

Conservación y vulnerabilidad de un ecosistema desértico basada en la Planificación Ecológica del Paisaje, en San Felipe, B.C. México

Conservation and Vulnerability of a Desert Ecosystem Based on Landscape Ecology Planning, in San Felipe, B.C. Mexico.

Karla Posada Villar^a, Adriana M. Arias-Vallejo^b, Elvia Oralia Villegas Olivar^c.

^akarla.posada@uabc.edu.mx; ^baarias91@uabc.edu.mx; ^covillegas@uabc.edu.mx

Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, México.

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Autónoma de Baja California, México.

Enviado: 04/02/2023 / Aceptado: 04/10/2023

Posada Villar, K; Arias Vallejo, A; Villegas Olivar, E: (2023) "Conservación y vulnerabilidad de un ecosistema desértico basada en la Planificación Ecológica del Paisaje, en San Felipe, B.C. México" en Revista Proyección, Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial N°34, Vol. XVII, Instituto CIFOT, Universidad Nacional De Cuyo, pp. 25 – 46, ISSN 1852 - 0006



<https://doi.org/10.48162/rev.55.043>

Resumen

Los ecosistemas y paisajes desérticos durante los procesos de urbanización, son propicios a ser degradados por el hombre por ser considerados tierras áridas e infructíferas. Para analizar estos problemas y plantear soluciones se utilizan los principios de la Ecología de Paisaje (EP), que permiten entender al territorio desde una perspectiva geográfica e integral. Estos principios permiten analizar el paisaje y determinar su estado de conservación y vulnerabilidad, así como prevenir que los asentamientos humanos se emplacen en zonas de riesgo. La metodología se aplica en San Felipe, México, localizado en el desierto de Sonora. Se realizó el análisis de Idoneidad Intrínseca del medio biofísico a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Teniendo como resultado que las sierras son las zonas más aptas de conservación y con mayor grado de vulnerabilidad, donde convergen los factores más representativos del medio biofísico y, son las zonas más frágiles por sus materiales y la presencia de fallas geológicas. Es posible determinar que el uso de la EP como base de la planeación es recomendable, debido a que identifica y analiza los componentes y los fenómenos que causan las interrelaciones en el paisaje.

Palabras clave: Ecosistema terrestre, Paisaje, Conservación de la naturaleza, Planificación regional, Sistemas de información geográfica.

Abstract

Desert landscapes and ecosystems during urbanization processes are prone to be degraded by man because they are considered arid and unfruitful lands. To analyze these problems and propose solutions, the principles of Landscape Ecology (LE) are used, which allow us to understand the territory from a geographical and holistic perspective. These principles allow the analysis of landscape and to determine its state of conservation and vulnerability, as well as preventing human settlements from being located in risk areas. The methodology is applied in San Felipe, Mexico, located in the Sonoran Desert. The biophysical environment was studied through Intrinsic Suitability Analysis and Geographic Information Systems (GIS). Obtaining as a result that the mountains are the most suitable areas for conservation and with the highest degree of vulnerability, because the most representative factors of the biophysical environment converge, and they are the most fragile areas due to their materials and the presence of geological faults. Determining that, the use of the LE as a basis for planning is recommended because it identifies, and analyzes the components and phenomena that cause interrelationships in the landscape.

Keywords: Terrestrial Ecosystem, Landscape, Nature Conservation, Regional Planning, Geographic Information Systems

Introducción

En países en vías de desarrollo, el territorio se planifica considerando la necesidad de adquirir espacios para urbanización y muchas veces no se toma en cuenta las condiciones medioambientales en las que se encuentra, lo que impacta directamente en la alteración del paisaje natural y reduce las áreas de conservación, resolviendo de manera inmediata los problemas de habitabilidad, producto del crecimiento poblacional desmedido (Ardiles Barbarán, 2021). En la mayoría de las ocasiones, al realizar este tipo de prácticas, donde se prioriza la planificación urbana, entendida como la intervención del Estado en el diseño y mantenimiento de las ciudades (Roitman, 2008), se produce un impacto considerable en el paisaje natural, logrando su degradación y dejando vulnerables a los asentamientos humanos, ante riesgos provenientes de fenómenos naturales (Belmeziti, Cherqui, & Kaufmann, 2018).

En México, de acuerdo con el censo de Población y Vivienda del 2020 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2020) el 79% de la población habita en ciudades, generando tensiones económicas, ambientales, sociales, políticas y culturales,(Quiroz, 2018); porque los procesos de urbanización se enfocan en la transformación urbana en busca de un desarrollo visible con la inclusión de proyectos arquitectónicos a gran escala, que benefician a los gobiernos locales y sectores inmobiliarios y extranjeros, sin tomar en cuenta las necesidades sociales y ambientales que presentan las urbes (Negrete, 2016). Para evitar que esto suceda, en materia de planificación, existen instrumentos que rigen los procesos para realizar políticas públicas y estrategias encaminadas a un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, gestión, uso de suelo y actividades económicas productivas que se llevan a cabo en el territorio estatal (Periódico Oficial del Estado de Baja California, POEBC, 2014); Así mismo, lograr una coherencia social y ambiental en las intervenciones territoriales, tanto urbanas como regionales, y que esto no impacte en los ecosistemas existentes, como lo es el desierto.

El desierto es propicio a ser degradado debido a que existe la tendencia de considerar que son terrenos improductivos e infructuosos, estando alejado de la realidad; ya que de acuerdo con McCarthy, et al., (2022), los desiertos son lugares con una riqueza abundante debido a que albergan especies particulares capaces de adaptarse a condiciones extremas; en concordancia explica Martínez Valderrama (2017), que la complejidad de los ecosistemas desérticos se debe a su maduración y aridez, siendo algo muy distante a la desertificación. Término con el que confunden a los desiertos. La Convención de Naciones Unidas citado en (Martinez Valderrama, Ibáñez, Gartzia, & Alcalá, 2021) definió desertificación como la degradación, es decir, la pérdida de

productividad de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, que es el resultado de actividades humanas, variaciones del clima y una planificación inadecuada, resaltando con ello la importancia de conservar este paisaje.

Las prácticas de conservación del Paisaje, se refieren a la protección de zonas de gran importancia biológica, que permitan mantener el estado natural del paisaje y su provisión de servicios ecosistémicos intrínsecos; de tal forma que se evite caer en prácticas donde la importancia recaiga en resaltar el valor escénico y la poca diversidad (Belote, et al., 2021). Debido a que la conservación del paisaje en la planeación urbana, no se vuelve prioridad de acuerdo con Saldías (2019) al no resaltar sus elementos biofísicos, como la geomorfología, los ciclos y flujo del agua, la permeabilidad de los suelos e inclusive la misma vegetación, dándole prioridad a las construcciones. Por lo que el presente estudio busca la conservación al delimitar el grado de susceptibilidad del paisaje al cambio por intervenciones humanas como Gayoso & Acuña (1999) donde sus objetivos son determinar el grado de conservación de los componentes del paisaje, ante su propensión a ser degradados y así evitar impactos negativos al medio ambiente. Donde las estrategias de conservación incluyen las prioridades de manejo y gestión del medio biofísico (Manríquez, Mansilla, & Moreira, 2019).

Del mismo modo que la conservación es importante estimar la vulnerabilidad ambiental la cual, de acuerdo con Marín, Bravo & Manjarez (2017), se refiere a la pérdida de recursos que sufre un territorio al hacer frente a amenazas ambientales, donde el sistema tiene una incapacidad de reponerse ante los efectos de estos fenómenos extremos, con la finalidad de identificar aquellas zonas que son susceptibles a degradarse para convertirlas en puntos de conservación. En el mismo sentido Weibhuhn (2019), señala que la identificación de los puntos críticos de vulnerabilidad ambiental, proporcionará orientación para posibles intervenciones de protección y mantenimiento, resaltando la importancia de evaluar la vulnerabilidad; que de acuerdo a Fuchs, Birkmann & Glade (2012), es la capacidad de identificar y comprender aquellos elementos ambientales que representan un riesgo potencial para la sociedad, como desastres naturales, el cambio climático y la distribución espacial de la mancha urbana, que pueden ser propicios a peligros por la degradación del ecosistema natural. Por lo tanto, en esta investigación se busca conservar el ecosistema natural, el desierto, el cual es susceptible a la degradación por la intervención humana y al mismo tiempo determinar las zonas más vulnerables donde podrían emplazarse los asentamientos humanos, para evitar riesgos por elementos ambientales.

Para realizar los análisis de conservación y vulnerabilidad del paisaje, se va a utilizar la ciencia interdisciplinaria que interrelaciona al hombre con el espacio vivo que habita: la Ecología de Paisaje (EP) (Zonneveld, 1990; Odum & Barrett, 2006). Término acuñado por Troll, quien describió la EP como “el estudio complejo de elementos interactuantes entre la asociación de seres vivos (Biocenosis) y sus condiciones ambientales, los cuales actúan en una parte específica del paisaje” p.80 (Troll, 2003) profundizando en como las condiciones ecológicas establecen la distribución espacial vegetal además de aquellas relaciones naturales que le dan carácter al paisaje natural. Del mismo modo (Naveh & Lieberman, 1993) resaltan la importancia de esta disciplina para abordar el paisaje como un todo, desde su concepción, estudio y manejo, entendiendo los sistemas y proponiendo una solución acorde a sus necesidades; siendo la clave para explicar y entender el funcionamiento de los ecosistemas, en relación a su estructura natural y las dinámicas poblacionales (Selman, 1993). La cual posibilita el desarrollo de procesos innovadores para gestionar los ecosistemas (De Ortiz, 2021).

Una de las aplicaciones de la EP, es la Planificación Ecológica del paisaje, la cual relaciona las áreas naturales con las necesidades humanas, y se enfoca en la integración del conocimiento científico y técnico, teniendo como objetivo la protección de los recursos naturales y culturales para su estudio (Thompson & Steiner, 1997). Este tipo de planificación ofrece una mejor aplicación de los elementos ecológicos sobre las áreas urbanas (Misovicová & Ruzicka, 2013). Con este tipo de planificación se busca aplicar los principios de la EP, los cuales de acuerdo a Cadenasso & Pickett (2008) sirven como guía para el diseño de la EP y su mantenimiento, estos principios de acuerdo con Forman & Godron (1991), son El hombre y su intervención en el paisaje, escalas, estructura del paisaje y funciones. Donde Cadenasso & Pickett (2008) y Lovell & Johnston, (2009) resaltan la importancia de la estructura y función en el paisaje, siendo estos los principios aplicados en el presente trabajo.

La estructura espacial de un paisaje, de acuerdo a Forman & Godron, (1986) se obtiene al entender las relaciones espaciales entre los distintos elementos o ecosistemas, apreciando la distribución de energía, los materiales, las especies en relación al tamaño forma, número y especialmente ver cómo está configurado el ecosistema. En cuanto a la función del paisaje, se refiere a las interacciones que se dan entre los elementos espaciales que incluye el flujo de energías, materiales y especies sobre la configuración ecosistémica particular que abarca el paisaje de estudio. (Forman & Godron, 1986). Donde Lovell & Johnston, (2009) incluyen la función en el paisaje, resaltando su multifuncionalidad, que es la encargada de proveer

servicios ecosistémicos, los cuales son definidos como beneficios para la población que derivan de manera directa o indirecta de las funciones del ecosistema.

La aplicación de los principios de estructura y función del paisaje, se da mediante la perspectiva de la EP, utilizando la Metodología de Aptitud Territorial de McHarg (2000), que utiliza los componentes del medio natural para identificar el uso óptimo del paisaje, dicha metodología está respaldada por (Daniels, 2019), quien la describe como un parteaguas en la planificación por incluir el entendimiento del medio biofísico para determinar los lugares idóneos del desarrollo territorial; por lo cual se aplica el análisis de idoneidad intrínseca, el cual permite obtener las aptitudes del paisaje; entendiendo que el paisaje es un instrumento que se debe gestionar mediante principios que conlleven a su protección, valoración y conservación dentro del marco del Convenio Europeo del Paisaje (Muñoz, 2012). Por lo tanto, este trabajo busca proponer soluciones para proteger tanto al ecosistema como a los habitantes de asentarse en zonas de riesgo ambiental y de esta manera, obtener las zonas más propicias a conservarse e identificar aquellas zonas de vulnerabilidad ambiental que representan un riesgo para los habitantes, esto aplicado en el paisaje desértico de San Felipe, B.C., México.

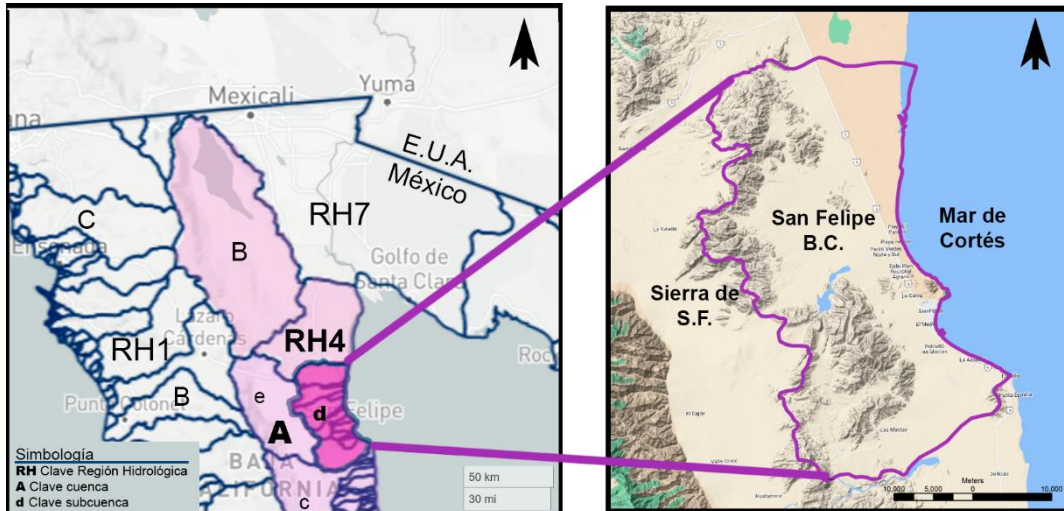
Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó a escala macro, entendiendo escala como “un nivel pertinente de organización del espacio” (Monnet, 1999) y la parte de macro se refiere a una gran escala, es decir, una sección amplia del territorio, que permite observar la región espacial, la subcuenca y los fenómenos que suceden en su interior, pero sobre todo como se relacionan los elementos del medio biofísico para poder obtener la aptitud de conservación y vulnerabilidad. Estas aptitudes se obtienen por medio de la metodología de McHarg (2000) y siguiendo los principios de la Ecología de Paisaje, estructura y función, aplicados al área de estudio, San Felipe, Baja California.

San Felipe, Baja California, se encuentra en el desierto de Sonora, ubicado en América del Norte, entre Estados Unidos y México, uno de los desiertos más extremos y diversos del mundo, donde el área de estudio cuenta con una superficie de 1581.75 km², delimitada por la región hidrológica No. 4, —Baja California Noreste— abarcando la cuenca A, y la subcuenca “d”, (ver Fig. N°1); se localiza a 194 km al Norte de la ciudad de Mexicali, la cual es frontera con Estados Unidos de América, colinda al Este con el mar de Cortés, al Oeste con la sierra de San Felipe y la sierra de San Pedro Mártir. En cuanto al clima, es seco, con una temperatura máxima promedio en verano de 39°C y una temperatura mínima promedio en invierno, de 7.34°C (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2023; Climate Data, 2019).

La poligonal de estudio forma parte de un Área Natural Protegida que es la Reserva de la Biosfera, del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, denominada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), en la que se pueden encontrar asociaciones vegetales terrestres como matorral xerófilo, sarcocaulé y desértico micrófilo, además de vegetación halófila y de desiertos arenosos (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP, 2022).

Figura N° 1. Poligonal de estudio



Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (2020).

Para el análisis de la estructura del paisaje se utilizó la información cartográfica de los componentes biofísicos que conforman el área de estudio, procesada con el software de Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.5 (Environmental System Research Institute, ESRI, 1999). Al analizar los factores del medio biofísico y al ver las interrelaciones que tienen entre ellos, da como resultado el paisaje específico de San Felipe., es decir, como es que determinado clima, con cierta roca, suelo e hidrología particular, da una asociación vegetal característica, asociada con un uso de suelo, teniendo una vocación; esta vocación son las aptitudes de conservación y vulnerabilidad que se buscan al aplicar los principios de estructura y función del paisaje, por medio del Análisis de Idoneidad Intrínseca (AII) (McHarg, 2000).

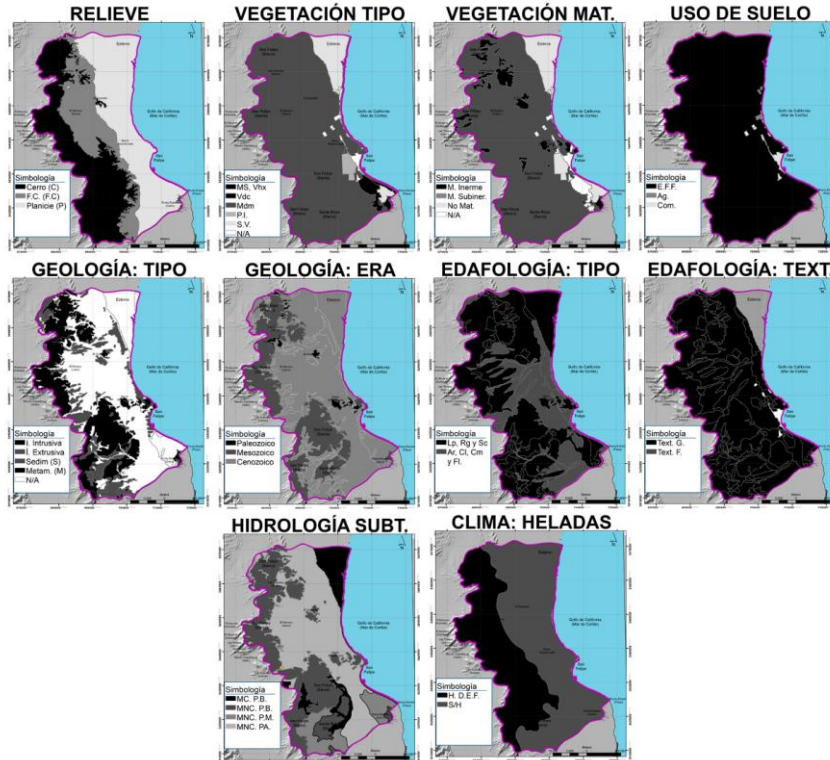
El análisis de idoneidad intrínseca (McHarg, 2000), que de acuerdo con Herrington (2010), es el método de la sobreposición de mapas utilizado para obtener los resultados deseados en el proceso de planificación y diseño, donde cada elemento es un mapa o una capa "layer" superpuesta entre sí, donde se asigna un valor a cada factor del medio biofísico, de acuerdo a los criterios de orden, que identifican aquellos factores más relevantes para el uso de suelo buscado: la conservación y la vulnerabilidad ambiental.

Análisis de Idoneidad Intrínseca (All)

El análisis de idoneidad intrínseca (McHarg, 2000) (All), busca encontrar la función del paisaje, al entender la vocación del mismo, por medio del análisis de los componentes que conforman su estructura territorial; para entender estos componentes se utiliza como apoyo la cartografía existente, en el caso de México el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), es el encargado de realizar la cartografía temática del territorio nacional, teniendo como resultado los mapas de clima, geología, formas de relieve, edafología, hidrología superficial, hidrología subterránea, uso de suelo y vegetación, los cuales se tomaron como base para este estudio debido a que influyen en cada aptitud buscada, conservación y vulnerabilidad.

Para poder aplicar el All, primero se deben asignar valores a cada elemento, el método utilizado para la asignación de dichos valores de ponderación, es el Proceso Jerárquico Analítico, (Morales & de Vries, 2021) donde se derivan los valores de preferencia a partir de matrices de comparación para determinar el valor subjetivo de cada elemento, por lo que, se calificó por separado cada uno de estos temas, utilizando rangos del 1 al 5, expresando de esta manera los valores extremos, del menos (1) al más (5), y de esta manera identificar las zonas más aptas para conservación y las zonas más vulnerables; esta calificación se representa mediante mapas en escalas de grises (Ver Fig. N° 2).

Figura N°2. Cartografía temática para conservación calificada



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Una vez teniendo los mapas calificados se prosigue con los mapas resumen, en este caso es uno para conservación y otro para vulnerabilidad; utilizando el procesamiento de sobreposición ponderada *Weighted Overlay*, la cual es una herramienta de geoprocésamiento que utiliza dos o más imágenes ráster, a las que se le asigna un valor según su importancia de acuerdo a una escala en común (Environmental System Research Institute, ESRI, 1999). para el que se necesita una tabla de calificaciones, en la cual cada tema se pondera de acuerdo a su importancia representando un porcentaje relativo, por lo que la sumatoria de todos los elementos busca llegar a un valor de 100 que representa el porcentaje total para cumplir con la aptitud de conservación y con la aptitud de vulnerabilidad.

Aptitud de conservación

Para realizar la aptitud de conservación, se determinaron las unidades ambientales, para las cuales en primer lugar se tomó en consideración como está compuesta la zona de estudio, es decir su morfología o formas de relieve, para identificar donde se encuentran las sierras como la Sierra de San Felipe, Sierra Abandonada y Sierra de Santa Rosa y cerros como Cerro El Colorado y el Cerro Punta Estrella; las faldas de los cerros y las planicies como llano El Moreno y los esteros; para después entender cuáles son los elementos que conforman cada una de estas formas de relieve desde su formación interior, como lo sería su geología, edafología, hidrología y clima, hasta el paisaje que se puede observar, que es el resultado de los factores internos cómo es su vegetación y uso de suelo; tomando en cuenta, que San Felipe es una zona desértica, sus asociaciones vegetales corresponden a este tipo de ecosistema, como lo son: el matorral desértico microfilo, el matorral sarcocaulé, vegetación halófila xerófila y vegetación de dunas costeras.

El Matorral desértico microfilo, se encuentra distribuido a lo largo de la zona de estudio, se caracteriza por ser arbustos de hojas pequeñas, pueden o no ser espinosas, una especie propia de esta comunidad es la gobernadora. *Larrea tridentata*. Por otra parte, está el Matorral sarcocaulé, ubicado en el cerro de Punta Estrella y es la vegetación característica del Valle de los Gigantes, nombre del bosque de cactáceas ubicado en esta zona; este tipo de comunidad vegetal se puede identificar por la presencia de arbustos carnosos con tallos gruesos que se desarrollan sobre suelos rocosos y someros, tiene como especies representativas a los cardones *Pachycereus pringlei* y las saguaros. Otra asociación vegetal es la vegetación de dunas costeras, localizadas al suroeste del área de estudio, colindando con el límite de la poligonal y el mar de Cortés, este tipo de vegetación se reconoce por la presencia de plantas pequeñas o suculentas, las cuales tienen un papel fundamental ya que son

las pioneras y fijadoras de la arena, por lo que gracias a ellas se evita el arrastre de la arena por viento y oleaje, sin embargo, son susceptible a su degradación por su tamaño. Por último, está la vegetación halófila xerófila, la cual se encuentra entre los límites sur del poblado de San Felipe y el cerro Punta Estrella la cual se refiere a una vegetación arbustiva o herbácea que se desarrolla en suelos ricos en sales, son especies de baja altura, caracterizadas por pastos rizomatosos y tallos rígidos (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2008). Por lo tanto, al analizar las unidades, los elementos que lo conforman y determinar la ponderación de cada uno, se obtienen las zonas más propicias a conservarse.

Una vez teniendo la información de los elementos que conforman el área de estudio se aplica la metodología del AI es decir el Análisis de Idoneidad Intrínseca de (McHarg, 2000), asignando los valores para su ponderación de acuerdo al grado de compatibilidad con la conservación, donde el número 5 es el más compatible para conservarse y el 1, es el menos compatible (Ver Tabla N°1). Una vez teniendo esta información se procede a realizar la sobreposición ponderada y así obtener el mapa resumen de conservación.

Tabla N°1. Calificación por unidad ambiental, para aptitud de conservación

Calificación General	Unidad	Elementos	Valoración de elementos
30	Forma de relieve; se encuentra en este lugar porque rige el territorio por las interrelaciones que suceden, donde el cerro es el más propicio a conservarse, mientras que la planicie es menos propicia.	Cerro (C) Falda del Cerro (F.C.) Planicie (P)	5 4 3
10	Vegetación tipo; a mayor particularidad del tipo de asociación vegetal, más propensa a conservación.	Matorral sacrocaule (MS) Vegetación Halófila Xerofila (Vhx) Vegetación de dunas (Vdc) Matorral desértico microfilo (Mdm) Área sin vegetación, esteros. (S.V.) Pastizal Inducido (P.I.)	5 5 4 3 2
10	Vegetación tipo matorral; a mayor particularidad del tipo de matorral, más propensa a conservación.	Matorral inerme Matorral subinerme	5 4
15	Uso de suelo; dependiendo del uso actual, se puede determinar el estado de conservación del área.	Ecológico florístico y Fisionómico (E.F.F.) Agrícola (Ag) Complementario (Com)	5 3 1
7	Geología clase; a mayor particularidad del tipo de roca, más propicia a conservarse.	Metamórfica (M) Sedimentaria (S) Ígnea Extrusiva (Í.extrusiva) Ígnea Intrusiva (Í.Intrusiva) No Aplica (N/A)	5 4 3 2 1
7	Geología era; a mayor antigüedad de la roca más propicia a conservarse.	Paleozoico Mesozoico Cenozoico	5 4 3

6	Edafología clase; a mayor particularidad del tipo de roca, más propicia a conservarse.	Leptosol (Lp), regosol (Rg), y solonchack (Sc).	5
		Arenosol (Ar), calicisol (Cl), cambisol (Cm), y fluvisol (Fl).	4
6	Edafología textura; a mayor finesa de la textura más propicia a conservarse.	Textura media	5
		Textura Fina (F.)	4
		Grueso (G.)	3
5	Hidrología subterránea; a mayor consolidación del material y menor posibilidad de extracción del agua subterránea, más propicio a conservarse.	Material consolidado con posibilidades bajas. (MC. P.B.)	5
		Material no consolidado con posibilidades bajas. (MNC. P.B.)	4
		Material No consolidado con posibilidades medias. (MNC. P.M.)	3
		Material no consolidado con posibilidades altas. (MNC. PA.)	2
4	Clima; a presencia de heladas, más propicio a conservarse.	Heladas en diciembre, enero y febrero (H.D, E, F)	4
		Sin heladas (S/H)	3

Fuente: Elaboración propia. 2023

En la Tabla N°1. se expresan los elementos considerados para conseguir la aptitud de conservación, empezando por la calificación general con la que se ponderan todos los temas dando un total de 100%. La siguiente columna expresa la unidad ambiental y la relevancia de cada factor y justificación con respecto a su posición; se prosigue con los elementos que conforman cada unidad ambiental y por último se encuentra la valoración de estos elementos, que es expresada con un valor numérico utilizando los rangos del 5 al 1; Estos valores también se representan de forma gráfica dentro de la poligonal de estudio con el criterio de escala de grises, asignando el 5 al color negro representando una mayor aptitud de conservación y el 1 al blanco donde no existe ninguna aptitud para conservación, (Ver Fig. N°2). De esta manera se tiene la información base lista para poder realizar la sobreposición ponderada y obtener la aptitud de conservación de San Felipe, B.C.

Aptitud de Vulnerabilidad

Para obtener la aptitud de vulnerabilidad, también se utiliza el Análisis de Idoneidad Intrínseca All, donde los temas que influyen en esta aptitud son: uso de suelo, hidrología superficial, formas de relieve, pendientes, edafología clase, geología fallas y fracturas e hidrología subterránea; los cuales se dividen en elementos, estos elementos se califican y se ponderan, colocándolos en el rango, donde el número 5, es de los factores más vulnerable, es decir a aquellos que representan un riesgo para el emplazamiento de asentamientos humanos, mientras que el rango inferior, el número 1, es para aquellos que no representan un riesgo ambiental (Ver Tabla N°2).

Tabla N°2. Calificación por unidad ambiental, para aptitud de vulnerabilidad

Calificación General	Unidad	Elementos	Valoración de elementos
30	Uso de suelo; Se encuentra en esta posición debido a que el riesgo está relacionado a la afectación de los asentamientos humanos, por lo tanto, la zona complementaria es la más vulnerable.	Complementaria	5
		Agrícola pecuaria forestal	3 1
20	Hidrología superficial; expresa sí existe un uso urbano en zonas de inundación o escurrimientos, debido a que estas se vuelven zonas más propensas a sufrir un riesgo ambiental	Ecología, Florística, fisionómica	5
		terreno sujeto a inundación	5
		Corrientes de agua de mar	4
		Escurremientos	2
18	Forma de relieve; su relevancia radica en su cercanía con los cerros, debido a que los asentamientos urbanos corren el riesgo de inundación por escurrimientos o deslave del cerro por temblores.	Áreas propensas a inundación	1
		Planicie	3
		Falda de Cerro Cerro	5
14	Pendiente; indica el riesgo en relación a la pendiente, entre mayor es la pendiente, mayor es el riesgo de deslave por temblores.	>45	5
		30 - 45	4
		12 - 30	3
		3 - 12	2
		0 - 3	1
8	Edafología clase; Esta en función a los temblores, debido a que, entre más gruesa es la textura y la composición del suelo, mayor el riesgo de deslave.	Leptosol, regosol y solonchack	5
		Fluvisol	4
		Arenosol, calcisol	3
		cambisol	
6	Geología; se encuentra en penúltimo lugar porque la presencia de fallas y fracturas se encuentran alejadas de los asentamientos humanos.	Fracturas	4
		Fallas	5
4	Hidrología Subterránea; a menor estabilidad estructural, mayor riesgo de colapso.	Material no consolidado con posibilidades bajas	5
		Material No consolidado con posibilidades medias	4
		Material no consolidado con posibilidades altas	4
		Material consolidado con posibilidades medias	2
		Material consolidado con posibilidades bajas	1

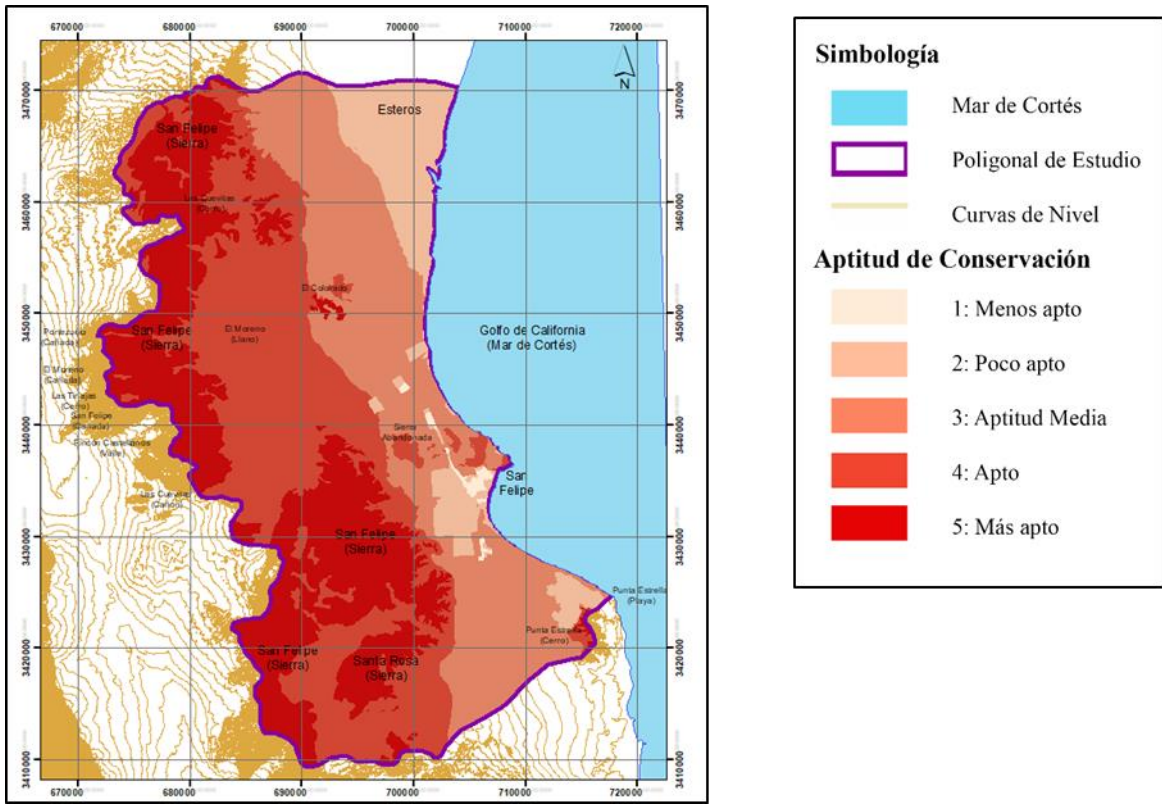
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°2. se expresa la calificación general con la que se ponderan los temas que determinan la aptitud de vulnerabilidad; después se expresa la unidad y las razones por las que encuentra en esa posición; teniendo los temas y el orden, se calificó cada elemento de cada unidad por rango, para posteriormente realizar las imágenes ráster de cada unidad en escala de grises y por último, aplicar la sobreposición ponderada para obtener el mapa resumen de vulnerabilidad que determina si un asentamiento humano se emplaza en una zona de riesgo ambiental.

Resultados

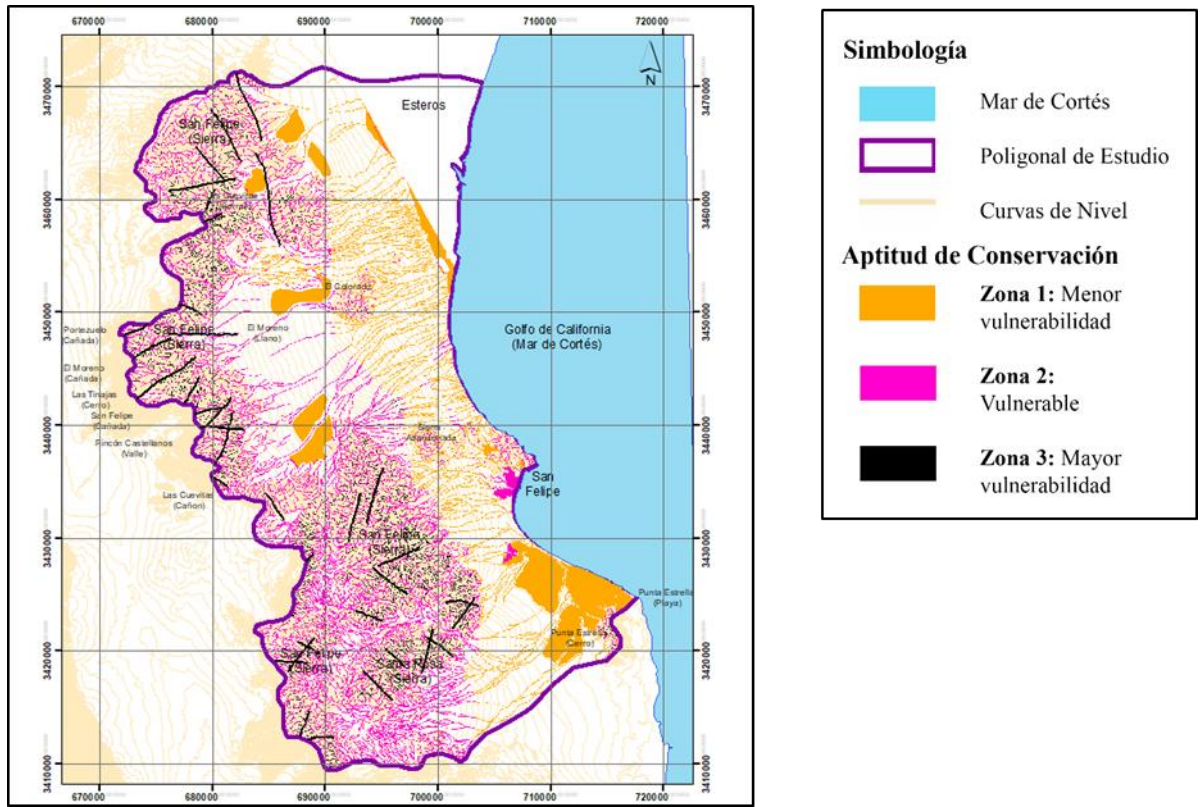
Los resultados están representados por los mapas resúmenes (Ver Fig. N°3 y 4). En la Fig. No3, el tono más oscuro están aquellos factores que tienen mayor compatibilidad con la conservación del territorio de San Felipe B.C y los más claros son aquellos menos aptos para conservarse; mientras que en la Fig. No 4. los más oscuros representan las zonas más vulnerables, siendo las que constituyen mayor riesgo para los asentamientos humanos y las más claras aquellas menos vulnerables que constituyen las zonas de menor riesgo para los asentamientos humanos.

Fig N°. 3. Mapa de aptitud de conservación



Fuente: Elaboración propia. 2023

Fig N°. 4. Mapa de aptitud de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia. 2023

En el análisis de la aptitud de conservación se obtuvieron cinco zonas (ver Fig. N°3), donde las áreas con mayor aptitud para conservación se encuentran en la sierra, Zona 5, que presenta menores temperaturas y pueden llegar a existir heladas en los meses de diciembre, enero y febrero; de la geología se encuentra la era mesozoica con roca ígnea intrusiva, que de acuerdo a la hidrología subterránea es un material consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea, teniendo como suelo leptosol que se representa por la roca aparente y es de textura gruesa, por lo que no se puede extraer agua, teniendo un uso de suelo natural (Ecológico- Florístico- Fisionómico) donde la vegetación predominante es de matorral desértico microfilo, teniendo pequeñas zonas sobre la sierra de matorral inerme, es decir matorral espinoso y donde las pendientes se encuentran más pronunciadas, todas estas son razones relevantes para buscar que la sierra tenga una mayor aptitud para conservación.

La zona 4, también es relevante para poder conservarse por sus elementos y la interacción que se dan entre ellos; dentro de esta zona se encuentra en la sierra y en la falda de la sierra, también ocupa la parte que pertenece a la sierra Abandonada, al cerro El Colorado y al cerro Punta Estrella. Se resalta la geología existente, donde

está la combinación de la era Paleozoica con la roca metamórfica, han tomado aproximadamente 541 millones de años para consolidar las formas de relieve. Otra combinación existente es de la era Cenozoica con la roca sedimentaria, la cual es importante por sus capas, de acuerdo a la hidrología es un material consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea, cuenta con varios tipos de suelo, pero lo que conforma los cerros y la sierra es el leptosol, aunque en gran parte del pie de montaña está integrado por regosol y fluvisol, en cuanto al uso de suelo también se resalta el uso natural (Ecológico- Florístico -Fisionómico), por su parte la vegetación, también es de matorral desértico microfilo y matorral inerme sobre todo en donde están los cerros y la sierra La Abandonada. Por cómo actúan los factores ambientales dentro de esta zona, también es importante que se busque un grado de conservación, aunque sea menor que el de la zona anterior.

La zona 3, es de mediana importancia para buscar su conservación, ya que se encuentra en la zona de planicie y las zonas arenosas que rodean los asentamientos urbanos; sin embargo, dentro de esta zona existen puntos naturales que son vitales para su conservación como es el caso de la vegetación halófila xerófila, el matorral sarcocaulo y la zona de dunas costeras, estas comunidades vegetales se encuentran al sureste de la poligonal, colindando con el Mar de Cortés. Sin embargo, la vegetación de dunas costeras es susceptible a desaparecer porque da pie al desarrollo de otras actividades, como la construcción de zonas turísticas, la presencia de ganado bovino y caprino y la incorporación de terrenos agrícolas. Este tipo de vegetación es tan susceptible, que en el plano de INEGI (2008), aún aparece como existente; sin embargo, en las imágenes satelitales del 2019 el lugar donde existía esta asociación vegetal ya se encuentra ocupado por un uso de suelo turístico.

La zona 2, es donde están los esteros, su geología es de la era Cenozoica, que es la actual, presenta material no consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea, suelo Solonchack, exceso de sales, por lo que realizar un asentamiento en esta zona por las características físicas del territorio presenta un costo - beneficio desfavorable, siendo una zona sin vegetación aparente (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2008), por lo que los elementos que la componen no son los más relevantes para su conservación, sin embargo, tampoco permite que la mancha urbana crezca sobre ella por sus características físicas.

La zona que no tiene aptitud para conservación es la zona 1, que de acuerdo con la carta de usos de suelo y vegetación (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2008) se localiza en el área complementaria, es decir, en la mancha urbana y esta no tiene aptitud para conservación porque ya está urbanizada.

En cuanto a la vulnerabilidad, representa el riesgo de colocación de asentamientos humanos en puntos vulnerables, por lo tanto, las zonas de mayor vulnerabilidad son zonas que se deben proteger de alguna manera para evitar estos asentamientos. Como resultado del análisis de la aptitud de vulnerabilidad al procesar los elementos de las unidades ambientales seleccionadas, se obtuvieron 3 zonas (Ver Fig. N°4), representadas por 1, 2 y 3.

La zona 3 es la más vulnerable, por lo tanto, la de mayor riesgo de asentamiento humanos y se encuentra en las puntas de los cerros, donde tienen mayor pendiente y presencia de fallas y fracturas de carácter geológico; a pesar del valor que se le dio a la geología, al momento de hacer el proceso de sobreposición ponderada, resultó ser el punto más vulnerable por la convergencia de sus componentes. La zona 2, está en la falda de la sierra y en los cerros de menor tamaño, donde existe una pendiente media y escurrimientos pronunciados, es importante resaltar que el área urbana de San Felipe, B.C., se encuentra rodeada por pequeños cerros (Sierra Abandonada) que la vuelven susceptible a deslaves e inundaciones, riesgos ambientales que suceden actualmente por la presencia de lluvias extraordinarias. La zona que representa una menor vulnerabilidad es la zona 1, localizada en la planicie entre la sierra y el mar, debido a su composición biofísica que tiene el suelo más consolidado, con textura media o fina y sin presencia de fallas o fracturas; es la zona menos propensa a sufrir daños irreversibles en el estado natural en el que se encuentra, debido a que sí presenta algunas áreas de inundación, sin embargo, esto no sucede por la composición del suelo que permite la filtración del agua superficial, por lo tanto, si se colocan asentamientos y se cambia la cobertura del suelo por material rígido, esta zona también podría ser propensa a inundaciones.

Conclusión y Discusión

Se puede afirmar que la Ecología de Paisaje es una ciencia que se enfoca en las causas de la heterogeneidad en el paisaje; por lo que identifica y analiza todos sus componentes y los fenómenos que causan sus interrelaciones y se puede tomar como base en la planeación. De este modo, al momento de planear una ciudad, comunidad o espacio se realice en el sentido holístico, donde todos los factores que la conforman son relevantes, debido a que cada uno representa un valor distinguido para entender la manera de aplicar los principios de la EP.

Los principios aplicados dentro de la metodología de este proyecto son el hombre y su relación en el paisaje, escala, estructura y función, (Forman & Godron, 1991); estos principios no funcionan de forma lineal y progresiva, por el contrario, funcionan de manera no lineal y regresiva, es decir, al ir avanzando se puede regresar al principio

anterior para hacer una mejor comprensión del territorio, realizando las modificaciones necesarias sí el mismo proyecto lo requiere, para encontrar todos aquellos factores que convergen para lograr la aptitud buscada, tomando en cuenta que cada territorio es un ente que se analiza de manera única, por la gran variedad de factores que convergen en él.

La importancia en la conservación de los paisajes desérticos radica en mantener aquellas zonas que por su estructura intrínseca pueden otorgar mayores beneficios ecosistémicos y al mismo tiempo de acuerdo con Weibhuhn (2019), el identificar las zonas con mayor vulnerabilidad es relevante para poderlas dedicar a la conservación, logrando la resiliencia del territorio. Debido a que frecuentemente el desierto es confundido con desertificación, por sus especies microfilas y de porte pequeño, considerando que no es relevante su conservación, porque visualmente no es llamativo o verde, sin embargo, al degradar las sierras que tienen poca vegetación o eliminar especies pioneras como lo son las dunas costeras, la alteración que se llega a dar resulta considerable debido a la función relevante que cumplen de rompevientos, evitando el arrastre de la arena y consolidando el ecosistema en su sitio.

Al buscar la conservación de un paisaje desértico como San Felipe, B.C., México, una zona que, a pesar de no tener un rápido crecimiento urbano, presenta la degradación de su ecosistema debido a actividades temporales como las carreras SCORE International off-road racing, San Felipe 250¹ y prácticas informales de tiraderos clandestinos de basura, donde también sus habitantes se llegan a asentar en zonas de vulnerabilidad, como lo es la Sierra Abandonada, que rodea el poblado de San Felipe siendo el resultado de una planificación inadecuada; los principios de la EP proveen las bases para que al momento de planificar el paisaje este otorgue los servicios ecosistémicos propios del desierto.

Al aplicar los principios de la Ecología del Paisaje en la planificación se identifica que las sierras son aquellas zonas más aptas para conservarse por la fragilidad de las mismas, debido a que su cobertura es principalmente rocosa, con vegetación de desierto microfilo muy dispersa sobre ellas, por lo que al realizar cualquier tipo de intervención, se vuelven propicias a deslavarse y a eliminar el ecosistema existente, por lo tanto también representan las zonas más vulnerables ambientalmente por los factores que convergen, como la presencia de fracturas y fallas geológicas aunadas a un material inestable; por lo tanto, se pueden emplear herramientas útiles de planeación como lo es la Infraestructura Verde, la cual provee una red de espacios

¹SCORE International off-road racing, San Felipe 250, es una carrera automovilística emblemática con un recorrido de 250 millas, que se lleva a cabo en San Felipe y es para vehículos todo terreno.

Posada Villar, K; Arias Vallejo, A; Villegas Olivar, E | Conservación y vulnerabilidad de un ecosistema desértico basada en la Planificación Ecológica del Paisaje, en San Felipe, B.C. México

verdes (parques, sitios recreativos y áreas naturales) que conserva los valores ecosistémicos y por lo tanto podrían salvaguardar los valores propios del ecosistema desértico y a su vez propiciar una mayor aportación de beneficios ecosistémicos hacia su población, resaltando la importancia de las investigaciones que favorecen la conservación del paisaje natural.

Referencias Bibliográficas

Ardiles Barbarán, M. K. (2021). Propuesta de vivienda vertical sostenible para reducir la expansión urbana no planificada en la periferia de la ciudad de Huamanga – Ayacucho. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.

Belmeziti, A., Cherqui, F., & Kaufmann, B. (2018). Improving the multi-functionality of urban green spaces: Relations between components of green spaces and urban services. *Sustainable Cities and Society*, 1 - 10.

Belote, T. R., Aplet, G. H., Carlson, A. A., Dietz, M. S., May, A., McKinley, P. S., Garncarz, J. (2021). Beyond priority pixels: Delineating and evaluating landscapes for conservation in the contiguous United States. *Landscape and Urban Planning*, 1 - 13.

Cadenasso, M., & Pickett, S. (2008). Urban Principles for Ecological Landscape Design and Maintenance: Scientific Fundamentals. *Cities and the Environment (CATE)*, 1(2), 4.

Climate Data. (2019). Clima de San Felipe, México. Obtenido de [es.climate-data.org](https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/baja-california/san-felipe-4108/):
<https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/baja-california/san-felipe-4108/>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP. (2022). Listado de las Áreas Naturales Protegidas de México. Obtenido de sig.conanp.gob.mx:
<http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/listanp/>

Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2023). smn.conagua.gob.mx. Obtenido de Información Estadística Climatológica:
<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

Daniels, T. (2019). McHarg's theory and practice of regional ecological planning: retrospect and prospect. *Socio-Ecological Practice Research* volume , 197–208.

De Ortiz, L. F. (2021). Cuencas hidrográficas y ecología del paisaje: una guía conceptual y metodológica. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Environmental System Research Institute, ESRI. (1999). ArcGis Desktop 10.5.0.6491. California, Estados Unidos: Environmental Systems Research Institute.

Forman, R., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York.: John Wiley & Sons.

Forman, R., & Godron, M. (1991). *Landscape Ecology*. Estados Unidos de América: John Wiley and Sons, Inc.

Fuchs, S., Birkmann, J., & Glade, T. (2012). Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: current approaches and future challenges. *Natural Hazards*(64), 1969 - 1975.

Gayoso, J., & Acuña, M. (1999). *Guía de conservación de suelos forestales*.

Herrington, S. (2010). The Nature of Ian McHarg's Science. *Landscape Journal*, 29(1), 1-20.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2008). *Uso de Suelo y Vegetación [Carta Digitalizada]*. Escala 1:250 000. Obtenido de www.inegi.org.mx: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Obtenido de www.inegi.org.mx: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Lovell, S., & Johnston, D. (2009). Designing Landscapes for Performance Based on Emerging Principles in Landscape Ecology. *Ecology and society*,, 14(1): 44.

Manríquez, H., Mansilla, P., & Moreira, A. (2019). Hacia una conservación integrada del paisaje biogeocultural de Atacama. *Diálogo andino*, (60), 141-152.

Marín, H. C., Bravo, C. A., & Manjarez, N. (2017). Análisis de vulnerabilidad ambiental de la cuenca alta del río San Pedro, estado Miranda, Venezuela. *Revista Ciencia y Tecnología*, 1 - 8.

Martínez Valderrama, J. (2017). *¿Qué sabemos de? Los desiertos y la desertificación*. Madrid: Libros de la Catárata.

Martinez Valderrama, J., Ibáñez, J., Gartzia, R., & Alcalá, F. J. (2021). Dinámica de Sistemas para comprender los procesos de desertificación. *Ecosistemas, revista científica de Ecología y Medio Ambiente*, 30(3), 1-10.

McCarthy, C., Sternberg, T., Hoshino, B., Banfill, J., Enkhjargal, E., Konagaya, Y., & Phillips, S. (2022). Preserving the Gobi: Identifying potential UNESCO world heritage in Mongolia's Gobi Desert. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 500 - 517.

- McHarg, I. L. (2000). *Proyectar con la Naturaleza*. México: Gustavo Gil.
- Misovicová, R., & Ruzicka, M. (2013). *Landscape Ecological Planning-Landep I. Biosféra, nitra*.
- Monnet, J. (1999). *Las escalas de la representación y el manejo del territorio. . Territorio y Cultura: del campo a la ciudad*, 63-70.
- Morales, F., & de Vries, W. (2021). *Establishment of Land Use Suitability Mapping Criteria Using*. *Land*, 10(3), 235.
- Muñoz, A. (2012). *Guía Metodológica de Estudios de Paisaje*. Valencia, España: Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. La Imprente C.G.
- Naveh, Z., & Lieberman, A. S. (1993). *Landscape Ecology: Theory and Application* 2nd Edición. Nueva York, Estados Unidos: Springer;.
- Negrete, M. P. (2016). *Ciudad de México: el camino recorrido en la conformación de una ciudad global*. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*, 331-351.
- Odum, E., & Barrett, G. (2006). *Fundamentos de la Ecología*, 5a. Edición. México: Thomson.
- Periódico Oficial del Estado de Baja California, POEBC. (3 de Julio de 2014). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California*. Tomo CXXI, No 34, Número especial. Baja California, México: Gobierno del Estado de Baja California.
- Quiroz, D. (2018). *Implementación de infraestructura verde como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en ciudades mexicanas*. México: Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 65p.
- Roitman, S. (2008). *Planificación Urbana y Actores sociales intervinientes: El Desarrollo de Urbanizaciones Cerradas*. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 1 - 16.
- Saldías, G. (2019). *El paisaje y su protección: Tres casos de estudio en Chile*. *Chloris Chilensis, Revista Chilena de Flora y Vegetación*.
- Selman, P. (1993). *Landscape ecology and countryside planning: Vision, theory and practice*. *Journal of Rural studies*, 9(1), 1-21.

Posada Villar, K; Arias Vallejo, A; Villegas Olivar, E | Conservación y vulnerabilidad de un ecosistema desértico basada en la Planificación Ecológica del Paisaje, en San Felipe, B.C. México

Thompson, G. F., & Steiner, F. R. (1997). *Ecological Design and Planning*. Nueva York, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.

Troll, C. (2003). *Ecología del Paisaje*. *Gaceta Ecológica*, 71- 84.

Weibhuhn, P. (2019). *Regional assessment of the vulnerability of biotopes to landscape change*. *Global Ecology and Conservation*, 1 - 14.

Zonneveld, I. S. (1990). *Scope and Concepts of Landscape Ecology as an Emerging Science*. Nueva York, Estados Unidos: Springer-Verlag.