denominado "rancho El Plomito", en el estado de Sonora, México, comprende la porción Oeste de la Sierra El Viejo, entre los 30° 12' 00" y los 30° 20' 00" de latitud Norte y los 112° 18' 00’’ y los 112° 22' 00" de longitud Oeste, a 70 km² al Sur de la Ciudad de Caborca, Sonora, tramo Caborca-Puerto Libertad en el Municipio de Pitiquito, Sonora (Figura 1).

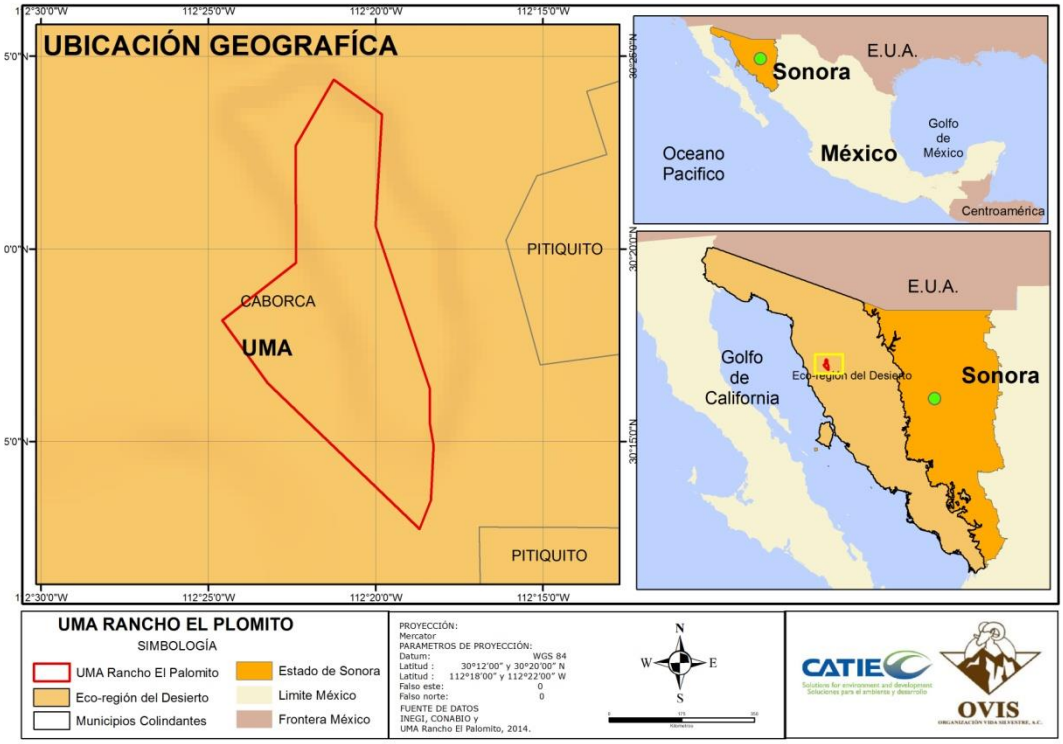

Figura 1. Ubicación geográfica PP UMA rancho El Plomito, Sonora, México.

Cabe mencionar que dentro, y en los alrededores del PP rancho El Plomito, no existe asentamiento humano alguno. De acuerdo con el censo de poblaciones 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se contabilizó un total de tres habitantes, el mismo número de personas que actualmente laboran en el sitio.

El PP rancho El Plomito, anualmente realiza una serie de informes ante la SEMARNAT, donde se reporta las actividades realizadas; en estos informes se hace referencia a retiro de cableado, vigilancia permanente, mantenimiento de letreros y bebederos, así como del suministro de suplemento alimenticio. También, se tiene un registro de la infraestructura disponible en el rancho como equipo de radiocomunicaciones, automóvil, planta de energía, sistema de bombeo para el agua, etc. (Anexo b). En mayo de 2015 se llevó a cabo la verificación de esta información con una visita de campo, en el cual se realizó el reconocimiento del área, identificando un total de cuatro sitios de bebederos y saladeros, de los cuales cinco estaban con escaza agua y/o sucia, y los saladeros con poco alimento (pastura, churrito) seco y dos presones (captación de agua de lluvia) los cuales se encontraban secos en el momento del recorrido; sin embargo, personal de la UMA mencionó que estos no realizan un buen desempeño (Anexo c); se corroboró la ausencia de cableado dentro de la UMA, así como la vigilancia constante por parte del personal durante los recorridos diarios que se realizan, en cuanto a infraestructura se identificó la necesidad de cambiar el radio, ya que es el único medio de comunicación debido al alcance y señal en el área, infraestructura para botiquín de emergencias (uno para el personal y otro para los

cazadores en temporada), equipo de trabajo adecuado para las condiciones climáticas del lugar, etc.

1.6.5.2 Caracterización biológica

En el PP se han realizado un total de siete trabajos de investigación de los cuales se ha generado información referente a la composición florística y faunística del área, evaluación del hábitat de las especies sujetas al aprovechamiento, dieta de puma, estimación de las densidades de población.

Flora

El matorral desértico micrófilo agrupa aquellas comunidades en las que la vegetación corresponde a arbustos de hoja o folíolo pequeño, las cuales ocupan la mayor parte de la extensión de las regiones áridas de México. En el análisis preliminar de la vegetación del rancho El Plomito, Caborca, Sonora (1996), se identificaron 56 especies vegetales, constituyendo los arbustos el 78.56% (55.35% plantas leñosas y 23.21 % plantas suculentas), 14.28% las herbáceas y el 7.14% los pastos (Anexo h). La dominancia de árboles y vegetación suculenta se atribuye a la viabilidad de humedad, encontrando especies como palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium microphyllum*), sahuaro (*Carnegiea gigantea*) y mezquite (*Prosopis sp*.).

Fauna

La Tabla 1 muestra un resumen con los resultados del inventario de mamíferos presentes en el rancho El Plomito, en el cual se puede observar un total de 115 especies entre mamíferos (21), aves (65), anfibios (3) y reptiles (26), para más detalle del listado de especies resultante del inventario ver Anexo i.

Tabla 1. Resumen de la fauna presente en la UMA rancho El Plomito, Sonora, México.

Fauna	**Mamíferos**	**Aves**	**Anfibios**	**Reptiles**	**Total**
Num. Ssp.	21	65	3	26	115

Fuente: UMA rancho El Plomito 2014

Plagas y enfermedades

En cuanto a sanidad, El Plomito no ha reportado la presencia de problemas sanitarios de ninguna índole, además se mantiene un estricto monitoreo de las especies para prevenir y evitar la propagación de alguna enfermedad (Informe anual UMA rancho El Plomito, 2014-2015).

Estado poblacional de las especies 2014

La UMA rancho El Plomito efectúa el censo de poblaciones cada año, referente a ello para el año 2014 se estimaron las siguientes densidades: 66 venados cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*), de los cuales 21 son machos, 34 son hembras, 11 son crías; 70 venados buras (*Odocoileus hemionus eremicus*), de los cuales 27 son machos, 35 son hembras, 17 son crías; 126 Borregos (*Ovis canadensis mexicana*), de los cuales 33 son machos, 49 son hembras, 26 son crías y 18 juveniles.

1.6.5.3 Aspecto político- institucional

De acuerdo con la clave de registro ante la DGVS de la SEMARNAT "DGVS-CR-IN-830-SON/04" la UMA rancho El Plomito está bajo tipo de manejo "intensivo", entendiendo por manejo intensivo "aquel que se realiza sobre ejemplares o poblaciones de especies silvestres en condiciones de cautiverio o confinamiento" (D.O.F. 2000).

Sectores y subsectores

Se identificó un total de ocho sectores y treinta y tres subsectores que están vinculados de manera directa e indirecta al tema de vida silvestre, cambio climático y objetivos de manejo y conservación de especies silvestres. Los ocho sectores vinculados a la temática son: sector ambiental, sector agricultura y ganadería, sector forestal, sector hidráulico, sector académico, sector político y sector privado.

De los ocho sectores mencionados el sector ambiental, forestal, académico y político son los que cobran mayor relevancia en cuanto a temas de conservación y restauración de los ecosistemas, manejo sustentable de las especies y temas de cambio climático.

Actores clave afines a los objetivos de aprovechamiento y conservación de la UMA

En relación con los sectores identificados y con ayuda del documento técnico, se observa doce partes interesadas (actores clave) que están trabajando activamente en temas pertinentes, con un total de veinticinco programas (vigentes a la fecha), de los cuales se pueden obtener fondos (económicos) para su financiamiento y viabilidad. Siendo SEMARNAT, CONANP, CONAZA, CONABIO y CONAFOR las dependencias gubernamentales a nivel nacional con mayor incidencia en temas de conservación de las especies de vida silvestre y ecosistemas; la SAGARPA y PROFEPA de igual manera mantienen programas afines, pero con una menor incidencia. La SEMARNAT y CONANP mantienen convenios de colaboración con agencias internacionales como GIS y AECID (Figura 2).

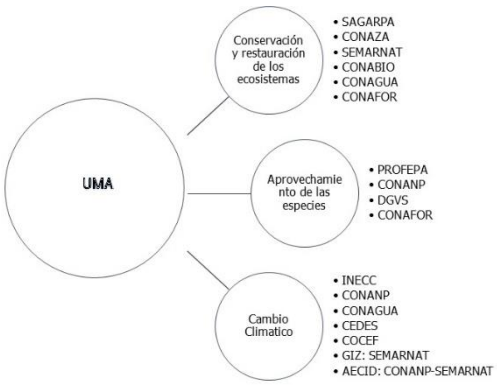

Figura 2. Esquema de actores claves para la UMA

1.6.5.4 Potencialidades, limitaciones y problemas

En la Tabla 2 se presenta un resumen del análisis de potencialidades, limitaciones y problemas del PP, identificando cuatro grandes áreas. En cuanto a potencialidades el PP cuenta con una serie de fortalezas y oportunidades como la cacería deportiva, resultando económicamente rentable, contando con incentivos por parte de gobierno federal para el establecimiento de UMA's; sistema físico-ambiental, cuenta con diversidad de flora y fauna nativa y se encuentra dentro de un área prioritaria de conservación; infraestructura, la infraestructura de bebederos actualmente es la más tecnificada en México para estas zonas; sin embargo, no se realiza prácticas de conservación del hábitat; en cuanto a aspectos institucionales, el gobierno federal cuenta con programas sólidos a través de sus instancias tanto como para temas de cambio climático, vida silvestre y tierras áridas.

Tabla 2. Resumen de la matriz de potencialidades, limitaciones y problemas del PP rancho El Plomito.

Área	Potencialidades	Limitaciones	Problemas
Económica	Incentivos de OG y ONG Programas de conservación	Escaso instrumentos de fomento (falta de cultura) Bajos precios de comercialización	Baja cultura asociativa Programas e inventivos obsoletos Tecnología obsoleta
Sistema físico-natural	Ubicación estratégica para la conservación	Rasgos climáticos por temporalidad para las especies	Falta de coordinación y planificación
Infraestructura	Difusión de información	Tarifas elevadas	Bajo nivel de capacitación
Aspectos institucionales	Existencia de planes de manejo y aprovechamiento	Planes de manejo sin ejecutar	Bajo nivel de coordinación institucional

1.7 Principales resultados

1.7.1 Modelo de distribución potencial

Validación del modelo y análisis estadístico de las variables ambientales

El desempeño que muestran los MDP generados en MaxEnt, para un periodo de 35 años aproximadamente, bajo el escenario RCP 8.5, para borrego cimarrón y venado bura se considera "bueno", con una probabilidad del 81.2 y 78.2 % respectivamente; mientras que el MDP generado para el venado cola blanca demostró un desempeño "regular", con una probabilidad del 67.5 %, esto para predecir cambios futuros en su distribución derivados de cambios en el clima. En la Tabla 3 se muestra los resultados del análisis de las variables ambientales altamente correlacionadas, de mayor contribución generadas en MaxEnt en base al ACP de las veinticuatro variables.

Tabla 3. Resultados de las variables más importantes en el ACP para la distribución de las especies.

Especie		BC		VB			VCB	
Especie	ACP / % Contribución MaxEnt	eprec_6	etmax_5	ebio_14	ebio_17	eprec_3	ebio_9	eprec_4
		15.70%	22.20%	18.90%	16%	24.20%	5.30%	24.90%
BC	ebio_15	1	1					
	eprec_10	1	1					
	etmax_1		1					
VB	ebio_10			1	1	1	1	
	eprec_1					-0.86		
VCB	eprec_11							1
	eprec_12							-0.86

Las variables ambientales que influyeron de manera significativa en la calidad del hábitat para las especies fueron en el caso del borrego cimarrón la precipitación y temperatura máxima correspondientes a la temporalidad de verano (mayo - octubre), para el venado bura las variables precipitación y temperatura del periodo más seco (marzo-abril-mayo) y, para el venado cola blanca la precipitación correspondiente a la temporalidad fría (noviembre-febrero) fue la variable más significativa para definir la calidad del hábitat de la especie.

Evaluación del impacto potencial

Índice de Calidad del Hábitat (ICH)

Los modelos sugieren una degradación significativa en la calidad del hábitat para el año 2050 en las tres especies, observando esta reducción dentro de la UMA en una orientación de Oeste-Este y dentro de sus rangos máximos de desplazamiento y a nivel paisajístico de Norte a Sur, presentando la operación de UMA´s en una mayor proporción en la región Sur de la UMA El Plomito. El borrego cimarrón presenta una degradación del hábitat alarmante en la actualidad, por lo que los esfuerzos para garantizar su permanencia en el sitio deberán reforzarse; la calidad del hábitat para venado bura presentó una degradación significativa

en un 55.26 % dentro de la UMA El Plomito y; el venado bura fue la especie que se observó menos afectada por efectos de cambios en el clima al año 2050, presentando una degradación de buena calidad a pobre en un 40.79% de la superficie total de la UMA.

Fuentes de agua

En relación con la presencia de fuentes agua disponibles para venado bura y venado cola blanca, estas se encuentran dentro de los radios máximos reportados por (Alcalá Galván y De La Cruz Roble 2007) y (Serra-Ortiz *et al.* 2008), en cuanto al borrego cimarrón este podría verse amenazado al no disponer de alguna fuente de agua a su alcance (Guerrero Cárdenas 2003). En la Tabla 4 se muestra la distancia mínima y máxima a fuentes de agua (natural y/o artificial) registrada para cada una de las especies respecto a la presencia actual.

Tabla 4. Registro de distancia mínima y máxima a fuentes de agua.

Especie	Registro de distancia	
	Minima	Máxima
Borrego cimarrón	1.64	29.46
Venado bura	0.22	8.22
Venado cola blanca	0.17	1.59

*Distancia en kilómetros (km)

En cuanto a la capacidad de la UMA para almacenar actualmente el recurso hídrico mediante estanques instalados para cada bebedero es de 320 Lt./día. En proporción al número de individuos por especie, registrados en el censo de poblaciones 2014 de la UMA, se puede observar que este requerimiento básico, del consumo de agua diario es cubierto en su totalidad. La Tabla 5 muestra el cálculo de litros al día requeridos por las especies y el número de individuos que se podría abastecer con la cantidad de agua almacenada en la UMA.

Tabla 5. Consumo de agua en litros al día por unidad animal.

Especie	Censo 2014	Consumo lt/día	Posibles # individuos abastecido	Lt./día requeridos
Borrego cimarrón	126	No hay registro	-	-
Venado bura	70	1.7	188	119
Venado cola blanca	66	2	160	132
Recuros compartido	136			251

Cobertura vegetal

En relación con las nuevas áreas de distribución para cada una de las especies, se pudo observar que la cobertura vegetal (Tabla 6) con que disponen actualmente el borrego cimarrón y el venado cola blanca resulta insuficiente para mantener poblaciones mínimas viables, esto de acuerdo con lo reportado por Saavedra *et al.* (1999), (Serra Ortiz *et al.* 2008), (Alcalá Galván & de la Cruz Roble 2007); en cuanto al venado bura la cobertura vegetal actual es suficiente para su viabilidad y permanencia dentro del ecosistema (Álvarez-Romero, J & R. A. Medellín, 2005), (Alcalá-Galván, 2005).

Tabla 6. Superficies cobertura vegetal y caminos.

Descripción/ Especie	Sup. Rangos desplazamiento			Sup. UMA		
	BC	VCB	VB	BC	VCB	VB
Cobertura arbórea	0.7	4.27	82.99	0	2.72	1.97
Cobertura arbórea total	2977.90			2.86		

*** BC (Borrego Cimarrón), VB (Venado Bura) y VCB (Venado Cola Blanca)**

*** La superficie esta en kilómetros cuadrados km²**

Unidades de conservación

Al sobreponer las unidades de conservación (UMA's) y ANP a las nuevas áreas de distribución de las especies, encontramos que estas se redujeron en una orientación de Oeste-Este dentro del PP y de Norte a Sur dentro de los rangos máximos de desplazamiento y a nivel paisajístico; observando en la región Norte del PP un mayor número de UMA´s concentradas realizando mismas actividades cinegéticas.

Estrategias de adaptación

Las estrategias de adaptación que se plantean, permiten a las especies adaptarse a efectos de cambios en el clima, mejorar la calidad del hábitat, proporcionando a la ves servicios de regulación, provisión y de soporte, mediante obras de restauración como: zanja-bordo, zanja trinchera, plantaciones, cortinas rompe-viento y presas filtrantes. La Tabla 7Tabla 18 muestra el tipo de obra y los servicios que estas proveen, ejemplificados con casos de estudio donde se han llevado a cabo este tipo de obras y prácticas de conservación con éxito para la restauración del ecosistema y beneficio de la fauna.

Tabla 7. Estrategias de adaptación

Obras/ Estrategia	Servicios de regulación: clima y flujo de agua	Provisión: agua y biomasa	Soporte: formación de suelo y reciclaje de nutrientes	Casos
Zanja-bordo	Interceptar los escurrimientos superficiales, favorecer la infiltración del agua al subsue-lo	Captar agua para la implantación exitosa de árboles frutales o forestales.	Atenuar las condiciones que propician erosión hídrica	Nicaragua y Chile, donde se realizaron zanjas con plantaciones nativas para el control de la erosión y sobrevivencia de plantas, permitiendo incrementar el contenido orgánico del suelo y su fertilidad (Pizarro Tapia et al. 2008 y Gómez A.A. 2015)
Zanja-trinchera				
Plantaciones	Garantiza la disponibilidad de agua, favorece la infiltración de agua al manto freático.	mejora la densidad de población y contribuye a la conservación de la diversidad genética	Disminuye los riesgos de erosión del suelo	Marruecos y Perú, donde la expansión de los desiertos se puede detener con plantaciones de alta densidad de variedades de especies nativas, teniendo como resultado un cambio en la composición el suelo, reduciendo el avance de la erosión, incrementando la vegetación sin la necesidad de grandes cantidades de agua, transformando el paisaje (Stadler-Kaulich N. 2015 y Gundlach Mabel 2013).
Cortinas rompevientos	Atenúa o nulifica la intensidad del viento, conservar la humedad y mejorar la estética del paisaje			
Presas filtrantes de: gaviones y/o piedra acomodada	Favorece la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos		Controlan la erosión en cárcavas, captura de sedimentos (retienen el suelo y la materia orgánica).	El corredor seco de Nicaragua se aplicó cosechas de agua, para la protección de fuentes de agua. Como resultado se mejoró la disponibilidad de agua para los animales (Gomez A.A. 2015). Y Manejo de recursos hídricos a través de cosecha de agua, implementando tajamares y sistema de distribución, para el manejo de especies silvestres (flora y fauna)en Bolivia (Bragaysac E. 2015).

Fuente de obras: SAGARPA (2015)

1.8 *Principales conclusiones*

Los modelos sugieren una degradación significativa en la calidad del hábitat para las tres especies sujetas a manejo en la región del desierto sonorense para el año 2050 debido a cambios en el clima, observando esta reducción en una orientación de Oeste-Este dentro de la UMA y de Norte a sur dentro de sus rangos máximos de desplazamiento y a nivel paisajístico, localizando la operación de una mayor proporción de UMAs en una orientación Sur a partir de la UMA.

La estrategia de adaptación a cambios en el clima para borrego cimarron, venado bura y venado cola blanca, están dirigidas a la regulación del clima, provisión y soporte, mediante obras de conservación de suelo, captación de agua y plantaciones nativas.

Literatura citada

Alcalá Galván, C.H.; de la Cruz Roble, s.E. 2007. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL HÁBITAT DEL VENADO BURA (Odocoileus hemionus eremicus) EN EL DESIERTO SONORENSE. Instituto Nacional de Ecología (INECC): 11.

Alvarez-Cárdenas, S.; Galina-Tessaro, P.; Díaz-Castro, S.; Guerrero-Cárdenas, I.; Castellanos-Vera, A.; Mesa-Zavala, E. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. Tropical Conservation Science 2(2).

Araújo, M.; Guilhaumon, F.; Neto, D.; Pozo, I.; Calmaestra, R. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2 Fauna de vertebrados. Dirección general de medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

Arribas, P.; Abellán, P.; Velasco, J.; Bilton, D.T.; Lobo, J.M.; Millán, A.; Sánchez-Fernández, D. 2012. La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. Revista Ecosistemas 21(3): 79-84.

Conde-Álvarez, C.; Saldaña-Zorrilla, S. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Ambiente y desarrollo 23(2): 23-30.

Delfín-Alfonso, C.A.; Gallina, S.; López-González, C.A. 2009. Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. Tropical Conservation Science 2(2): 215-228.

DOF, D.O.d.l.F. Plan Estrategico de Cambio Climático 2014-2018 (PECC) Diario Oficial de la Federación. México. 2014.

Ezcurra, E.P., Eduardo; Burquez, Alberto. 2007. Los desiertos de Sonora y Baja California México. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/artnopubli/368/asilvestres.html

Flores-Armillas, V.H.; Botello, F.; Sánchez-Cordero, V.; García-Barrios, R.l.; Jaramillo, F.; Gallina-Tessaro, S. 2013. Caracterización del hábitat del venado cola blanca (Odocoileus virginianus mexicanus) en los bosques templados del Corredor Biológico Chichinautzin y modelación de su hábitat potencial en Eje Transvolcánico Mexicano. THERYA 4(2): 377-393.

Gallina-Tessaro, S. 2001. EL VENADO BURA DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE. Instituto de Ecologia A.C. (6): 84.

Gallina-Tessaro, S.A.; Hernández-Huerta, A.; Alejandro, C.; Delfín-Alfonso; González-Gallina, A. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. 10.

Gallina, S.; Mandujano, S.; Delfin-Alfonso, C.A.; Halffter, G.; Guevara, S.; Melic, A. 2007. Importancia de las áreas naturales protegidas para conservar y generar conocimiento biológico de las especies de venados en México. Hacia una Cultura de Conservación de la Biodiversidad Biológica: 187-196.

GUERRERO CÁRDENAS, I.; TOVAR ZAMORA, I.; ÁLVAREZ CÁRDENAS, S. 2003. Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón, Ovis canadiensis weemsi, en la Sierra del Mechudo, BCS, México. Anales del Instituto de Biología serie Zoología 74(001).

INE, I.N.d.E. 2007. Reserva de la biosfera el pinacate y gran desierto de altar. México. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/2/pinacate.html

Maestre, F.T.; Salguero-Gómez, R.; Quero, J.L. 2012. It is getting hotter in here: determining and projecting the impacts of global environmental change on drylands. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 367(1606): 3062-3075.

Marquet, P.; Labra, F.; Abades, S.; Cavieres, L. 2011. Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile.

MORALES, N. 2012. Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en Conservación. Revista Conservación Ambiental 2(1).

Ocaña, C.L.; Andre, F.; Engel, M.V.A.; Torres, J.; Okamoto, V.I.; Gutiérrez, B.O.E. 1986. ZONAS ÁRIDAS.

Rafael, R.d.B. 2008. La estrategia de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán.

Rojas, G.S.; Gallina, S. 2007. Metapoblaciones, el reto en la biología de la conservación: el caso del venado bura en el Bolsón de Mapimí. Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos: 115.

Rojo-Curiel, A.; Cruz, J.; Solano, G.; Hernández, R. 2007. Plan de manejo tipo de venado cola blanca en zonas templadas y tropicales en México. DGVS, SEMARNAT, México. DF.

Saavedra, E.E.L.; Lee, R.M.; James, C.; VOS, R.E. 1999. Relación uso-disponibilidad de componentes topográficos y un modelo de calidad del hábitat para el borrego cimarrón, en Sonora, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) (076): 17-34.

SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, R.N.y.P. 2000. Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (Ovis canadensis) en México.

Serra-Ortiz, M.A.; González-Saldivar, F.N.; Cantú-Ayala, C.; Guevara-González, J.; Picón-Rubio, F. 2008. Evaluación del hábitat disponible para dos especies de cérvidos en el noroeste de México. REVISTA MEXICANA DE MASTOZOOLOGÍA (Nueva Época) 12(1): 43-58.

WALTER A, S.-Z., LEONARDO A. RÍOS-OSORIO & JAVIER ÁLVAREZ-DEL CASTILLO. 2012. Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. Asociación Argentina de Ecología: 6.

Yañez-Arenas, C.; Mandujano, S.; Martínez-Meyer, E.; Pérez-Arteaga, A.; González-Zamora, A. 2012. Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México. THERYA 3(1): 67-79.

CAPÍTULO II

ARTÍCULO I

Estrategias de adaptación al cambio climático, para un manejo adecuado de especies con potencial de aprovechamiento cinegético en la UMA El Plomito Sonora, México.

Resumen

Se propone un nueva metodología como herramienta que permite identificar líneas de acción para mantener aptitudes del hábitat, contemplando variables ambientales en el tiempo, así como para documentar de forma rápida y con un mínimo de datos, la calidad y cantidad de hábitat potencial disponible para el manejo de especies silvestres con potencial de aprovechamiento cinegético como el borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca, en la UMA El Plomito, Sonora, México. Los resultados obtenidos mostraron una degradación significativa en la calidad del hábitat para borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca para el año 2050 en la UMA El Plomito por efectos de cambios en el clima, sin embargo, otro factor que podría estar influyendo en la degradación del hábitat es la falta de planificación en el manejo del recurso hídrico, ya que los datos observados muestran un excedente en el almacenamiento del recurso, de acuerdo a las necesidades de las especies; las líneas de acción propuestas nos permiten prepararnos de manera anticipada a efectos de cambios en el clima, logrando mantener el aptitud del hábitat para las especies y, a la ves obtener el beneficio de servicios de regulación, provisión y de soporte, mediante obras y prácticas de restauración y conservación de suelo, captación de agua y plantaciones, fortaleciendo la conectividad y permeabilidad del territorio.

Palabras claves: Borrego cimarrón, Venado bura, Venado cola blanca, Calidad del hábitat, Agua, Vegetación, Conservación, Aprovechamiento, UMA.

Abstract

The author proposes a new methodology for the identification of stratified adaptacion strategies that consider, considering environmental variables in time, as well as to record in a timely manner and with a minimum set of data, the quality and quantity of available potential habitat for the management of wild species with a potential for hunting, such as bighorn sheep, mule deer, and white-tailed deer, in UMA El Plomito, Sonora, Mexico. The results indicate that by 2050 the habitat for the bighorn sheep, the mule deer and the white-tailed deer within UMA El Plomito, will be significantly deteriorated as a result of climate change; another important factor that might be influencing such deterioration is the absence of planning in handling hydrological resources, as the data observed show a storage surplus of said resource, in relation to the species needs; the proposed strategies allow us to be prepared for the effects of climate changes, thus being able to maintain the suitability of the

habitat for the species, and at the same time obtain the benefit of regulation, provision and support ecosystem services, through practices, of soil restoration and conservation, water harvesting and planting, strengthening the connectivity and permeability of the area.

Introducción

El manejo y aprovechamiento de cérvidos en México, ha sido realizado desde las culturas prehispánicas formando parte de actividades culturales y religiosas, así como de alimentación (SEMARNAT 2010). Las estadísticas sobre las especies manejadas indican que una alta proporción de UMA´s tiene centrada su atención en el manejo de especies de valor cinegético (Gallina-Tessaro *et al.* 2009), representando uno de los esquemas productivos de conservación y aprovechamiento de la vida silvestre mejor organizados en la actualidad (SEMARNAP 2008).

El desierto de Sonora es un área silvestre binacional, que, desafortunadamente, enfrenta una serie de amenazas ambientales cada vez más graves (Ezcurra 2007, INE 2007), siendo uno de los paisajes más frágiles y susceptibles al cambio climático (INE 2007). En la actualidad las áreas de distribución de las poblaciones de ungulados como borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca han disminuido notablemente (Gallina *et al.* 2007), debido a un conjunto complejo de causas, tanto naturales como antropogénicas (Gutiérrez & Trejo 2014).

Por ello, la creciente preocupación de especies silvestres se ha centrado en el término de uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (SEMARNAT 2010, Rojo-Curiel *et al.* (2007), siendo importante conocer sus áreas de distribución y el efecto que tiene el cambio climático sobre estas, para el desarrollo de estrategias adecuadas para su conservación y aprovechamiento sustentable al (Yañez-Arenas *et al.* 2012, Gallina *et al.* 2007).

Considerando que la evaluación del hábitat es una de las fases más importantes en el manejo de la fauna y, la aportación de los modelos predictivos como herramienta para explorar temas de conservación biológica y la investigación de cambio climático; dichas interacciones pueden resultar sumamente valioso para generar información de especies de las cuales no existen datos en áreas pequeñas (Flores-Armillas *et al.* 2013); la importancia de este artículo radica en presentar una nueva metodología que permite llenar vacíos de información que han limitado el desarrollo de estrategias de conservación sustentable, en un contexto de cambio climático, evaluando de manera cuantitativa y cualitativa el impacto generado en la calidad del hábitat por alteraciones del clima en el tiempo y, atributos importantes que constituyen el hábitat de las especies; esto debido a que actualmente los planes de manejo no consideran cambios en el clima para establecer e implementar estrategias de conservación de la biodiversidad, considerando únicamente planes de desarrollo social y la utilización sostenible de los recursos naturales, como medios para garantizar su permanencia (Pezoa 2001).

Área de estudio

El área de estudio corresponde al predio particular denominado "rancho El Plomito", en el estado de Sonora, México (Figura 3), entre los 30° 12' 00" y los 30° 20' 00" de latitud Norte y los 112° 18' 00’’ y los 112° 22' 00" de longitud Oeste, a 70 km² al Sur de la Ciudad de Caborca, Sonora, cubre una superficie de 10,375 ha.

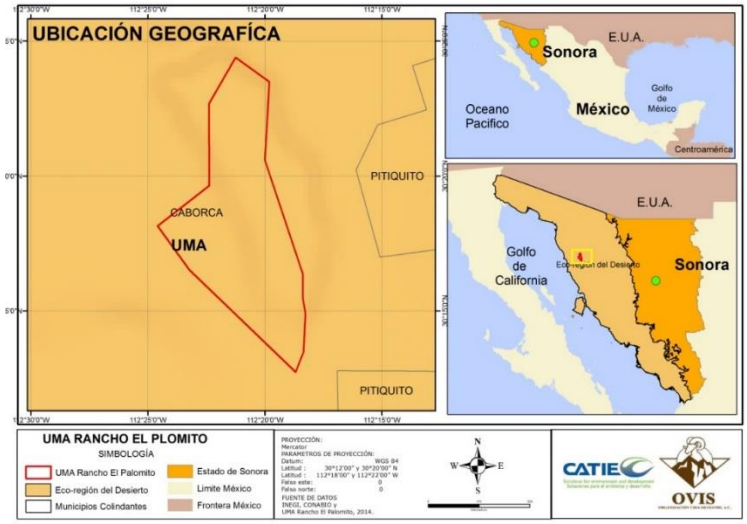

Figura 3. Ubicación geográfica PP rancho El Plomito, Sonora, México.

Método

Modelo de Distribución Potencial

Se efectuó un Modelo de Distribución Potencial (MDP) bajo el escenario RCP 8.5 año 2050 (Ramirez & Jarvis 2008.) para tres especies silvestres: borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca, mediante el uso del *software* MaxEnt (Phillips *et al.* 2010) debido a que este ha presentado un buen desempeño en comparación de otros 16 modelos similares de Máxima Entropia (Elith *et al.* 2006, Morales 2012). Para generar el MD de las tres especies en MaxEnt, fue necesario contar con tres insumos: 1) ubicación actual georreferenciada de las especies seleccionadas (Censo de poblaciones OVIS 2014 y www.gbif.org), 2) información climatológica actual del área de estudio (http://www.worldclim.org/) y, 3) datos de clima futura (www.ccafs-climate.org). Todas las variables se manejaron en formato raster con una resolución espacial de 0.008 grados (≈1 km²) bajo el sistema de coordenadas geográficas WGS-84.

Se decidió implementar el escenarios RCP debido a que son los más recientes y corresponden al Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5) (Navarro & Peterson 2014); bajo el escenario 8.5 año 2050 porque sus resultados para México concuerdan con los cambios ya observados en el área de estudio (INE 2007, D.O.F. 2014), con un incremento en temperatura de 2°C y reducción de la precipitación en un 10% (SEMARNAT 2013).

Validación del modelo de distribución potencial

Según De Pando & Peñas de Giles (2007), los resultados del modelo puede sustentarse en el formato Acumulativo (*accumulative*), que corresponde a un registro crudo de r mostrando el nivel de desempeño del MDP y la probabilidad (en porcentaje) para predecir la distribución de MaxEnt. El área bajo la curva (AUC) indica la probabilidad de que el valor de idoneidad previsto por el modelo para el punto de presencia sea mayor que el previsto para el punto aleatorio; donde valores próximos a 1 representa un buen ajuste con los datos de evaluación, y cercanos a 0.5 cuando el ajuste no es mejor que el obtenido por azar.

Una vez validado cada uno de los modelos correctamente predichos, en base a previas pruebas de correlación de Pearson ($rp > 0.7$) (Gormley *et al.* 2011), se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) (Balzarini *et al.* 2008) para analizar las variables climáticas de mayor contribución para explicar los cambios predichos en el modelo.

Evaluación del impacto potencial

Debido a que la clasificación y evaluación de las características del hábitat, ayuda a conocer el potencial de cada hábitat para mantener una especie a largo plazo, proporcionando información para el establecimiento de áreas que puedan ser aprovechadas de manera sustentable (Borosky *et al.* 1996, Hanson *et al.* 1993).

Una vez validado el MDP, el *output* de este asocia a cada unidad geográfica un valor de probabilidad de presencia de la especie, este valor varía entre 0 (ausencia) y 1 (presencia) (Araújo *et al.* 2011), permitiendo clasificar su hábitat actual y potencial, facilitando la evaluación de sus atributos.

Con el uso de la herramienta ArcGIS 10.1, se realizó la clasificación del hábitat actual y potencial como se muestra en la Tabla 8, una vez clasificada en inapropiada, bajo, medio, alto, se calcularon las superficies de distribución actual y potencial para cada especies.

Tabla 8. Escala utilizada para la clasificación de la superficie del MDP

Escala	Clasificación del hábitat
0-0.4	Inapropiado
0.4-0.65	Bajo
0.65-0.75	Medio
0.75-1	Alto

Atributos del hábitat potencial

Con la finalidad de evaluar los atributos del hábitat para las especie, que incluya los requerimientos básicos para cubrir sus necesidades, elementos como disponibilidad de alimento, agua y cobertura de protección, se sobre pusieron al modelo, las capas de cobertura vegetal, cuerpos de agua naturales (disponibles en: www.inegi.org.mx) y fuentes de agua artificiales como bebederos (recorrido de campo 2015), ya que resultan prioritarios

para la toma de decisiones en materia de manejo de las poblaciones silvestres y su conservación (Álvarez 1995, Gallina 1994); además de establecer relaciones y comprender las formas de respuesta a los factores ambientales de las especies (Delfin-Alfonso & Gallina 2007). Al mismo tiempo, se analizó la superficie que actualmente se encuentra bajo el esquema de UMA y ANP (disponibles en: www.inegi.org.mx) debido a que representan las dos estrategias que actualmente realiza México para la conservación de la vida silvestre (Alarcón & Galán S/F, CONANP 2011).

En la Tabla 9 se describen los requerimientos básicos para la viabilidad poblacional de las especies *in situ.*

Tabla 9. Requerimientos básicos del hábitat para Borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca.

Especie	Borrego cimarrón	Venado bura	Venado cola blanca
Rango máximo de desplazamiento	48 km	172 km	10.57 km
Tamaño óptimo hábitat con cobertura	88.52 km²	2.84 km²	16.67 km²
Número de individuos por km²	2	1	7
Distancia fuentes de agua	0.5 km	2.4 km	1.6 km
Consumo de agua lt./día	Meses sin tomar líquido. No hay registros.	1-2	1.7

Fuentes: Álvarez-Romero & Medellín 2005, Guerrero Cárdenas 2003, Alcalá Galván & De La Cruz Roble 2007, Short 1986, Serra-Ortiz *et al.* 2008, McQuivey 1978, Clark *et al.* 1985, Villarreal Espino-Barros *et al.* 2008, Hanson & McCulloch 1955, Swank 1958, Boroski & Mossman 1996, Reinken 1990, Mandujano *et al.* 2009.

Estrategias de adaptación

Con frecuencia, se pasa por alto el papel que juega la naturaleza en la lucha contra el Cambio Climático, olvidándonos que al conservar, restaurar y manejar los ecosistemas, reducimos y aumentamos su resiliencia, constituyendo así, una estrategia importante y rentable en nuestra lucha contra el Cambio Climático (SEMARNAT 2013).

Las estrategias de adaptación que se plantean atiende a servicios de regulación (clima, flujos de agua), provisión (agua dulce, biomasa) y de soporte (formación de suelos y reciclaje de nutrientes), debido al papel que juegan los recursos naturales en amortiguar el impacto de los extremos climáticos, a medida que el clima se vuelve más adverso (SEMARNAT 2010, Pettengell 2010).

La implementación de las estrategias de adaptación se deberá planificar de acuerdo a las actividades cinegéticas, en base a la calidad del hábitat predicha por el MDP y aptitudes del suelo presente en el área, con el fin de evitar posibles riesgos que la caza mal gestionada tiene para el conjunto de la riqueza ecológica de las propias especies cinegéticas y los

elementos del medio natural (Sáenz *et al.* 2014) y garantizar el aprovechamiento actual y futuro; para ello se discriminaron los sitios de acuerdo a la calidad del hábitat actual y potencial que predice el MDP como media y alta calidad, pero que en realidad no albergan los tipos de vegetación que han sido reportados como adecuados para su sobrevivencia. La selección de las áreas atiende tres metas en particular: 1) áreas donde se pueda conservar a la especie (hábitat de calidad media y alta, donde existe presencia de la especie), 2) áreas donde sea posible realizar aprovechamiento bajo el esquema de UMA (hábitat de calidad media, donde se tenga registro de la especie) y, 3) áreas de restauración que favorescan la conectividad y permeabilidad del territorio (hábitat de calidad bajo y sitios discriminados por presentar cobertura vegetal es la inapropiada).

Resultados

Modelo de distribución potencial (MDP)

Validación y análisis estadístico

El desempeño que muestra el MDP generado al año 2050, para predecir cambios en el hábitat del borrego cimarrón y venado bura se considera “bueno”, con una probabilidad del 81.2 y 78.2 % respectivamente; mientras que para el venado cola blanca demostró un desempeño “regular”, con una probabilidad del 67.5%.

En base a las veinticuatro variables ambientales analizadas (Tabla 10) que obtuvieron valores significativos (P > 0.70) de acuerdo a pruebas de correlación, estas se reflejaron de acuerdo al comportamiento conductual que presentan las especies durante las estacionalidades del año (verano y otoño-invierno).

Tabla 10. Descripción de las 24 variables bioclimáticas utilizadas para la realización del modelo.

Abreviatura	Variable	Escala	Unidad
BIO1	Temperatura media anual	10	Grados Centígrados
BIO2	Media diurna Range (Media mensual de (máx temp - min temp))	10	Grados Centígrados
BIO3	Isotermalidad (bio2 / bio7)	100	Adimensional
BIO4	Estacionalidad de temperatura (desviación estándar)	100	Grados Centígrados
BIO5	Temperatura Max del mes más caliente	10	Grados Centígrados
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío	10	Grados Centígrados
BIO7	Rango de temperatura anual (BIO5-BIO6)	10	Grados Centígrados
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo	10	Grados Centígrados
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco	10	Grados Centígrados
BIO10	Temperatura media del trimestre más caliente	10	Grados Centígrados
BIO11	Temperatura media del trimestre más frio	10	Grados Centígrados
BIO12	Precipitación anual	1	Milímetro
BIO13	La precipitación del mes más húmedo	1	Milímetro
BIO14	La precipitación del mes más seco	1	Milímetro
BIO15	Precipitación Estacionalidad (coeficiente de variación)	100	Fracción
BIO16	La precipitación del Trimestre más húmedo	1	Milímetros
BIO17	La precipitación del Trimestre más seco	1	Milímetros
BIO18	La precipitación del Trimestre más caliente	1	Milímetros
BIO19	La precipitación del Trimestre más frio	1	Milímetros
CONS_MTHS	Número máximo de meses secos consecutivos	1	Continuo
PREC	Precipitación Promedio mensual	1	Milímetros
TMAX	Mensual de temperatura máxima	10	Grados Centígrados

De acuerdo a los resultados generados en MaxEnt y a lo observado en el ACP (Figura 4), las variables ambientales que influyen significativamente en la calidad del hábitat para el borrego cimarrón, venado bura y venado cola blanca, de acuerdo a la estacionalidad son la precipitación y la temperatura (Tabla 11).

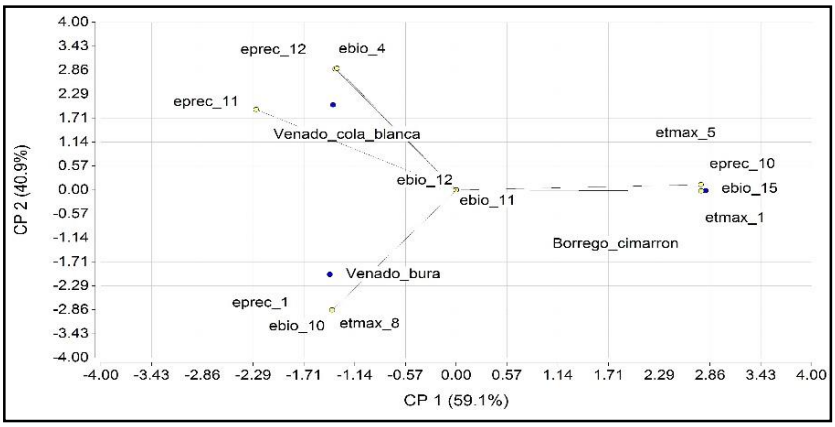

Figura 4. Representación gráfica del análisis de componentes principales.

Nota: ebio4= estacionalidad de la temperatura, ebio10 = temperatura media del trimestre más caliente, ebio11= temperatura media del trimestre más frio, ebio12= precipitación anual, ebio15= estacionalidad de la precipitación, eprec1= precipitación promedio de enero, eprec10= precipitación promedio de octubre, eprec11= precipitación promedio de noviembre, eprec12= precipitación promedio de diciembre, etmax1= temperatura máxima de enero, etmax5= temperatura máxima de mayo, etmax8= temperatura máxima de agosto.

Tabla 11. Variables ambientales más importantes de acuerdo a la estacionalidad y meses del año para las especies.

Especie	Temporalidad	Invierno			Verano			Otoño					Estacionalidad en que amplian sus rangos de distribución	Fuente
	Mes	E	F	M	A	M	J	A	S	O	N	D		
	Variable ambiental													
Borrego cimarrón	Precipitación						x			x			Verano	Guerrero Cárdenas *et al.* 2003 y Álvarez-Romero J. & Medellín R. A. 2005
	Temperatura	x				x								
Venado bura	Precipitación	x		x	x	x							Invierno	Alcalá Galván & De La Cruz Roble 2007
	Temperatura			x	x	x								
Venado cola blanca	Precipitación				x						x	x	Invierno	
	Temperatura			x	x	x								

De acuerdo a Sandoval (1999) los hábitos alimenticios (estacionales) del borrego cimarrón están relacionados directamente con la precipitación pluvial del área en que habita; Alcalá Galván & De La Cruz Roble (2007), Fulbright & Ortega-Santos (2007) indican que la cantidad y distribución de la precipitación afectan la distribución del venado bura y venado cola blanca, limitándolos en la búsqueda de alimento y agua; de igual manera, la precipitación resulta indispensable para el desarrollo de las plantas en zonas áridas (Villarreal 1999). A pesar de que las plantas del desierto presentan una gran capacidad adaptativa a periodos largos de sequía, precipitaciones poco frecuentes, intensas e

impredecibles (Whittaker 1979, Escolar *et al.* 2012), los cambios y variaciones en el régimen de lluvias puede provocar una disminución de la productividad, provocando la desaparición de plantas capaces de sobrevivir en tiempos de sequía, incrementando la vulnerabilidad del ecosistema y de las especies que habitan en el (Glendening 1952, Maestre *et al.* 2012). Las altas temperaturas ambientales que se presentan en zonas áridas ocasionan que las especies vegetales crezcan en pequeños microhábitats que no son simétricos (Peters *et al.* 2008).

Evaluación del impacto potencial

Calidad del hábitat

La calidad del hábitat para las tres especies dentro de sus rangos máximos de desplazamiento respectivos, mostraron degradación significativa del hábitat (Tabla 12), requiriendo de mayor esfuerzos para garantizar la permanencia de las especies; poniendo especial atención en el borrego cimarrón y en el venado bura, ya que el hábitat de estos se ve observa amenazada por alteraciones en el clima, siendo el venado cola blanca la especie menos amenazada por dichas alteraciones climáticas en el tiempo.

En la Tabla 12 se muestran los resultados la superficie actual y potencial calculada en porcentajes, de acuerdo con la clasificación del hábitat dentro de los rangos máximos de desplazamiento para las tres especies y, la Tabla 13 muestra la misma información, pero referente a la UMA El Plomito.

Tabla 12. Calidad del hábitat actual y potencial dentro de los rangos máximos de desplazamiento para las tres especies.

Área	**Rangos máximos de desplazamiento**					
Escenario	**Actual**			**Futura**		
ICH / Especie	Borrego cimarrón	Venado bura	Venado cola blanca	Borrego cimarrón	Venado bura	Venado cola blanca
Inapropiado	46.52	25.79	0	99.38	63.79	0
Bajo	52.87	37.89	0	0.58	28.23	69.19
Medio	0.61	35.12	95.3	0.02	6.89	26.11
Alto	0.03	1.2	4.7	0	1.2	4.7

Tabla 13. Calidad del hábitat actual y potencial en la UMA El Plomito para las tres especies.

Área	UMA El Plomito					
Escenario	Actual			Futura		
ICH / Especie	Borrego cimarrón	Venado bura	Venado cola blanca	Borrego cimarrón	Venado bura	Venado cola blanca
Inapropiado	0	0	0	91.45	0	0
Bajo	100	0	0	8.55	55.26	40.79
Medio	0	95	88.82	0	41.45	48.03
Alto	0	5	11.18	0	3.29	11.18

Atributos del hábitat y densidad poblacional

Fuentes de agua

Las fuentes de agua para borrego cimarrón representan una amenaza al encontrarse fuera del radio máximo reportado por Guerrero Cárdenas, (2003). En cuanto al venado bura y venado cola blanca estas se localizan dentro de los radios máximos reportados por Alcalá Galván y De La Cruz Roble (2007) y Serra-Ortiz *et al.* (2008). En la Tabla 14 se muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la distancia a fuentes de agua, respecto a la presencia actual de la especie en la UMA El Plomito.

Tabla 14. Distancia de las fuentes de agua respecto a la presencia actual de la especie en la UMA El Plomito.

Especie	Registro de distancia (km)	
	Mínima	Máxima
Borrego cimarrón	1.64	29.46
Venado bura	0.22	8.22
Venado cola blanca	0.17	1.59

Referente a la cantidad de recurso hídrico disponible para el abastecimiento de las especies en la UMA, esta tiene la capacidad de almacenar un total de 360 litros al día, de manera que las necesidades de las especies se ven cubiertas en un 100%, pudiendo observar un excedente de 107.80 litros en su almacenamiento (Tabla 15).

Tabla 15. Calculo de la cantidad de agua requerida por la especie en la UMA El Plomito.

Especie	Consumo lt./día	Censo 2014	Lt./día requeridos
Borrego cimarrón	No hay registro	126	-
Venado bura	2	70	140
Venado cola blanca	1.7	66	112.2

Al analizar los datos observados de la presencia de las especies en el modelo actual y potencial (Tabla 16), esta muestra a las especies actualmente sobre las áreas que en un futuro tenderán a degradarse por efectos de cambios en el clima.

Tabla 16. Datos observados de presencia de las especies y desempeño en el almacenamiento del recurso hídrico

	Datos observados presencia: actual/potencial (MaxEnt)						Lt. De agua / día			
	Borrego cimarrón		Venado bura		Venado cola blanca		Almacenados (bebederos)		Requeridos	
Aptitud	Actual	Potencial	Actual	Potencial	Actual	Potencial	Actual	Potencial	Actual	Potencial
Bajo	0	0	0	5	0	1	0	220	0	11.7
Medio	0	0	9	0	5	1	320	120	26.5	1.7
Alto	1	1	0	0	3	3	40	20	5.1	5.1
Total	1	1	9	5	8	5	360	360	31.6	18.5

Aunado a la vulnerabilidad que las especies puedan presentar por alteraciones climáticas en el tiempo, uno de los factores que podría estar incrementando su vulnerabilidad es el número de fuentes de agua artificial y la cantidad de recurso hídrico almacenado en ellas, ya que se ha documentado, que el establecimiento de fuentes adicionales en regiones áridas favorece el aumento del número de depredadores animales y/o incrementar su radio de actividad (Epaphras *et al.* 2008 y Rosenstock *et al.* 1999).

Cobertura vegetal

En la Tabla 17 muestra la superficie con cobertura vegetal actual y potencial disponible para forraje y protección de las especies, dentro de sus respectivos rangos máximos de desplazamiento y dentro de la UMA El Plomito.

Para el venado bura y el venado cola blanca la cobertura vegetal actualmente disponible dentro de los RMD, se contabilizan óptimos para cubrir los requerimientos de las especies para el año 2050; sin embargo, esto no sucede actualmente dentro de la UMA, donde el venado cola blanca se presenta vulnerable al no disponer de un cobertura apropiada, resultando en un futuro (año 2050) la cobertura insuficiente para las especies. El borrego cimarrón es la especie que se presenta altamente vulnerable al no disponer actualmente de cobertura apropiada dentro de la UMA, presentando pérdida considerable dentro de sus RMD, esto de acuerdo a lo reportado por Saavedra *et al.* (1999), Alcalá Galván & de la Cruz (2007), Alcalá-Galván (2005), Álvarez-Romero & Medellín (2005) y Serra Ortiz *et al.* (2008).

Tabla 17. Superficies de cobertura vegetal actual y potencial disponible para las especies dentro de sus rangos máximos de desplazamiento y dentro de la UMA El Plomito.

Cobertura vegetal disponible		
MDP	Actual	Potencial

Especie	Rangos máximos de desplazamiento	UMA El Plomito	Rangos máximos de desplazamiento	UMA El Plomito
Borrego cimarrón	12.61 km²	-	0.7 km²	-
Venado bura	79.86 km²	3.09 km²	4.27 km²	2.72 km²
Venado cola blanca	83.98 km²	4.56 km²	82.99 km²	1.97 km²

En relación a la variable ambiental precipitación, Mysterud & Østbye (1999) y De-Perno et al. (2003), encontraron que los cambios en cantidad y distribución de esta, pueden modificar la cobertura de escape (CE), la cual es el tipo de cobertura que le permite a las especies esconderse y protegerse contra alteraciones climáticas; de igual manera, De Perno *et al.* (2002) y Plata *et al.* (2013), muestran que la estructura de la vegetación y CE son más importantes que el agua para definir la presencia del venado

Áreas de conservación

En la Figura 5, Figura **6** y Figura **7** se muestran las áreas de conservación (UMA´S y ANP) sobrepuestas a las áreas que presentaran degradación y áreas que mantendrán aptitud (calidad del hábitat media y alta) para las especies. Pudiendo observar que el hábitat para las especies tiende a degradarse a nivel paisajístico en una orientación de N a S; siendo la región N de la UMA El Plomito, donde se observa una fragmentación de UMA´s dificultando el desplazamiento de las especies. Diversos estudios señalan la necesidad de crear un sistema fuente-sumidero (ANP-UMA) (Mella & Simonetti 1994, Simonetti & Acosta 2002, Naranjo & Bodmer 2007, Rojas Sánchez & Gallina 2007, Mandujano & González-Zamora 2009), donde los dueño de UMA´s se benefician de los servicios que las ANP brindan y en reciprocidad las ANP se ven beneficiadas al incrementar su biodiversidad, contribuyendo a mantener una conectividad con el ANP, facilitando los movimientos de dispersión de las especies. Resultando el uso de tierras privadas indispensable para mantener tamaños poblacionales grandes y reducir la probabilidad de extinción (Simonetti & Acosta 2002).

Siendo necesario unir ANP y UMA´s para mantener poblaciones mínimas viables y facilitar el desplazamiento de la fauna, por lo cual el uso de las tierras privadas resulta indispensable (Sepúlveda *et al.* 1997).

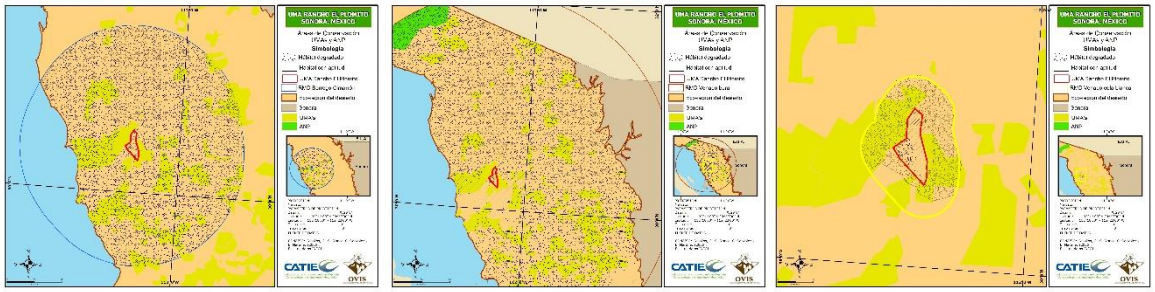

Figura 5. Áreas de conservación (UMA´s y ANP) con aptitud de hábitat y hábitat degradado para borrego cimarrón.

Figura 6. Áreas de conservación (UMA´s y ANP) con aptitud de hábitat y hábitat degradado para venado bura.

Figura 7. Áreas de conservación (UMA´s y ANP) con aptitud de hábitat y hábitat degradado para venado cola blanca.

Estrategias de adaptación

Las estrategias de adaptación que se plantean, buscan apoyar a las especies adaptarse a efectos de cambios en el clima, mejorar la calidad del hábitat, proporcionando a la ves servicios de regulación, provisión y de soporte, mediante obras de restauración como: zanja-bordo, zanja trinchera, plantaciones, cortinas rompe-viento y presas filtrantes. La Tabla 18 muestra el tipo de obra y los servicios que estas proveen, ejemplificados con casos de estudio donde se han llevado a cabo este tipo de obras y prácticas de conservación con éxito para la restauración del ecosistema y beneficio de la fauna.

Tabla 18. Estrategias de adaptación

Obras/ Estrategia	Servicios de regulación: clima y flujo de agua	Provisión: agua y biomasa	Soporte: formación de suelo y reciclaje de nutrientes	Casos
Zanja-bordo	Interceptar los escurrimientos superficiales, favorecer la infiltración del agua al subsue-lo (SEMARNAT 2015).	Captar agua para la implantación exitosa de árboles frutales o forestales (SEMARNAT 2015).	Atenuar las condiciones que propician erosión hídrica (SEMARNAT 2015).	Nicaragua y Chile, donde se realizaron zanjas con plantaciones nativas para el control de la erosión y sobrevivencia de plantas, permitiendo incrementar el contenido orgánico del suelo y su fertilidad (Pizarro Tapia et al. 2008 y Gómez A.A. 2015)
Zanja-trinchera				
Plantaciones	Garantiza la disponibilidad de agua, favorece la infiltración de agua al manto freático (SEMARNAT 2015).	mejora la densidad de población y contribuye a la conservación de la diversidad genética (SEMARNAT 2015).	Disminuye los riesgos de erosión del suelo (SEMARNAT 2015).	Marruecos y Perú, donde la expansión de los desiertos se puede detener con plantaciones de alta densidad de variedades de especies nativas, teniendo como resultado un cambio en la composición el suelo, reduciendo el avance de la erosión, incrementando la vegetación sin la necesidad de grandes cantidades de agua, transformando el paisaje (Stadler-Kaulich N. 2015 y Gundlach Mabel 2013).
Cortinas rompevientos	Atenúa o nulifica la intensidad del viento, conservar la humedad y mejorar la estética del paisaje (SEMARNAT 2015).			
Presas filtrantes de: gaviones y/o piedra acomodada	Favorece la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos (SEMARNAT 2015).		Controlan la erosión en cárcavas, captura de sedimentos (retienen el suelo y la materia orgánica) (SEMARNAT 2015).	El corredor seco de Nicaragua se aplicó cosechas de agua, para la protección de fuentes de agua. Como resultado se mejoró la disponibilidad de agua para los animales (Gomez A.A. 2015). Y Manejo de recursos hídricos a través de cosecha de agua, implementando tajamares y sistema de distribución, para el manejo de especies silvestres (flora y fauna)en Bolivia (Bragaysac E. 2015).

Al mejorar la calidad del hábitat con este tipo de obras y prácticas, se puede poner a disposición de las especies amenazadas áreas potencialmente no disponibles (por ejemplo, degradadas) donde concurran los requerimientos climáticos necesarios para esas especies (Villarroel 2004), a la vez, promoviendo servicios de regulación del clima a escala local, así como, generar protección y mantenimiento del suelo y sus nutrientes (Manson 2004); incrementando la fertilidad del suelo y el abastecimiento de agua en cantidad y calidad, ya que son los principales servicios bajo un escenario de cambio climático (Oyarzún et al.

2005, Fertiz & Duncan 1994) que permiten el incremento la capacidad de carga animal aplicando medidas de manejo adecuadas en la distribución de los recursos (Strickland & Demarais 2000).

En la Tabla 19 se presenta un listado de las especies nativas que representan una fuente de alimento y sustituto para la extracción del recurso agua, además de crear protección térmica y contra depredadores para las especies. La manipulación de la cobertura arbustiva, se puede beneficiar a ambas especies (Fulbright & Ortega-Santos 2007) contribuyendo así, a la conectividad y permeabilidad del territorio.

Tabla 19. Listado de plantas nativas recomendadas para las obras y prácticas de conservación de suelo y agua.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo
Cactaceae	*Ferocactus cylindraceus**	Biznaga	Rara
Fabaceae	*Olneya tesota**	Palo fierro	Protección especial
Cactaceae	*Opuntia sp*	Nopal	
Cactaceae	*Ferocactus sp**	Biznaga	Protección especial
Cactaceae	*Lemaireocereus thurberii* 21	Pitahaya	
Poáceas	*Muhlembergia sp*	Liendrilla chica.	
Poáceas	*Panicum sp.*		
Poáceas	*Aristida sp*		
Fabaceae	*Prosopis* sp.*	Mezquite	Protección especial
Fagaceae	*Quercus* sp.	Frutos de Encino	

* NOM-O59-SEMARNAT-2010

La NOM-O59-SEMARNAT-2010, señala que las plantas nativas que sean implementadas con fines de conservación, no requerirán de autorización y solamente estarán sujetas a las normas oficiales mexicanas. Su uso deberá incluirse en el programa de manejo correspondiente (Denisse 2010).

Con la finalidad de evitar posibles riesgos que la caza mal gestionada tiene para el conjunto de la riqueza ecológica de las propias especies cinegéticas y los elementos del medio natural (Sáenz *et al.* 2014) se propone la clasificación de uso para las actividades cinegéticas en la UMA para venado bura y venado cola blanca, debido a que, actualmente el borrego cimarrón ya cuenta con cuidados especiales para su conservación.

La clasificación de uso está basada en la calidad del hábitat: las áreas de aprovechamiento, es donde los cazadores podrán realizar sus actividades y; áreas de conservación, donde se pretende sean libres actividades que puedan perturbar el hábitat de las especies, efectuando obras y prácticas de conservación de suelo, agua y plantaciones de especies nativas de manera que se garantice el aprovechamiento actual y futuro.

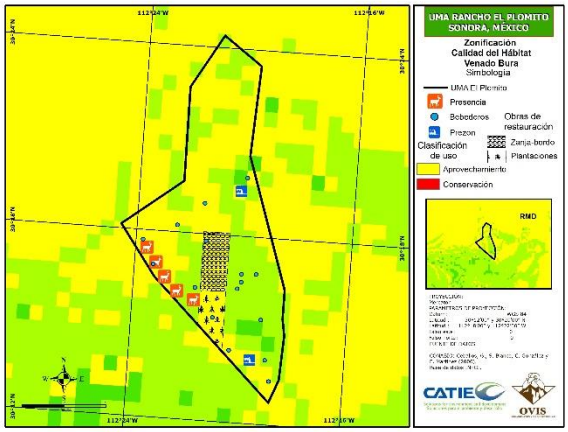

Figura 8. Clasificación de uso para venado bura.

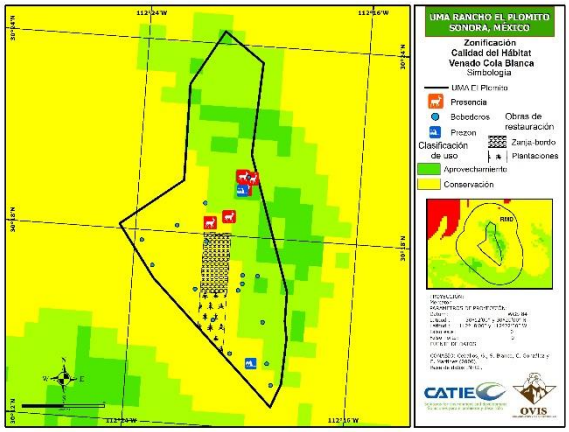

Figura 9. Clasificación de uso para venado cola blanca.

En la Figura 8 y Figura 9 se pueden observar las áreas que se pretende sean destinadas para efectuar las obras de restauración, ya que se prevé una degradación de la calidad del hábitat de “media” a “baja” para ambas especies, esta superficie se sitúa entre la fragmentación del aprovechamiento del venado bura y el borde del aprovechamiento para venado cola blanca.

Conclusiones

Los modelos sugieren una degradación significativa en la calidad del hábitat para las tres especies sujetas a manejo en la región del desierto sonorense para el año 2050 debido a cambios en el clima (aumento de temperatura y disminución de la precipitación), observando esta reducción en una orientación de Oeste-Este dentro de la UMA y de Norte a sur dentro de sus rangos máximos de desplazamiento y a nivel paisajístico.

Aunado a la degradación del hábitat por alteraciones climáticas en el tiempo, otro factor importante que podría incrementar la vulnerabilidad de las especies es el no disponer una planificación del recurso hídrico; ya que los datos observados de presencia, las especies ocupan áreas clasificadas con aptitud “media” del hábitat actual, mostrando escaza cobertura vegetal, con una disponibilidad insuficiente del recurso hídrico en cantidad y/o número de fuentes de agua para satisfacer las necesidades básicas de alimentación y protección; lo cual podría orillar a las especies en búsqueda de fuentes externas a la UMA o en el peor de los escenarios a la baja de sus poblaciones; por lo que es necesario determinar la capacidad de carga en base al recurso hídrico y aptitudes del hábitat.

Las líneas de acción propuestas nos permiten prepararnos de manera anticipada a efectos de cambios en el clima, logrando mantener el aptitud del hábitat para las especies y, a la ves obtener el beneficio de servicios de regulación (clima, flujos de agua), provisión (agua dulce, biomasa) y de soporte (formación de suelos y reciclaje de nutrientes).

Literatura citada

Alarcón, V.; Galán, S. S/F. Estrategias de conservación en México para el borrego cimarrón (Ovis canadensis) y el berrendo (Antilocapra americana).

Alcalá Galván & de la Cruz Roble 2007. Revisión bibliográfica del estado de conservación del hábitat del venado bura (Odocoileus hemionus eremicus) en el desierto sonorense. Instituto Nacional de Ecología (INECC): 11.

Álvarez, S. 1995. Estudio poblacional y hábitat del venado bura (Odocoileus hemionus peninsulae) en la Sierra de la Laguna, B. C. S. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, México. D. F. 99 pp.

Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín. 2005. Ovis canadensis. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F.

Araújo, M.; Guilhaumon, F.; Neto, D.; Pozo, I.; Calmaestra, R. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2 Fauna de vertebrados. Dirección general de medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Borosky, B. B., & Mossman, A. R. (1996). Distribution of mule deer in relation to water sources in northern California. Wildlife Society Bulletin, 60(4), 770–776. Obtenido de http://www.jstor.org/stable/3802376

Bragaysac E. 2015. Encuentro presencial de la comunidad de práctica en adaptación basada en ecosistemas. Lima, Perú 2015. Manejo sostenible del agua para una ganadería tradicional de la comunidad Yshir de Perto Esperanza en épocas de sequía y desastres naturales. Investigador asociado- Instituto de Desarrollo Centro de Conocimiento del Gran Chaco.

CCAFS, 2014. Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS). Última actualización noviembre 2014. Consultado febrero, 2015. Disponible en: http://www.ccafs-climate.org/data/

Clark R.K., Jessup D.A., Kock M.D. & Weaver R.A. 1985. Survey of desert bighorn sheep in California for exposure to selected infectious diseases. Journal of American Veterinary Medical Association, 187: 1175-1179.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2011. Ficha Temática 4. Las áreas naturales protegidas y su potencial en la adaptación del cambio climático: protección y abastecimiento. (en línea) México. Consultado 1 Agosto 2014. Disponible en: http://cambioclimatico.conanp.gob.mx.

Denisse, S. (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.

DOF, (Diario Oficial de la Federación). Plan Estrategico de Cambio Climático 2014-2018 (PECC). México, 2014.

Delfín-Alfonso, C. & Gallina, S. 2007. Modelo de evaluación de hábitat para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio en México. In: Escarabajos, Diversidad y Conservación Biológica. Ensayos en homenaje a Gonzalo Halftter. M. Zunino and Melic A. (Eds.), pp. 193-202. Monografías del 3er. Milenio Vol. 7. Sociedad Entomológica Aragonesa, España.

Delfín-Alfonso, C.A.; Gallina, S.; López-González, C.A. 2009. Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. Tropical Conservation Science 2(2): 215-228.

De Pando B.B. & Peñas de Giles J.P. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica, Asociación de Geógrafos Españoles.

De Perno, C. S., Jenks, J. A., & Griffin, S. L. (2003). Multidimensional Cover Characteristics: Is Variation in Habitat Selection Related to White-Tailed Deer Sexual Segregation? Journal of Mammalogy, 84(4), 1316–1329. Obtenido de http://www.jstor.org/stable/1384018

Ezcurra, E.P., Eduardo; Burquez, Alberto. 2007. Los desiertos de Sonora y Baja California México. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/artnopubli/368/asilvestres.html

Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R., Huettmann, F., Leathwick, J., Lehmann, A., et al. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29; 129-151.

Epaphras, A. M., Gereta, E., Lejora, I. A., Ole Meing'ataki, G. E., Ng'umbi, G., Kiwango, Y., …Mtahiko, M. G. G. (2008). Wildlife water utilization and importance of artificial waterholes during dry season at Ruaha National Park, Tanzania. Wetlands Ecology Management, 16, 183–188. doi: 10.1007/s11273-007-9065-3

Escolar, C.; Martínez, I.; Bowker, M.A.; Maestre, F.T. 2012. Warming reduces the growth and diversity of biological soil crusts in a semi-arid environment: implications for ecosystem structure and functioning. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 367(1606): 3087-3099.

Flores-Armillas, V.H.; Botello, F.; Sánchez-Cordero, V.; García-Barrios, R.l.; Jaramillo, F.; Gallina-Tessaro, S. 2013. Caracterización del hábitat del venado cola blanca (Odocoileus virginianus mexicanus) en los bosques templados del Corredor Biológico Chichinautzin y modelación de su hábitat potencial en Eje Transvolcánico Mexicano. THERYA 4(2): 377-393.

Fulbright, T.E. & Ortega-Santos, J.A. 2007. Ecología y manejo de venado cola blanca, Texas A&M University Press.

Gallina, S. 1994. Uso del hábitat por el venado cola blanca en la Reserva de la Biosfera La Michilía, México. In: Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa

Rica. Vaughan, C. y Rodríguez, M. (Eds.), pp. 229-314. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Gallina, S.; Mandujano, S.; Delfin-Alfonso, C.A.; Halffter, G.; Guevara, S.; Melic, A. 2007. Importancia de las áreas naturales protegidas para conservar y generar conocimiento biológico de las especies de venados en México. Hacia una Cultura de Conservación de la Biodiversidad Biológica: 187-196.

Gallina-Tessaro, S.A.; Hernández-Huerta, A.; Alejandro, C.; Delfín-Alfonso; González-Gallina, A. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. 10

Glendening, G.E. 1952. Some quantitative data on the increase of mesquite and cactus on a desert grassland range in southern Arizona. Ecology: 319-328.

Gomez A. A., 2015. Encuentro presencial de la comunidad de práctica en adaptación basada en ecosistemas, Febrero, 2015. Lima, Perú. Bancos comunitaris de semilla Criolla: contribuyendo con la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional en Nicaragua. Alcaldia municipal de Macuelizo. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria (INTA).

González, F. 2001. Evaluacion de poblaciones y habitat de la fauna silvestre. Manual del curso taller sobre tecnicas aplicadas a la conservacion y manejo de fauna silvestre. COLPOS, US Fish and Wildlife Service, BUAPP, FUPPUE, Mazamiztli, A. C., SDR, SEMARNAT, CEFFASIP, SEDURBECOP. Puebla, Pue., Méxocp: pp 59-98.

Gormley, A. M., D. M. Forsyth, P. Griffioen, M. Lindeman, D. S. L. Ramsey, M. P. Scroggie, y L. Woodford. 2011. Using presence only and presence–absence data to estimate the current and potential distributions of established invasive species. Journal of Applied Ecology 48:25–34.

Guerrero Cárdenas, I.; Tovar Zamora, I.; Álvarez Cárdenas, S. 2003. Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón, Ovis canadiensis weemsi, en la Sierra del Mechudo, BCS, México. Anales del Instituto de Biología serie Zoología 74(001).

Gundlach M., 2013. Desafiando el desierto- vida oasis (Deutsche Welle: Made for Minds (DW)). Disponible en: http://dw.com/p/19fUu. Consultado en: Julio, 2015.br

Gutiérrez E. & Trejo I., 2014. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. Revista mexicana de biodiversidad 85(1): 179-188.

Hanley, J. A., & B. J. McNeil. 1983. A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. Radiology 148:839-843.

Hanson, W. R., & McCulloch. 1955. Factors influencing the distribution of mule deer on Arizona rangelands. Transactions of the North America Wildlife Conference 20:568-588.

INE, 2007. Reserva de la biosfera el pinacate y gran desierto de altar. México. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/2/pinacate.html

Manson, R. H. (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. Madera y Bosques, 10(1), 3-20. ISO 690

Maestre, F.T.; Salguero-Gómez, R.; Quero, J.L. 2012. It is getting hotter in here: determining and projecting the impacts of global environmental change on drylands. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 367(1606): 3062-3075.

Mandujano, S.; González-Zamora, A. 2009. Research Article Evaluation of Natural Conservation Areas and Wildlife Management Units to Support Minimum Viable Populations of White-Tailed Deer in Mexico. generations 3: 4.

McQuivey R.P. 1978. The bighorn sheep of Nevada. Nevada Department of Wildlife Biological Bulletin 6. Reno. 81 pp.

Mella, J. & J. Simonetti (1994). Conservación de mamíferos en las áreas silvestres protegidas de chile. Representación y poblaciones viables. Ambiente y desarrollo 10(3): 72-28.

Morales, N. 2012. Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en Conservación. Revista Conservación Ambiental 2(1).

Naranjo, E.J. & Bodmer, R.E. 2007. Source–sink systems and conservation of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. Biological Conservation 138(3): 412-420.

Navarro, C. & Peterson, C. 2014. CIAT & CCAFS (entro Internacional de Agricultura Tropical & Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria) Nuevos datos climáticos. Enero, 2014. www.ccafs.cgiar.org/es.

Ontiveros, A.L. 1991. Algunos aspectos de la evolución de la caza en España. Agricultura y sociedad (58): 13-52

Oyarzún, C., Nahuelhual, L., & Núñez, D. (2005). Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica.Ambiente y Desarrollo, 20(3), 88-95

Pettengell, C. 2010. Adaptación al cambio climático. Capacitar a las personas que viven en la pobreza para que puedan adaptarse. Oxfam. Reino Unido.

Peters EM, C Martorell, E Ezcurra. 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (Mammillaria) in the Tehuacan Valley, Mexico. J Arid Environ 72, 593-601.

Pezoa, A. 2001. Estrategia de la Conservación de la Diversidad Biológica. 18:273-280. (en) Libro Rojo de la Fauna Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación, Región de Coquimbo (F. A. Squeo, G. Arancio y J. R. Gutierrez edi.). Universidad de La Serena. La Serena, Chile

Phillips S., J. Dudík M. & Schapire R. E. (2010). Maxent software for species habitat modeling, version 3.3. 1.

Pizarro Tapia, R.; Flores Villanelo, J.P.; Sangüesa Pool, C.; Martínez Araya, E.; León Gutiérrez, L. 2008. Diseño hidrológico de zanjas de infiltración en el secano costero e interior de las regiones semiáridas de Chile. Bosque (Valdivia) 29(2): 136-145.

Plata F.; Martínez J.; Mendoza G.; Hernández P.; Bárcena, R.; Villarreal, O. 2013. Incorporación de la cobertura de escape en un modelo de capacidad de carga para venado de cola blanca. Archivos de medicina veterinaria 45(1): 91-97.

Ramirez, J. & Jarvis, A. (2008). High resolution statistically downscaled future climate surfaces. International Center for Tropical Agriculture (CIAT).

Reinken G. 1990. Deer Farming (A Practical Guide to German Techniques) 2da Edition. Farming Press Books, Germani.

Rojas Sánchez, G.; Gallina, S. 2007. Metapoblaciones, el reto en la biología de la conservación: el caso del venado bura en el Bolsón de Mapimí. Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos: 115.

Rojo-Curiel, A.; Cruz, J.; Solano, G.; Hernández, R. 2007. Plan de manejo tipo de venado cola blanca en zonas templadas y tropicales en México. DGVS, SEMARNAT, México. DF.

Rosenstock, S. S., Ballard, W. B., Devos Jr., J. C. (1999). Viewpoint: Benefits and impacts of wildlife water developments. Journal of Range Management, 52, 302–311. Obtenido de http://wildlifehabitat.tamu.edu/Lessons/Supplemental%20Water%20and%20Herbicide/Readings/Benefits%20and%20impacts%20of%20wildlife%20water%20developments.pdf

Saavedra, E.E.L.; Lee, R.M.; James, C.; VOS, R.E. 1999. Relación uso-disponibilidad de componentes topográficos y un modelo de calidad del hábitat para el borrego cimarrón, en Sonora, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) (076): 17-34.

Sáenz de Buruaga M., Canales F., Campos M.A., Onrubla A. 2014. Manual de caza. Guia para el examen de aptitud para cazar. Comunidad autonoma del país Vasco. Departamento de desarrollo economico y competitividad. p. 201.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2015. COUSSA: Fichas técnicas de obras y prácticas de conservación y uso sustentable de suelo y agua.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) 2008. Plan de manejo tipo de venado cola blanca en cimas aridos y semiáridos del norte de México. Dirección General de Vida Silvestre

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) 2010, Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (Ovis canadensis) en México. INE, Dirección General de Vida Silvestre. México, Primera Edición.

SEMARNAT, 2013. Estrategia nacional de cambio climatico, Resultados del proceso de Consulta Pública Delegación Federal de la SEMARNAT en Sonora. Delegación Federal de la SEMARNAT en Sonora Subdelegación de Planeación y Fomento Sectorial. Sonora, México, 2013. P. 68.

SEMARNAT, 2010. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno Federal. Marco de Políticas de Adaptación de Mediano Plazo.Mexico, DF, Mexico.

Sepúlveda, C.; Moreira, A.; Villarroel, P. 1997. Conservación biológica fuera de las áreas silvestres protegidas. Ambiente y desarrollo 13(2): 48-58.

Serra-Ortiz, M.A.; González-Saldivar, F.N.; Cantú-Ayala, C.; Guevara-González, J.; Picón-Rubio, F. 2008. Evaluación del hábitat disponible para dos especies de cérvidos en el noroeste de México. Revista mexicana de mastozoología (Nueva Época) 12(1): 43-58.

Short, H.L. 1986. Habitat suitability index models: White-tailed deer in the Gulf of México and South Atlantic coastal plains. U.S. Fish Wildlife Service Biology Rep. 82(10.123).

Simonetti, J. & Acosta, G. 2002. Conservando biodiversidad en tierras privadas: el ejemplo de los carnívoros. Ambiente y desarrollo 18(1): 51-54.

Stadler-Kaulich N. 2015. Encuentro presencial de la comunidad de práctica en adaptación basada en ecosistemas, 2015. Lima, Perú. Agroforesteria dinámica. Cochabamba, Bolivia. Red ECO-SAF

Strickland, B. K., & Demarais, S. (2000). Age and regional differences in antlers and mass of white-tailed deer. The Journal of wildlife management, 903-911.

Swank, W.G. 1958. The mule deer in Arizona Chaparral. Arizona Game and Fish Department. Game. Bulletin No.3

Villarreal Espino-Barros, O.A.; Viera, R.G.; Franco, F.J.; Guerra, J.E.; Castañón, S.R.; Hernández, T.B. 2008. Capacidad de carga del hábitat, ara el venado cola blanca (Odocoileus virginiannus), en la region Mixteca Poblanca, México.

Villarreal, G. J. G. 1999. Venado Cola Blanca, manejo y aprovechamiento cinegético. Monterrey, Nuevo León, México: Unión Ganadera Regional de Nuevo León.

Villarroel, P. 2004. Los gestores privados y su papel en la conservación de la biodiversidad. Ambiente y desarrollo 20(21).

Whittaker R. H., 1979. Comunities and ecosystems. Mac Millan Publishing Company, Inc. EUA. 385 pp.

Yañez-Arenas, C.; Mandujano, S.; Martínez-Meyer, E.; Pérez-Arteaga, A.; González-Zamora, A. 2012. Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México. THERYA 3(1): 67-79.

CAPÍTULO III

RESULTADOS E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

En relación con el análisis situacional de la UMA El Plomito, se identificaron carencias, que es preciso superar en términos de apoyo financiero, buscando alternativas económicas para reducir los costos de implementación de medidas; transferencia de tecnología, permitiendo, a la vez fortalecer y/o incrementar la capacidad adaptativa de las especies para enfrentar posibles efectos de cambios en el clima; responsables técnicos, fortaleciendo e incrementando sus capacidades, habilidades y conocimientos para responder a la problemática de cambios en el clima; mejorando expectativas de sustentabilidad ecológica y económica, a la vez que se incrementa y fortalece la capacidad adaptativa de las especies y la UMA.

Financiamiento

En cuanto a financiamiento y alternativas económicas, los costos de aplicación de las medidas de control de la cacería y la pérdida del hábitat antes mencionadas pueden disminuirse considerablemente si se busca la colaboración de las autoridades, proponiendo estímulos económicos para la conservación de las especies y su hábitat mediante programas de gobierno federal, y otros similares (iniciativa privada). Identificando el Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA), con una gama de obras y soluciones prácticas, por parte de gobierno federal, el cual permite acceder al financiamiento para su implementación y contribuir a la conservación de la biodiversidad y la protección de zonas áridas. Si bien existe el acceso a financiamiento a programas de gobierno federal, estos en sus reglas de operación dan prioridad las localidades rurales que se ubican en los municipios de la cobertura potencial del proyecto estratégico (SAGARPA, 2015), requiriendo de un acercamiento entre sociedad privada y gobierno para una colaboración en conjunto y no dejar de fuera estas áreas de conservación en la región del desierto sonorense que en su mayoría son de régimen privado.

Transferencia de tecnología

En respuesta al CC, muchos países tienen la tendencia a invertir cada vez más en infraestructura defensiva, como tecnología, en el caso de la UMA El Plomito se ha implementado tecnologías de sistema de bombeo para suministrar el recurso hídrico y no perderlo. Tales respuestas de infraestructura serán necesarias con más frecuencia, pero no serán suficiente para hacer frente a todo el alcance de los impactos del CC, también se necesita estrategias para asegurar que los ecosistemas que sostienen la biodiversidad y que proveen servicios ambientales, continúen funcionando a pesar de las condiciones ambientales (Sarukhán, J., *et al.* 2012).

La instalación de bebederos distribuidos de manera estratégica en el rancho, se puede considerar una medida de adaptación debido a la escasez del recurso hídrico; pero puede que esta medida se vea limitada o poco efectiva, al verse agravada la disponibilidad del recurso debido a la disminución de la precipitación prevista (Maestre *et al.* 2012).

Responsables técnicos

En información recabada de la UMA El Plomito no se tiene el registro de cursos de capacitación al personal que labora, estos son de gran importancia ya que al combinar el conocimiento local con conocimiento científico contribuyen al desarrollo tanto personal como profesional de las personas, a la vez que redunda en beneficios para la empresa. Representando una inversión a largo plazo (genera seguridad y confianza en el manejo de la fauna silvestre).

También, se ha registrado en literatura que algunas UMA´s no han demostrado ser eficientes debido a limitaciones técnicas, así como a escasez de profesionales competentes para fungir como técnicos responsables, en el caso de la UMA El Plomito, este cuenta con un técnico profesional con nivel de licenciatura, encargado del programa de manejo de las tres especies sujetas a aprovechamiento (Montes Pérez R.B. y Mukul Yerves J.M., 2005.)

Contribuciones a la ecología de la conservación

Teniendo en cuenta que actualmente la modelación de especies no consideran complementar esta información con una evaluación del hábitat en las nuevas áreas de distribución potencial identificadas (Ceballos, G. *et al.* 2006a), (Ceballos, G. *et al.* 2006b), (Yañez-Arenas *et al.* 2012), (Araújo *et al.* 2011; Arribas *et al.* 2012) y; estudios que evalúan el hábitat de las especies no consideran los posible efectos por cambios en el clima (López-Arévalo *et al.* 2011), (Alvarez-Cárdenas *et al.* 2009), (Delfín-Alfonso *et al.* 2009); (Flores-Armillas *et al.* 2013), (Gallina-Tessaro 2001), (Guerrero Cárdenas *et al.* 2003); (Rojas y Gallina 2007), (Saavedra *et al.* 1999; Semarnap (Secretaría De Medio Ambiente 2000), (Serra-Ortiz *et al.* 2008), la aplicación de MDP combinada con herramientas SIG puede resultar sumamente valioso, permitiendo hacer factible la medición cuantitativa y cualitativa del impacto generado, permitiendo prepararnos para abordar las cuestiones de dichos impactos. Permitiendo llenar vacíos de información que han limitado el desarrollo de estrategias de conservación sustentables en un contexto de cambio climático, preparándonos para abordar las cuestiones de los efectos en los procesos ecológicos.

- La metodología propuesta representa una buena herramienta para ayudar a definir estrategias zonificadas contemplando variables ambientales en el tiempo, así como para documentar de forma rápida y con un mínimo de datos, la calidad y cantidad de hábitat potencial disponible para el manejo de especies silvestres con potencial de aprovechamiento cinegético en la UMA El Plomito.
- El modelo generado ayuda a conocer la calidad y disponibilidad del hábitat para tres especies silvestres de alto valor biológico y cinegético a escala paisaje, regional, e incluso a nivel municipal.
- La implementación de las estrategias de adaptación para la conservación y aprovechamiento de las especies y su hábitat favorecen el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad; el desarrollo sustentable (genera empleos y derrama económica) y;

al combate contra el cambio climático al genera servicios y bienes ambientales, tales como: regulación del clima, conservación del ciclo hidrológico, fijación de nitrógeno, formación de suelo, captura de CO^2, control de la erosión, polinización de plantas, control biológico de plagas, degradación de desechos orgánicos.

- El monitoreo de información climática es un elemento clave, que actualmente no se toma en cuenta para la elaboración de los planes de manejo, de manera que se excluyen acciones que permitan a las especie fortalecer y/o incrementar su capacidad adaptativa frente a la problemática; sin embargo, en la UMA se realiza el monitoreo y registro diario de la información climática, misma que no se está aprovechando.

Implicaciones para la conservación de las especies y su hábitat

- Realizar estudios de capacidad de carga con base en el recurso hídrico disponible, contemplando la calidad del hábitat de las especies sujetas a manejo.
- Se sugiere, aplicar y probar el modelo en otras regiones, y realizar un análisis de sensibilidad para definir si las variables utilizadas son las mejores, si la clasificación de las variables es la más adecuada, y cuáles podrían omitirse o incorporarse para mejorar la predicción del modelo.
- Es necesario complementar este tipo de estudios que conjuntan variables ambientales y biologías de las especies, con análisis de uso humano para un manejo más idóneo para la conservación de las especies.
- Capacitación y certificación de los técnicos que elaboran los planes de manejo de las UMA´s para asegurar un aprovechamiento adecuado y sustentable.
- Es importante que aquellas personas que practican la caza sean conscientes del hábitat donde se encuentran y las poblaciones que viven en él, ya sean cinegéticas o no, y que su actuación en el medio es clave para la conservación del mismo y de la propia actividad cinegética.
- Considerar la continuidad de programas en materia ambiental que no se vean afectados por los cambios en el cuerpo administrativo estatal y/o municipal.

Literatura citada

Alvarez-Cárdenas, S.; Galina-Tessaro, P.; Díaz-Castro, S.; Guerrero-Cárdenas, I.; Castellanos-Vera, A.; Mesa-Zavala, E. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. Tropical Conservation Science 2(2).

Araújo, M.; Guilhaumon, F.; Neto, D.; Pozo, I.; Calmaestra, R. 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2 Fauna de vertebrados. Dirección general de medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

Arribas, P.; Abellán, P.; Velasco, J.; Bilton, D.T.; Lobo, J.M.; Millán, A.; Sánchez-Fernández, D. 2012. La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. Revista Ecosistemas 21(3): 79-84.

Ceballos, G. *et al.* 2006a. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Odocoileus hemionus (Venado bura). Distribución potencial. México D.F. Septiembre, 2010.

Ceballos, G. *et al.* 2006b. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Odocoileus virginianus (Venado cola blanca). Distribución potencial. México D.F. Septiembre, 2010.

Delfín-Alfonso, C.A.; Gallina, S.; López-González, C.A. 2009. Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. Tropical Conservation Science 2(2): 215-228.

Flores-Armillas, V.H.; Botello, F.; Sánchez-Cordero, V.; García-Barrios, R.l.; Jaramillo, F.; Gallina-Tessaro, S. 2013. Caracterización del hábitat del venado cola blanca (Odocoileus virginianus mexicanus) en los bosques templados del Corredor Biológico Chichinautzin y modelación de su hábitat potencial en Eje Transvolcánico Mexicano. THERYA 4(2): 377-393.

Gallina-Tessaro, S.A.; Hernández-Huerta, A.; Alejandro, C.; Delfín-Alfonso; González-Gallina, A. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. 10

Guerrero Cárdenas, I.; Tovar Zamora, I.; Álvarez Cárdenas, S. 2003. Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón, Ovis canadiensis weemsi, en la Sierra del Mechudo, BCS, México. Anales del Instituto de Biología serie Zoología 74(001).

López-Arévalo, H. F., S. Gallina, R. Landgrave, E. Martínez-Meyer, y L. E. Muñoz-Villers. 2011. Local knowledge and species distribution models´contribution towards mammalian conservation. Biological Conservation 144:1451-1463.

Maestre, F.T.; Salguero-Gómez, R.; Quero, J.L. 2012. It is getting hotter in here: determining and projecting the impacts of global environmental change on drylands. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 367(1606): 3062-3075.

Montes Pérez R.B. y Mukul Yerves J.M., 2005. Fauna silvestre como alternativa ganadera.

Rojas Sánchez, G.; Gallina, S. 2007. Metapoblaciones, el reto en la biología de la conservación: el caso del venado bura en el Bolsón de Mapimí. Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos: 115.

Saavedra, E.E.L.; Lee, R.M.; James, C.; VOS, R.E. 1999. Relación uso-disponibilidad de componentes topográficos y un modelo de calidad del hábitat para el borrego cimarrón, en Sonora, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) (076): 17-34.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2015. Componente COUSSA (): aneco L. México D.F. 2015.

Sarukhán, J., *et al.* 2012. Capital natural de México: Acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación. Comisión nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, R.N.y.P. 2000. Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (Ovis canadensis) en México.

Serra-Ortiz, M.A.; González-Saldivar, F.N.; Cantú-Ayala, C.; Guevara-González, J.; Picón-Rubio, F. 2008. Evaluación del hábitat disponible para dos especies de cérvidos en el noroeste de México. Revista mexicana de mastozoología (Nueva Época) 12(1): 43-58.

Yañez-Arenas, C.; Mandujano, S.; Martínez-Meyer, E.; Pérez-Arteaga, A.; González-Zamora, A. 2012. Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México. THERYA 3(1): 67-79.