

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE



***Modelo de planeación del paisaje territorial con una
Infraestructura Verde Sustentable en un ecosistema
desértico. Caso de estudio: San Felipe, B.C.***

T E S I S

que para obtener el grado de

DOCTOR EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Presenta

KARLA POSADA VILLAR

Directora de Tesis

DRA. ADRIANA MARGARITA ARIAS VALLEJO

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Así mismo declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, Baja California a 5 de Junio de 2024

Karla Posada Villar



Nombre y firma del estudiante

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis es resultado de mucho esfuerzo y dedicación, el cual se realizó gracias a las Instituciones que trabajan por obtener productos científicos de calidad y a las personas que me rodean y quienes me han apoyado de manera incondicional para poder obtener este resultado.

Dentro de las Instituciones que me han brindado apoyo para consolidar este trabajo de investigación, se encuentran: el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), gracias al programa de Becas Nacionales, el cual me permitió financiar mi estancia y manutención. La Universidad Autónoma de Baja California (UABC), máxima casa de estudios del estado, la cual provee programas que impulsan el desarrollo personal y profesional, como el Programa de Maestría y Doctorado en Planeación y Desarrollo Sustentable (MYDPDS), el cual es impulsado por la Facultad de Arquitectura y Diseño y el Instituto de Investigaciones Sociales; gracias a este programa pude seguir estudiando e investigando mi pasión: el Paisaje y las diferentes maneras e instrumentos de intervenir en él, como lo es la IV.

En cuanto a las personas que me han brindado ese apoyo incondicional, quiero destacar a mi Padre, Fernando Posada Vélez, quien siempre con una sonrisa me dijo que no dejará de buscar mis sueños y a pesar de que él no siempre entendió mi pasión por el estudio del paisaje, siempre fue mi más ferviente admirador en cada paso de mi vida hasta el último momento de la suya. Te amo papi, gracias por siempre estar conmigo y convertirte en mi ángel.

A mi madre, Araceli de la Soledad Villar y Borja, quien siempre con cariño, amor y pasión ha estado a mi lado, confiando en mi capacidad y amor por lo que hago, demostrándome fuerza y templanza en momentos difíciles y con un ejemplo intachable donde siempre se logran los objetivos planteados.

A mi hermana, María Fernanda Posada Villar, quien de manera incondicional me ha apoyado en todo momento que lo he necesitado, desde un consejo, un abrazo, una palabra de aliento o un regaño, ella siempre ha estado, diciéndome que no me importan las adversidades, recordándome que no estoy sola y siempre se pueden cumplir las metas planteadas.

A mi esposo, Alan Guarneros Bejarano, quien está a mi lado repitiéndome de manera constante que soy capaz de lograr todo lo que me proponga; y con hechos me demuestra su apoyo, amándome, cuidándome, ayudándome y consintiéndome en todo momento, sobre todo en aquellos de frustración inevitables durante este proceso, para poderlos superar y siempre salir adelante con una sonrisa.

A la Dra. Adriana Margarita Arias Vallejo, coordinadora de este programa y mi directora de tesis, quien busco en todo momento transmitirme su conocimiento, por medio de su guía y gran aptitud como docente e investigadora, logró que el tema que tanto me apasiona empezará a tomar forma y sustentarse con bases teóricas sólidas. Por otro lado, gracias a su gran corazón y calidad humana, me brindo la ayuda necesaria en uno de los momentos más complicados de mi vida, donde gracias a ella pude darle un beso y un abrazo de despedida a mi padre, por lo cual siempre le estaré agradecida.

Por último, a los miembros de mi comité, el Dr. Osvaldo Leyva Camacho, el Dr. Cosme Rene Arreola Valle, el Dr. Jorge Ramírez Hernández, y la Dra. Rosa Imelda Rojas, quienes me brindaron su guía, apoyo y consejos durante esta investigación y de esta manera lograr un producto de investigación satisfactorio

RESUMEN

“MODELO DE PLANEACIÓN DEL PAISAJE TERRITORIAL CON UNA IV SUSTENTABLE EN UN ECOSISTEMA DESÉRTICO. CASO DE ESTUDIO: SAN FELIPE, B.C.”

La región de San Felipe, B.C., enfrenta desafíos cruciales relacionados a la degradación del paisaje y a la necesidad de una planificación más efectiva; forma parte de los desiertos cálidos de Norteamérica, características que los lleva a tratar como tierras infructíferas sin tomar en cuenta la riqueza que en verdad poseen. Por lo tanto, se busca plantear soluciones que eviten su degradación e impulsen el potencial natural del sitio, como lo es la Infraestructura Verde (IV) por medio de la aplicación de los principios de la Ecología de Paisaje (EP) (estructura, usos y funciones y relación) y los principios de IV (integración, multiescalaridad, conectividad y diversidad); se busca generar un modelo de planeación del paisaje territorial que fomente el desarrollo de una IV funcional con un enfoque sustentable. Se resuelve cada principio con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y se integra cada resultado para obtener como producto final el modelo de IV sustentable, basada en un análisis ambiental un diagnóstico social y una aplicación sustentable, proporcionando una visión holística del sitio, volviéndose vital para la toma de decisiones informadas que equilibren la conservación ambiental con las necesidades humanas.

Palabras clave: Paisaje, Ecología de Paisaje, Planeación, Planeación Sustentable, Infraestructura Verde.

SUMMARY

“TERRITORIAL LANDSCAPE PLANNING MODEL WITH A SUSTAINABLE GREEN INFRASTRUCTURE IN A DESERT ECOSYSTEM. CASE STUDY: SAN FELIPE, B.C.”

The region of San Felipe, B.C., faces crucial challenges related to landscape degradation and the need for more effective planning, considering that it is located in a hot desert landscape in an arid zone, characteristics that lead it to be treated as dry and fruitless lands, without taking into account the wealth it truly possesses. Therefore, it tried to propose solutions that avoid its degradation and that promote the natural potential, such as Green Infrastructure (GI) through the application of the principles of Landscape Ecology (LE) (structure, uses and functions and relationship) and the principles of GI (integration, multiscalarity, connectivity and diversity); The aim is to generate a territorial landscape planning model that encourages the development of a functional GI with a sustainable approach. Each principle is resolved with the help of Geographic Information Systems (GIS) and each result is integrated to obtain as a final product the sustainable GI model, based on environmental analysis, a social diagnosis and, a sustainable application, which provides a holistic vision of the site, becoming vital for making informed decisions that balance environmental conservation with human needs.

Keywords: Landscape, Landscape Ecology, Green Infrastructure, Planning, Sustainable Planning.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN.....	IV
SUMMARY	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMÁTICA AMBIENTAL PARA LA PLANEACION TERRITORIAL.....	4
Problemática	4
A nivel mundial.....	4
A nivel país, “México”	7
A nivel estatal, Baja California.....	8
Preguntas y Objetivos	15
Justificación	17
REFERENCIAS NORMATIVAS PARA LA APLICACIÓN DE UNA IV	21
Antecedentes.....	21
Objetivos del Desarrollo Sostenible.....	21
Normas y Leyes mexicanas	22
DE LA TEORÍA DE UNA VISIÓN DEL PAISAJE A LA PRÁCTICA CON UNA IV	29
Paisaje.....	30
El significado de la palabra: Paisaje.....	30
Conceptualización Teórica del Paisaje.....	33
El paisaje para la Geografía y para la Ecología	34
Ecología de Paisaje	35
Ecología de paisaje desde la ecología y la geografía	36
Antecedentes de la Ecología de paisaje.....	37
Conceptualización teórica de la Ecología de Paisaje	38
De una planeación general a una específica	41
Planificación Territorial.....	42
Planificación Territorial y Desarrollo Sustentable.....	43
Planificación de Infraestructura Verde (IV)	45
Infraestructura Verde (IV).....	45
Principios de la Infraestructura Verde (IV).....	46
ESTADO DEL ARTE PARA EL USO DE PRINCIPIOS DE EP E IV	52
MARCO METODOLÓGICO	64
Propuesta Metodológica.....	64
Aplicación metodológica.....	67
Área de estudio	68
Análisis territorial con los principios de Ecología de Paisaje (EP).....	73
Diagnóstico social con el principio de integración de IV.....	83
Aplicación ambiental con los principios de Infraestructura Verde (IV)	92
RESULTADOS Y DISCUSION	105
Estructura.....	105
Topografía.....	105
Clima	107
Geología.....	109
Hidrología.....	110
Edafología.....	112

Uso de Suelo	114
Vegetación	114
Formas de relieve	117
Pendientes	118
Usos y Funciones	119
Aptitud de conservación	119
Aptitud de Vulnerabilidad	123
Relación	126
Integración	127
Clasificación Supervisada.....	127
Modelo Exploratorio de Regresión	134
Modelo de Tendencias.....	136
Multiescalaridad.....	139
Morfología e Hidrología.....	139
Análisis de temperaturas.....	148
Distribución de Flora y Fauna	154
IV Fundamental.....	163
IV Urbana	164
Conectividad	170
Diversidad.....	172
MODELO DE INFRAESTRUCTURA VERDE (IV).....	176
CONCLUSION.....	178
RECOMENDACIONES	184
REFERENCIAS	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Investigaciones relacionadas con la estructura, usos y funciones y relación en el Paisaje.	p.54
Tabla 2. Investigaciones relacionadas a los ejes sustentables y a los principios de IV.	p.56
Tabla 3. Propuesta Metodológica	p.65
Tabla 4. Calificación temática para aptitud de conservación	p.80
Tabla 5. Calificación temática para aptitud de vulnerabilidad	p.82
Tabla 6. Superficie forestal en la zona de estudio	p.86
Tabla 7. Superficie vegetal en la zona de estudio	p.87
Tabla 8. Propuesta de cobertura vegetal en la zona de estudio	p.88
Tabla 9. Variable “y” con simbología	p.93
Tabla 10. Variable “x” con simbología	p.93
Tabla 11. Temas a desarrollar en el caso de estudio	p.95
Tabla 12. Instrumento de evaluación de las especies vegetales	p.105
Tabla 13. Calificación por unidad ambiental, para aptitud de conservación	p.121
Tabla 14. Calificación por unidad ambiental, para aptitud de vulnerabilidad	p.125
Tabla 15. Clasificación supervisada 1990	p.130
Tabla 16. Clasificación Supervisada 2000	p.132
Tabla 17. Clasificación Supervisada 2010	p.133
Tabla 18. Clasificación Supervisada 2020	p.135
Tabla 19. Coeficiente de regresión y el Valor Crítico del Estadístico (probabilidad de la t)	p.136
Tabla 20. Resultado conjunto de modelos, mostrando el coeficiente de determinación (R ²)	p.137
Tabla 21. Resultado conjunto de modelos, mostrando Correlación	p.138
Tabla 22. Temperatura Máxima Extraordinaria en °C	p.151
Tabla 23. Temperatura Máxima Promedio en °C	p.152
Tabla 24. Temperatura media mensual en °C	p.152
Tabla 25. Temperatura Mínima Extraordinaria en °C	p.153
Tabla 26. Temperatura Mínima promedio en °C	p.153
Tabla 27. Precipitación total mensual en mm.	p.154
Tabla 28. Tipos de Áreas Verdes en la zona urbana.	p.169
Tabla 29. Tipos de Instalaciones deportivas en la zona urbana.	p.170
Tabla 30. Calificación de especies para IV.	p.175
Tabla 31. Especies más y menos compatibles con la IV.	p.175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de Marco Teórico	p.29
Figura 2. Mapa de Atlatlahuca	P.32
Figura 3. Criterios para IV sustentable en precintos urbanos	p.63
Figura 4. Municipio de San Felipe	p.69
Figura 5. Delimitación de la poligonal de estudio	p.69
Figura 6. Mosaico DEM. con Poligonal de estudio	p.70
Figura 7. Ventana de <i>Download products</i> del plugin SCP	p.71
Figura 8. Mosaico Banda 1 del año 2020 con poligonal de estudio	p.73
Figura 9. Cartografía de INEGI, tema: clima	p.75
Figura 10. Cartografía de INEGI en versión digitalizada, tema: Geología	p.75
Figura 11. Mapas para conservación Calificados.	p.79
Figura 12. Mapas para vulnerabilidad calificados	p.81
Figura 13. Clasificación Supervisada	p.85
Figura 14. <i>Shapes</i> del 2020 con los elementos que se van a recortar	p.89
Figura 15. Imagen recortada con combinación de bandas 5,4,3.	p.90
Figura 16. Mapas de apoyo para la IV Fundamental.	p.101
Figura 17. Mapas de unión	p.102
Figura 18. Delimitación del Área Urbana	p.103
Figura 19. Mapas base para la conectividad ambiental	p.104
Figura 20. Mapa Topográfico	p.109
Figura 21. Mapa de efectos climáticos primer periodo	p.110
Figura 22. Mapa de efectos climáticos segundo periodo	p.110
Figura 23. Mapa Geológico	p.112
Figura 24. Mapa de Hidrología Superficial.	p.113
Figura 25. Mapa de Hidrología Subterránea.	p.114
Figura 26. Mapa Edafológico.	p.115
Figura 27. Plano de Uso de Suelo.	p.116
Figura 28. Mapa de Vegetación	p.117
Figura 29. Mapa de Matorrales.	p.118
Figura 30. Mapa de Formas de Relieve	p.119
Figura 31. Mapa de Pendientes	p.120
Figura 32. Mapa de aptitud de conservación	p.123
Figura 33. Mapa de aptitud de vulnerabilidad.	p.127
Figura 34. Mapa resumen de Vegetación	p.128
Figura 35. Clasificación supervisada 1990	p.131
Figura 36. Clasificación Supervisada 2000	p.132
Figura 37. Clasificación Supervisada 2010	p.134
Figura 38. Clasificación Supervisada 2020	p.135

Figura 39. Gráficas y Tablas por cobertura vegetal de la tendencia para el 2030	p.139
Figura 40. Mapa de Morfología	p.142
Figura 41. Mapa de Altimetría	p.142
Figura 42. Mapa de Dirección de pendientes e Hidrología	p.143
Figura 43. Mapa de Cuencas	p.143
Figura 44. Mapa de Perfiles	p.145
Figura 45. Perfil 1-1'	p.145
Figura 46. Perfil 2-2'	p.146
Figura 47. Perfil 3-3'	p.146
Figura 48. Perfil 4-4'	p.147
Figura 49. Perfil 5-5'	p.147
Figura 50. Perfil 6-6'	p.148
Figura 51. Perfil 7-7'	p.148
Figura 52. Perfil 8-8'	p.149
Figura 53. Perfil A-A'	p.149
Figura 54. Perfil B-B'	p.150
Figura 55. Mapa de dirección de vientos	p.155
Figura 56. Mapa de Radiación Solar	p.156
Figura 57. Mapa de distribución de mamíferos	p.157
Figura 58. Mapa de distribución de reptiles	p.158
Figura 59. Mapa de distribución de aves	p.159
Figura 60. Mapa de Distribución de Fauna	p.160
Figura 61. Mapa de Distribución de Flora	p.162
Figura 62. NDVI general	p.163
Figura 63. NDVI clasificado	p.164
Figura 64. IV fundamental.	p.165
Figura 65. IV Rural	p.166
Figura 66. IV urbana	p.167
Figura 67. IV urbana en el proyecto	p.171
Figura 68. Conexiones	p.172
Figura 69. Conexiones con parches	p.173
Figura 70. IV con Conexiones	p.173
Figura 71. Modelo de IV	p.178

INTRODUCCIÓN

La idea a investigar es la implementación de Infraestructura Verde (IV) en ecosistema desértico como mecanismos para planear el paisaje en un caso de estudio, siendo este, el territorio de San Felipe, Baja California, México, el cual comprende la subcuenca que lo rodea. Para realizarlo se buscó entender, la problemática, abordando el contexto de la investigación a diferentes niveles; justificando la investigación y precisando cuales son los temas susceptibles a ser investigados; así como revisar los mecanismos de ordenación territorial y las conceptualizaciones teóricas relacionadas a la investigación, como el paisaje, Ecología de Paisaje (EP), planificación, e IV, entender el método que se requiere aplicar para lograr el objetivo general de este proyecto, aplicarlo y obtener resultados.

Se utilizó el método mixto; el cual, combina características subjetivas con intersubjetivas. Aplicando esta metodología al paisaje territorial, considerando elementos cuantitativos, que son aquellos cuantificables; así como elementos cualitativos, los cuales se basan en la percepción del observador y que cambian con el paso del tiempo y la intervención de la mano del hombre, realizando modificaciones sobre el paisaje territorial, observando como varían de una época a otra, los elementos superficiales que lo componen.

El primer paso es el entender los problemas que rodean el objeto de estudio, siendo la aplicación de la IV en un desierto, encontrando tres principales problemas ambientales: la degradación de la tierra, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, aplicado a diferentes niveles o escalas territoriales empezando a nivel mundial, federal, estatal y local, resaltando que la presencia del Cambio Climático conlleva a una mayor escasez del recurso hídrico en zonas áridas, donde la falta de humedad del suelo afecta la cobertura vegetal.

El objetivo general de la investigación es “Generar un modelo de planeación del paisaje territorial que contenga los principios fundamentales de la EP para el desarrollo de una IV funcional a través de un enfoque sustentable, en un paisaje desértico, utilizando al caso de estudio, San Felipe, B.C”. El cual se busca lograr por medio de un análisis ambiental, un diagnóstico socio ambiental y una aplicación sustentable ambiental, siendo estos los objetivos particulares.

Por lo tanto, la implementación de un modelo de IV en un ecosistema desértico, como es el caso de estudio provee las herramientas necesarias para conservar y proteger el ecosistema natural y evitar su degradación; buscando seguir las líneas de acción las cuales existen en los diferentes planes y programas a nivel mundial, federal, estatal, municipal y local.

Las acciones relacionadas con el paisaje y la IV para el cuidado y protección ambiental, vienen desde un contexto global con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (FAO, 2019), resaltando el de acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres, ciudades y comunidades sostenibles, por último, agua limpia y saneamiento. También se realiza una revisión normativa y legislativa entorno al paisaje y a la IV, debido a que los planes, programas y leyes son la base para poder aplicar cualquier proyecto en México.

Los conceptos aplicables a esta investigación, son cuatro principales: el Paisaje, la EP, la planeación sustentable y la planeación de IV. En el concepto de paisaje se revisa su etimología, antecedentes, su conceptualización teórica y la importancia del paisaje para la geografía y la ecología. Dentro de la EP se explica desde el punto de vista de la geografía y la ecología, también se ven sus antecedentes, su conceptualización teoría y los principios de la EP: Hombre y su intervención en el paisaje, escalas, estructura, función y dinámica. en la parte de planeación sustentable, viene de los tipos de planeación y se ven sus esferas principales, la ambiental, social y económica. Por último, dentro de la planeación de la IV están los principios de Integración, multiescalaridad, conectividad, diversidad, multifuncionalidad, aplicabilidad, gobernanza y continuidad, donde se observa el manejo de la vegetación, el manejo de agua y los servicios ecosistémicos que provee la IV.

Posteriormente se desarrolló el estado del arte, una revisión documental la cual provee una base sólida para el desarrollo del modelo de planeación del paisaje. El estado del arte permite identificar y analizar los diferentes enfoques metodológicos utilizados en investigaciones previas relacionadas con la implementación de la IV; y así poder lograr los objetivos propuestos los cuales se desarrollaron entorno al análisis, diagnóstico y aplicación sustentable de los principios de la EP y de la IV.

La propuesta metodológica, representa una guía estructurada y detallada de la metodología a aplicar en paisajes desérticos. Está basada en los objetivos particulares, utilizando los ejes sustentables y los principios tanto de la EP (estructura, usos y funciones y relación), como los de la IV (multiescalaridad, conectividad y diversidad), esto aunado a las contribuciones de los autores del estado del arte, se logró obtener en una serie de pasos estratégicos que conllevan a lograr el modelo buscado en el objetivo general.

La aplicación metodológica se expresa en tres pasos principales, la delimitación del área de estudio, la obtención del DEM, como el modelo de elevación del sitio de estudio y el análisis de las imágenes satelitales Landsat, y se utilizaron programas de cómputo como Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), QGis 3.22.4 - Białowieża (2021) con el plugin SCP (Congedo, 2021), para resolver cada principio y obtener los resultados.

Los resultados, van acorde con los objetivos particulares. En el primero se realiza un análisis territorial para obtener la estructura, usos y funciones y relación. En el segundo objetivo se realiza un diagnóstico social por medio de la dinámica espacial donde se determina la relación entre los fenómenos demográficos y el uso de suelo, y de esta manera hacer un análisis exploratorio que permita entender las tendencias de este comportamiento. El tercer objetivo busca la aplicación sustentable ambiental por medio del análisis de los principios de multiescalaridad, entendiendo la morfología, hidrología, clima y flora y fauna, conectividad, analizando los sistemas de transporte, las cuencas y la diversidad, para encontrar aquellas especies más aptas que puedan formar parte de la IV. De esta manera se obtuvieron los resultados para poder determinar la IV fundamental y urbana y así establecer el modelo de planeación de la IV.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL PARA LA PLANEACION TERRITORIAL

Problemática

La problemática en este caso de estudio se enfoca en materia ambiental y se aborda a diferentes escalas o niveles, empezando por lo que ocurre a nivel mundial, a nivel país, hasta el nivel del caso de estudio, esto con el fin de entender el contexto del problema y la importancia de resolverlo.

A nivel mundial

Las comunidades internacionales reconocen tres principales problemas ambientales, que se relacionan con el tema de investigación, los cuales son, la degradación de la tierra, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (Perdinan, et al. 2023). Donde la degradación de la tierra tiene una implicación directa en la planeación del paisaje territorial, el cambio climático es un fenómeno que afecta directamente al territorio con una particular afectación en las zonas áridas (Avalos, et al. 2007). La pérdida de biodiversidad se relaciona con la Infraestructura Verde (IV) en desiertos: al hablar de biodiversidad no se puede dejar de lado el recurso hídrico, debido a su importancia y vitalidad para poder cuidar y conservar las zonas naturales (Perdinan, et al. 2023), por lo tanto, también se aborda la escasez del mismo. Debido a lo anterior se considera relevante hacer una descripción de los temas mencionados, como se muestra a continuación:

a) Degradación de la tierra

La degradación de la tierra tiene una implicación directa en la planeación del paisaje territorial, debido a que la falta de planificación degrada de manera considerable el paisaje, como menciona I. Piera (1969), la problemática territorial se da al confundir la planificación territorial y la urbana, donde se resuelven los problemas de la urbana, sin tomar en cuenta el territorio. Situación que se repite en países en vías de desarrollo, el territorio se planifica considerando la necesidad de adquirir espacios para urbanización y muchas veces no se toman en cuenta las condiciones medioambientales existentes (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 peligros provenientes de fenómenos naturales (Belmeziti, Cherqui y Kaufmann, 2018), tales como sequias, incendios forestales e inundaciones que se intensifican con el cambio climático.

b) Cambio climático global

El Cambio Climático (CC), es un fenómeno meteorológico a nivel mundial, resultando en una mayor frecuencia de los peligros relacionados con el clima, donde se han vuelto más habituales las sequias, los incendios forestales y las inundaciones (Abunyewah, et al, 2023). Siendo esto de manera generalizada, de acuerdo con Hincks, et al. (2023) se busca que las sociedades transiten a una economía de baja producción de carbono, tomando en cuenta la existencia de organismos que investigan la mitigación rápida y profunda del Cambio Climático, como lo es el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (*Intragubernamental Panel of Climate Change IPCC*), donde no solo evalúa la vulnerabilidad que se tiene ante el CC, sino también el riesgo, para de esta manera buscar soluciones a largo plazo.

Una de las soluciones ante el CC, es el buscar especies que se adapten al mismo, como lo menciona Advani (2023); ya que el utilizar especies que no sean propias del ecosistema puede llevar a la acidificación de los océanos, el aumento del nivel de la mar, el aumento de las temperaturas y que las precipitaciones cambien de estación, así como eventos extraordinarios como serían precipitaciones extremas, ondas de calor, sequias e incendios,(citado por la IPCC, 2022 en Advani, 2023) tomando en cuenta que las últimas tres son las más factibles para zonas áridas, por lo tanto, al utilizar especies propias de las zonas, se puede reducir estos riesgos, resaltando la importancia de conservar la biodiversidad existente.

c) Pérdida de biodiversidad

La pérdida de biodiversidad, que se dan en zona áridas a menudo sucede por la confusión entre desertificación y desierto (Valderrama, 2018). Esto es por la tendencia de considerar a los desiertos como terrenos improductivos e infructuosos (Nuñez, 2022), estando alejado de la realidad. 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), la complejidad de los

ecosistemas desérticos se debe a su maduración y aridez, siendo algo muy distante a la desertificación, término con el que suelen confundir a los desiertos por ser característico de zonas secas, las cuales sí se vuelven improductivas e infructuosas, como resultado de una planificación inadecuada (Valderrama, 2018), resaltando con ello la importancia de conservar este paisaje.

En los desiertos frecuentemente se introducen especies provenientes de bosques o selvas que proporcionan el color verde tan llamativo, acarreando más problemas que beneficios, puesto que no se respeta el entorno, ni las ni riquezas que este tipo de ecosistema es capaz de proveer (Martinez, 2013). Al contrario, se está modificando y al modificarlo no proporciona los servicios ecosistémicos propios del área natural y por lo tanto puede acarrear los riesgos expuestos en el CC y no podría llamarse sustentable (Martínez Valderrama, 2017).

d) Escasez de recurso hídrico en zonas áridas

De acuerdo con Troyo Diéguez, et al. (2014), aridez significa seco, y es proveniente del latín *aridus*, pero al mismo tiempo explica que no solo es sequía, por la intervención de otros elementos como una intensa radiación solar, poca precipitación pluvial y por lo tanto, altas temperaturas, elementos que se expresan en los factores hidrológicos, determinados por la cantidad de agua almacenada tanto en depósitos superficiales como subterráneos, por lo tanto, en una zona árida el volumen de esta cantidad de agua es baja y continua disminuyendo por la falta de lluvia y por la evaporación.

Otro factor relevante del recurso hídrico es la humedad del suelo, ya que controla el intercambio de agua y energía entre la superficie de la tierra y la atmósfera (Xu, et al., 2023), en particular en los desiertos cálidos, los cuales se caracterizan por tener una aridez constante, como lo menciona Magaña (2009) quien resalta que sus características son la falta de humedad en la atmósfera y en el suelo, así como la falta de precipitaciones y temperaturas extremas, muy altas durante el día y muy bajas en la noche, logrando que las especies que lo habitan generen mecanismos de adaptación, como las plantas suculentas, que para adaptarse a las bajas condiciones de humedad, almacenan agua, con raíces verticales y profundas.

A nivel país, “México”

Las problemáticas detectadas a este nivel o escala son: la degradación de la tierra, relacionada con: a) falta de planeación territorial, y b) la afectación el CC en el país.

a) Falta de planeación territorial

La degradación de la tierra que se vive en México, se debe a que el 79% de la población habita en ciudades esto de acuerdo con el censo de Población y Vivienda del 2020 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2020), 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, beneficiando a los gobiernos locales y sectores inmobiliarios y extranjeros, sin tomar en cuenta las necesidades sociales y ambientales presentes en las urbes (Negrete, 2016). Para evitar este fenómeno, 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 llevadas a cabo en el territorio federal (Massolo, 2015). Así mismo, lograr una coherencia social y ambiental en las intervenciones territoriales, tanto urbanas como regionales, (Quiroz, 2018) en los ecosistemas existentes, como lo es el desierto.

Los instrumentos que rigen la planeación son planes y programas establecidos en cada país, para este caso en particular se buscó la problemática encontrada en los planes y relacionada con la gestión territorial, debido a que marcan las pautas para el desarrollo urbano. Se analizaron los programas de ordenamiento ecológico y territorial a nivel federal, como el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) para encontrar las problemáticas que se plantean.

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) cuyo fundamento legal está basado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y este se da para que se puedan realizar programas sectoriales basados en la aptitud del Territorio Nacional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010).

Este programa, el POEGT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010) divide al país por regiones ecológicas, identificando las áreas de atención prioritaria y la aptitud de cada sector, con base a esto plantea los lineamientos y las estrategias consideradas aplicables, como lo serían: la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

b) Cambio Climático en México

México es un país megadiverso, con abundante riqueza natural que trae consigo peligros asociados a los fenómenos naturales, los cuales pueden ser de origen tectónico como una alta actividad sísmica y volcánica, o de origen climático por su localización geográfica, ya que está en una zona de paso de tormentas y huracanes tropicales, dichos fenómenos han incrementado su periodicidad y el volumen de agua sobre el territorio, siendo esto causado por el cambio climático (Rosete Vergés, et al., 2013).

De acuerdo con Rosete Vergés, et al. (2013), otros fenómenos provenientes del cambio climático en México, son: mayor intensidad en las ondas de calor y en los ciclones tropicales, además de mayor frecuencias en sequías y lluvias torrenciales; lo que conlleva a eventos extremos de aumento de temperatura y mayor precipitación en altas latitudes y menor precipitación en los subtrópicos, siendo relevante identificar las zonas más propensas a tener estas variaciones en cuanto al clima para poder ser consideradas en mecanismos y programas de planeación territorial y protección civil

A nivel estatal, Baja California.

En esta escala la problemática detectada es la falta de planificación territorial y la degradación de recursos naturales en el Estado.

a) Planificación territorial en el estado de Baja California

De acuerdo a Jáuregui (1980), el clima de Baja California, que forma parte del desierto de Sonora, donde se encuentra el área de estudio, es árido y semiárido, en el cual su región desértica se caracteriza por tener altas temperaturas y precipitaciones esporádicas, recayendo en una sequedad ambiental lo que conlleva a problemas y acciones específicas en cuanto a la

planificación territorial en el estado, como lo explica el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, 2014, (POEBC).

El POEBC está publicado en el Periódico Oficial del Estado de Baja California, (P.O., 2014), este programa es un instrumento encargado de regular que la política ambiental aporte lo necesario en materia de planificación, gestión, uso de suelo y actividades económicas productivas llevadas a cabo en el territorio estatal, y de esta manera realizar políticas públicas y estrategias encaminadas a un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Las problemáticas ambientales y de ordenamiento ecológico, identificadas en el POEBC, se desarrollaron por medio de una Agenda ambiental donde se elaboraron de talleres participativos encontrando ocho líneas con los principales problemas. De las ocho líneas de acción en cuanto a problemática que menciona el POEBC (P.O., 2014); cuatro son las relacionadas con la presente investigación: 1. Problemas y acciones relacionados con el diseño y proceso de implementación de los Programas de Ordenamiento. Esta problemática se relaciona porque los programas dictan como se debe actuar sobre el paisaje territorial, por lo que si presentan problemas estos se van a ver reflejadas en el uso de los mecanismos adecuados de cada zona particular. 2. Problemas y acciones relacionados con el uso y manejo de ecosistemas de montaña. 3. Problemas y acciones relacionados con el uso y manejo de ecosistemas costeros. 4. Problemas y acciones relacionados con el uso, manejo y protección de ecosistemas y especies valiosas. Las problemáticas aquí numeradas como dos, tres y cuatro están directamente relacionadas con el caso de estudio, debido a la presencia de sierras y cerros, además de estar en una zona costera la cual dentro del ecosistema terrestre presenta vegetación característica de dunas costeras y tiene especies endémicas de los ecosistemas existentes.

Por otro lado, se encuentra la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010), Dentro de sus unidades ambientales biofísicas que propone, Baja California está identificado con el número 1, donde expresa en el escenario contextual que el estado del medio ambiente en 2008 era estable a medianamente estable; para corto plazo, en 2012 iba a ser medianamente estable, a mediano plazo para 2023 podía variar entre medianamente estable a inestable y a largo plazo, para 2033 puede llegar a ser inestable. Sin embargo, dentro de las líneas de acción prioritarias se encuentra en una prioridad de atención baja. No obstante, no significa que no se debe plantear ninguna acción, si no que se debe considerar para que no llegue a los pronósticos de largo plazo y se vuelva inestable.

De las 145 regiones ecológicas en las que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) divide el territorio nacional mexicano, la región ecológica donde se localiza la zona de estudio es la 10.32, está se encuentra dentro de las dos unidades ambientales biofísicas que la componen, la número 1 y la 110, siendo relevante para este estudio la número 1. El diagnóstico realizado, expresa que esta zona tiene muy baja superficie de Áreas Naturales Protegidas (ANP), con una baja degradación en suelos y en vegetación, además de baja degradación derivada de la desertificación. No es significativa la modificación antrópica sufrida en esta zona, teniendo un bajo porcentaje de zonas urbanas con una densidad de población media y catalogando la longitud de carreteras como media; tiene un muy bajo porcentaje de cuerpos de agua y de manera general el uso de suelo de la zona está determinado como: otro tipo de vegetación; tiene actividad agrícola altamente tecnificada, su actividad minera es de importancia media y su actividad ganadera es de importancia alta. En cuanto al agua tiene disponibilidad de agua superficial y un déficit de agua subterránea

b) Degradación de recursos naturales en Baja California

La degradación de recursos naturales en Baja California, está relacionada con el agua, la biodiversidad y el suelo, de una manera similar a lo que sucede en Baja California Sur, como nos explica Troyo Diéguez, et al. (2014), donde la disminución del recurso natural, agua, es proveniente de un desbalance en la extracción del agua subterránea, donde el volumen extraído es mayor a la cantidad de agua ingresada por infiltración, esto da lugar a mayores problemas, como la intrusión salina, al localizarse a orillas del Golfo California, lo que conlleva a la salinización de este recurso en el agua retenida en represas y depresiones naturales, afectando la calidad del agua y haciendo más complicados los procesos de potabilización de la misma.

A nivel local, el caso de estudio: San Felipe, B.C.

El principal problema localizado a este nivel es la falta de Planeación en SF

Las principales líneas de ordenamiento ecológico encontradas en el caso de estudio, es decir, en la subcuenca que rodea el poblado de San Felipe, Baja California, México, y están relacionadas con la temática que esta investigación aborda son: aprovechamiento de recursos y manejo sustentable del hábitat, presiones asociadas al desarrollo urbano, capacidades gubernamentales y relaciones con la sociedad, fallas en los sistemas de información, procesos

de planeación, disponibilidad y cuidado del agua, manejo de residuos sólidos y por último, el ordenamiento ecológico y la economía local, (P.O., 2014).

Tomando esto en consideración se puede observar que la localidad que se encuentra en el área de estudio, San Felipe B.C., ha tenido un crecimiento urbano desacelerado, no obstante, no se ha logrado que los procesos de urbanización satisfagan las necesidades al interior o al exterior de la localidad, por lo que no se integra de una manera óptima el paisaje natural y el urbano, además de provocar la degradación del ecosistema natural al introducir elementos ajenos a este tipo de medio natural. La planeación a nivel local llega desde el municipio hasta la localidad, siendo que en el año 2020 y a principios del 2021, San Felipe, B.C. formaba parte del municipio de Mexicali, razón por la cual se analizó la problemática encontrada en los programas de ordenamiento del municipio de Mexicali, siendo estos: el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025 (PDUCPM s.f.); el Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Mexicali; Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali. (Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población, PDUCP, 2013).

En el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025 (PDUCPM s.f.); en materia de sustentabilidad, la problemática abordada en este programa para mejorar el medio ambiente está enfocada a la contaminación: agrícola, del agua y del aire; así como el pavimentar calles y mejorar el transporte. En el caso particular de San Felipe B.C., busca ampliar la red carretera que comunica la ciudad de Mexicali con la de San Felipe.

El Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Mexicali, emitido por el Periódico Oficial del Estado de Baja California (P.O. 2012), busca proyectar la zona metropolitana de Mexicali, la cual incluye al Valle de Mexicali y a la zona costera de San Felipe, B.C. como un ente integral a largo plazo: 2030 y a la vez conectarse con aquellos documentos que definen los proyectos estratégicos para cada área abarcada en esta zona metropolitana. En el caso de estudio, el proyecto estratégico con el que se estaría conectando es el Corredor Costero de San Felipe - Puertecitos - Bahía de los Ángeles. Este documento refuerza que la sustentabilidad se da cuando son óptimas las condiciones de movilidad; no obstante, expone los temas críticos en materia ambiental y que influyen directamente con esta investigación, son: Deterioro progresivo de los ecosistemas por falta de planes y programas, alteración del ecosistema por expansión de crecimiento urbano, Grado alto de vulnerabilidad

causados por alteraciones físicas y por el cambio climático, además de tener vulnerabilidad sísmica.

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali, difundido en el Periódico Oficial del Estado de Baja California (P.O. 2000) es emitido por el Estado como instrumento rector para el seguimiento de la política ecológica estatal y municipal, donde describe los elementos ambientales que conforman el Estado, estos elementos incluyen el clima, geología, oceanografía, suelos, hidrología, superficial y subterránea, descripción del medio biótico, flora y fauna terrestre y marina, así como endemismos, áreas naturales protegidas. Además de la descripción del medio natural, también describe el medio socioeconómico, en relación a la población y al desarrollo urbano. Con respecto a este programa, la problemática mencionada para San Felipe es la existencia de deficiencias en cuanto a la operación del sistema de agua potable debido a la antigüedad y deterioro del equipo de bombeo; existen riesgos naturales, enfocados a los sismos cuyo epicentro se origina al Norte de la Sierra de San Felipe.

Los instrumentos que hacen referencia a la localidad de San Felipe, en torno a la gestión del paisaje, son el Programa de Desarrollo Urbano, Turístico y Ecológico del corredor costero San Felipe- Puertecitos/Bahía de los Ángeles, 2010; el Programa de Desarrollo urbano de centro de población de San Felipe 2020 – 2030 (1993) y las directrices generales de desarrollo urbano del rancho El Dorado y del centro cívico y cultural de San Felipe Municipio de Mexicali, 2006

El Programa de Desarrollo urbano, turístico y ecológico del corredor costero San Felipe- Puertecitos/Bahía de los Ángeles, 2010, tiene como objetivo evaluar el territorio que forma el corredor costero de San Felipe - Puertecitos - Bahía de los Ángeles; esto a través de la aptitud territorial y la capacidad ambiental, para poder diseñar estrategias que impulsen este corredor basadas en la conservación de la biodiversidad, el cuidado y la protección de las áreas de valor ecológico. (P.O.2012)

El Programa de Desarrollo urbano de centro de población de San Felipe 2020 – 2030 (1993). Se elaboró con base a la dinámica poblacional existente en el momento de su consolidación, con proyección hasta el 2005; tiene como objetivo establecer las condiciones para el desarrollo territorial de San Felipe, B.C. compatibilizando el bienestar social con la conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales. La problemática ambiental expresada en este programa se da en torno a los impactos al ecosistema natural causado por el

desarrollo de actividades urbanas y turísticas; esta problemática se divide en contaminación del agua, hacia las aguas subterráneas, cauces de arroyos y descargas al mar; contaminación del suelo, por filtraciones y quemas de los rellenos sanitarios clandestinos, además de la erosión producida en los ecosistemas naturales a causa de las carreras de vehículos motorizados todo terreno. Contaminación del aire, por partículas de polvo PM 10 y PM 2.5.; Falta de áreas verdes urbanas para actividades recreativas y deportivas (PDUCP, 2013).

Las directrices generales de desarrollo urbano del rancho El Dorado y del centro cívico y cultural de San Felipe Municipio de Mexicali, B.C. publicado en el Periódico Oficial del Estado de Baja California, (P.O. 2006) donde el gobierno establece los lineamientos para la planeación y ordenamiento de los desarrollos realizados en estas zonas. En cuanto a proyectos prioritarios como lo son la construcción de vialidades principales, asignación de usos de suelo, densidades y acciones prioritarias para la elaboración y seguimiento de anteproyectos.

Entendiendo así que la problemática esta expresada en diferentes niveles, empezando por el contexto global, donde se resalta la degradación de la tierra, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (Perdinan, et al. 2023). En países en vías de desarrollo, la falta de planificación territorial contribuye a la degradación de su paisaje natural, aumentando la vulnerabilidad de las comunidades ante fenómenos naturales relacionados con el CC (Quiroz, 2018); tal es el caso de México, al pasar al nivel país, ya que al ser megadiverso enfrenta peligros asociados a los fenómenos naturales que aumentan por el CC, como las lluvias torrenciales, la intensificación de las sequías y la degradación de la tierra, atribuidos al rápido crecimiento urbano, con el 79% de la población viviendo en ciudades (INEGI, 2020), se generan tensiones económicas, ambientales y sociales, manejadas en los planes y programas de cada una de estas escalas, donde ubican problemas y soluciones generales para la intervención coherente en el territorio, resaltando los beneficios y riquezas para cuidar y proteger las zonas de importancia ecosistémica, en la práctica no siempre son aplicables o llevados a cabo de la manera expresada dentro de los planes y programas (P.O., 2014, PDUCP, 2013, P.O.2012, P.O. 2006, P.O. 2000).

Continuando con la problemática en los diferentes niveles, sigue la de nivel estatal, Baja California, donde su planificación territorial es desafiada por su clima árido y semiárido (Jáuregui, 1980), que requiere medidas específicas para abordar sus problemas, como la sequedad ambiental; la degradación de sus recursos naturales como la sobre extracción de agua

subterránea y la pérdida de biodiversidad debido a la destrucción de hábitats y la degradación del suelo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010). A nivel local en San Felipe, la falta de planificación se puede observar en su lento crecimiento urbano y en la introducción de elementos ajenos a los naturales, donde los programas locales abordan problemas ambientales como la contaminación de agua, suelo y aire, además del déficit en áreas verdes (P.O., 2014, PDUCPM s.f., PDUCP, 2013). Con base a estas problemáticas, se realizan las preguntas y objetivos de esta investigación, para generar un método teórico y práctico utilizando la IV.

Preguntas y Objetivos

Pregunta General

¿Cómo se planea el territorio en un paisaje desértico utilizando los principios fundamentales de la Ecología de paisaje (EP) y de la Infraestructura Verde (IV), para el desarrollo de una IV funcional, a través de un enfoque sustentable, en el caso de estudio, San Felipe, B.C.?

Preguntas Específicas

1.- ¿Cómo se aplicaría un análisis ambiental, utilizando los principios de EP de estructura, usos y funciones y relación, con enfoque sustentable, para la implementación de IV en un paisaje desértico, utilizando al caso de estudio, San Felipe, B.C.?

2.- ¿Cómo se realizaría un diagnóstico socioambiental, utilizando el principio de integración entre la dinámica demográfica y territorial, con enfoque sustentable, para la implementación de IV en un paisaje desértico, utilizando al caso de estudio, San Felipe, B.C.?

3.- ¿Cómo se aplicaría una evaluación ambiental, utilizando los principios de la IV de multiescalaridad, conectividad y diversidad, con enfoque sustentable, para la implementación de IV en un paisaje desértico, utilizando al caso de estudio, San Felipe, B.C.?

Objetivo General

Generar un modelo sustentable de planeación del territorio en un paisaje desértico que contenga los principios de la EP y de la IV, para el desarrollo de una IV funcional, en un paisaje desértico, utilizando al caso de estudio, San Felipe, B.C

Objetivos Particulares

1.- Analizar ambientalmente el territorio de un paisaje desértico a través de los principios de la Ecología del paisaje de estructura, usos y funciones y relación, con un enfoque sustentable, para la implementación de IV, en el caso de estudio de San Felipe, B.C.

2.- Diagnosticar socio-ambientalmente el territorio de un paisaje desértico, a través del principio de integración entre la dinámica demográfica y territorial, con un enfoque sustentable, para la implementación de IV en el caso de estudio de San Felipe, B.C.

3.- Aplicar una evaluación sustentable ambientalmente en el territorio de un paisaje desértico, a través de los principios de la IV de multiescalaridad, conectividad y diversidad, con un enfoque sustentable, para la implementación de IV en el caso de estudio de San Felipe, B.C.

Justificación

Para justificar el tema de estudio, se utiliza como base la planeación territorial, donde la Infraestructura Verde (IV) se utiliza como una herramienta sustentable la cual se va a aplicar en un paisaje desértico, es importante mencionar que, al referirnos a paisaje desértico en San Felipe, B.C., se habla de un desierto cálido en zonas áridas, como lo mencionan Delgadillo - Rodríguez, y Macías - Rodríguez, (2002). Otra pauta importante a clarificar, es la relación entre el estudio y las prioridades federales, estatales y locales, abordadas en los planes y programas mencionados en la problemática.

Para poder planear el paisaje territorial se debe entender que la palabra planeación de acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española. (2014), en México viene de planeamiento, significando “Acción y efecto de planear (trazar un plan).” (p.1), siendo tanto el proceso como el resultado de establecer pasos a seguir acerca de una determinada tarea, orientado hacia un fin específico. En este caso es el objetivo general para poder generar un modelo sustentable de planeación del paisaje territorial tomando en cuenta dos variables principales. La primera es el uso de un enfoque sustentable y la segunda es aplicarla en un paisaje desértico. Para generar el modelo deseado se debe tomar en cuenta la existencia de diversos tipos de planeación que explican cómo se debe actuar en el contexto territorial, como lo serían la planeación estratégica (Camagni, 2003), la planeación urbana, la planeación de paisaje (Thompson y Steiner, 1997), la planeación ecológica de paisaje (Selman, 2009), la planeación de IV (Mell, 2008), conceptos profundizados más adelante.

Los diferentes tipos de planeación, la planeación ecológica de paisaje y la planeación de IV son las que dictan las reglas para generar el modelo sustentable de planeación. Teniendo como base los planes y programas que planean el territorio, por lo tanto, la justificación se plantea en cuatro niveles: Federal, Estatal, Municipal y Local.

A nivel federal: México

Como se mencionó en la problemática, el área de estudio se encuentra en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, dentro de las áreas ambientales biofísicas identificadas por el número uno. Dentro del escenario contextual del POEGT, la zona de estudio en el 2008 se muestra como estable a medianamente estable, en las tendencias a corto plazo, en

el pronóstico mostrado para 2012 pasa a ser medianamente estable, a mediano plazo cambia a medianamente estable a inestable, a largo plazo a 2033, se vuelve una zona inestable. Dentro de las áreas de atención prioritaria se señala una prioridad baja. Sin embargo, se debe considerar para no llegar a ser inestable, poner en práctica acciones que vayan a favor del territorio y de su conservación, y así evitar la degradación irreversible del ecosistema (SMARN, 2010).

A nivel estatal: Baja California

Dentro del POEBC se identifican en el caso de estudio, como zonas de atención prioritarias, para atender las problemáticas existentes, sugiriendo como líneas de acción las siguientes: “1. Zonas prioritarias para atender los problemas relacionados con aprovechamiento de recursos y manejo sustentable del hábitat 2. Zonas prioritarias para atender las presiones asociadas al desarrollo urbano 3. Zonas prioritarias para atender los conflictos de intereses entre el POE y planes de manejo de áreas protegidas” (P.O., 2014, p.10.). Debido a que toma en cuenta zonas naturales para proteger los recursos y están asociadas al desarrollo urbano, es relevante abordarlas y al mismo tiempo resolver lo que se menciona en este programa.

A nivel municipal: Mexicali

El PDUCP de Mexicali 2025 busca fortalecer el sistema de planeación urbana del municipio para incentivar y promover la inversión pública, privada y la participación ciudadana con base en una adecuada programación de obras, acciones y servicios que impulsen el desarrollo urbano, de manera integrada al crecimiento económico, el bienestar social y la sustentabilidad ambiental. (PDUCPM s.f.).

El POE tiene como objetivos específicos ordenar los usos de suelo en el Municipio fuera de los centros de población, determinar lineamiento de ordenamiento ecológico que regulen las actividades productivas actuales y futuras, proponer alternativas de cambio de usos de suelo en base a la vocación del territorio. Establecer políticas de protección y conservación de ecosistemas susceptibles a sufrir procesos de deterioro. Razón por la cual es relevante mencionarlo en este estudio. (P.O., 2012).

A nivel local San Felipe

De acuerdo al PDUCP (2013) en San Felipe B.C., la falta de espacios verdes son un problema latente, como parte de la problemática ambiental, estando al mismo nivel que la contaminación en el agua, contaminación en el suelo y contaminación en el aire. Por lo que la implementación de una I.V. ayudaría a resolver la problemática ambiental planteada en el PDUCP (2013) debido a que implica una planeación y manejo estratégicos de las áreas naturales, parques, corredores verdes y áreas con valores de conservación, los cuales ayudan a mantener procesos ecológicos naturales y a preservar recursos como el agua y el aire, además de contribuir a la salud y calidad de vida de los habitantes (Eugster, 2000 citado en Peña, 2011).

Al unir las acciones propuestas en los diferentes niveles de gobierno con la IV como elemento de planificación, es necesario entender los beneficios ambientales, sociales y económicos, que favorecerían al puerto de San Felipe B.C. justificando su sustentabilidad y por lo tanto su estudio y aplicación dentro de esta investigación. Al ser sustentable. Los beneficios ambientales de acuerdo a Ojeda y Espejel (2014), que se podrían obtener de dicha infraestructura son: integrar el paisaje natural y urbano, modulación del clima urbano, reducción de las emisiones de gases efecto invernadero, mejorar la calidad de aire, reducir la contaminación por ruido, estabilizar el suelo urbano, favorecer la recarga a los acuíferos, mejorar la calidad del agua y contribuir a la conservación de la biodiversidad. Los beneficios sociales que mencionan los mismos autores son: salud física, mental, comunitaria, conectar a las personas con la naturaleza, educación ambiental, preservación y fomento de valores culturales, éticos y espirituales. Los beneficios económicos son: generar ingresos directos, ofrecer a los residentes servicios recreativos a bajo costo o gratuitos, reducir costos de manejo de agua pluvial, un bajo consumo energético y poca emisión de gases de efecto invernadero. (Ojeda y Espejel, 2014)

Por lo tanto, al generar el modelo de planeación que se tiene por objetivo se lograría cumplir con las metas planteadas en los programas a nivel federal, estatal, municipal y local, para la planificación sustentable del territorio, considerando el crecimiento urbano y la conservación de las áreas naturales, y así obtener beneficios ambientales, sociales y económicos, enfocados en la sustentabilidad, utilizando como mecanismo de planeación a la IV debido a que su adecuada aplicación, ayuda a satisfacer las necesidades recreativas y ecosistémicas tanto al interior como al exterior del poblado de San Felipe, al evitar impactos

negativos de carácter ambiental y reconocer el valor del soporte de vida natural que las sustenta; siendo una solución integral y sustentable. Dando pie al desarrollo de la hipótesis.

Hipótesis

Al desarrollar un modelo que permita planificar el territorio por medio de una IV funcional en un ecosistema desértico, permitirá gestionar las bases para entender el territorio de la subcuenca de San Felipe, y posteriormente proponer líneas de acción que reduzcan su degradación.

REFERENCIAS NORMATIVAS PARA LA APLICACIÓN DE UNA IV

Antecedentes

Dentro de los antecedentes, se aborda aquello que se necesita saber antes de poder aplicar una Infraestructura Verde (IV), abarcando desde nivel mundial con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, hasta el caso de México con las normas y leyes que repercuten de alguna manera en el tema de interés (IV y paisaje) aplicables en el caso de estudio, San Felipe, Baja California, haciendo énfasis en la parte de gestión territorial, debido a que esta es la base para poder aplicar un proyecto de cualquier índole en México

Objetivos del Desarrollo Sostenible

Estas normas vienen desde el nivel mundial, como son los Objetivos del Desarrollo Sostenible donde se marcan las pautas para proteger y conservar el paisaje, debido a que la problemática ambiental del paisaje no es algo aislado, si no es algo abordado en comisiones mundiales. El concepto de Sustentabilidad, data desde los años setentas en el Club de Roma en 1972 el cuál hacia énfasis en la relación directa del crecimiento poblacional y económico con la pérdida y escasez de recursos naturales, denominado como ecodesarrollo (Cárdenas,1999). Sin embargo, el concepto de sustentabilidad de acuerdo a Foladori y Tommasino (2000) en sentido literal significa la continuidad a través del tiempo; por lo que desarrollo sustentable indica que se le debe dar continuidad al desarrollo permitiendo que su ecosistema tenga capacidad de resiliencia para poderse perpetuar.

La definición mundialmente aceptada en 1987 con el informe Burtland, determina que el desarrollo sustentable es: “aquel que responde a las necesidades del presente de forma igualitaria, pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras”; (WCED, 1987. p.441; citado en Foladori y Tommasino, 2000). De este modo desde la concepción del desarrollo sustentable la problemática principal a resolver era la ambiental, por la degradación masiva al medio ambiente la cual propicia el agotamiento de recursos necesarios para la vida de las personas, por lo que nunca se separó del todo de la problemática social y la económica (Foladori y Tommasino, 2000). De este modo al darle un enfoque sustentable al tema de investigación se refiere a garantizar la continuidad del ecosistema desértico, aunado con la población que habita y se desarrolla en esta zona.

La parte de la Sustentabilidad está respaldada por las comisiones mundiales, desde el establecimiento de la Agenda Local 21, un documento con un fuerte impacto global, que promueve una gestión enfocada a la Sustentabilidad, desde la concepción de la idea hasta la ejecución de la misma. (Cárdenas,1999). Una herramienta utilizada para aplicar la sustentabilidad son los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

En el año 2015 se desarrollaron los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible, que están vigentes en la actualidad y se plantean para poder proteger el planeta y garantizar estabilidad, prosperidad y paz para el año 2030, de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD,2020). Con base a estos objetivos se desarrollaron sus propios indicadores, que se utilizan para medir el Desarrollo Sostenible. Estos 17 objetivos son: Fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, industria innovación e infraestructura, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres, paz, justicia e instituciones sólidas.

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible relacionados con el tema de investigación son: acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres, ciudades y comunidades sostenibles, por último, agua limpia y saneamiento. Esto es debido a que su intervención directa recae en el paisaje territorial (PNUD, 2020). Donde la IV es una herramienta que ayuda a cumplir este objetivo, debido a los beneficios económicos, sociales y ambientales, que conecta el entorno natural con el ecosistema urbano.

Normas y Leyes mexicanas

Para que la propuesta política enfocada a la sustentabilidad sea posible, debe avanzar en orden jerárquico como se expresó en la sección de planear y gestionar el paisaje territorial, donde su elemento principal es la elaboración de planes, programas y proyectos que son los mecanismos de ordenamiento territorial. Se encontró que la problemática abarcada en los diferentes niveles de planeación, está en función de la normativa aplicable para lograr un desarrollo sustentable, en ecosistema desértico, específicamente para San Felipe B.C. Tomando en cuenta el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, es el último, elaborado en el año 2010, mientras que los Objetivos del Desarrollo Sostenible son del 2015, sucesivamente los de nivel estatal fueron elaborados en 2014 mientras que los de nivel

municipal se elaboraron en el 2012 y en el 2000, por último el de nivel local en la zona de estudio, San Felipe, se elaboró en 1993. Razón por la cual existe una disparidad en la información proporcionada por los documentos que rigen el territorio. Esto es un problema debido a que los planes de acción tendrían que ir de lo general a lo particular, desde los decretos globales que rigen el nivel mundial, se rige al federal, el federal rige a los estatales, los estatales a los municipales y los municipales a los locales, esto para que exista una orden jerárquico y de planes de acción a seguir y aplicarlos en el nivel local; si la normativa a escala micro no está actualizada, no se pueden llevar a cabo las acciones que plantean la federación y el estado, debido a que la vigente es la encargada de regir el ordenamiento del territorio.

Gestión Territorial y revisión de normas y leyes mexicanas

La palabra Gestión se puede entender como el conjunto de acciones y procesos que un individuo debe realizar para lograr una tarea específica, de acuerdo con Westreicher (2020), quien también afirma que los pasos para realizar cualquier tipo de gestión son la planificación, organización, dirección y control; la planificación está ligada a las metas a corto, mediano y largo plazo, se obtienen a partir de un análisis; la organización se refiere a las estrategias y pasos a seguir que se deben plantear; en cuanto a la dirección nos explica que es realizar las acciones determinadas en los pasos anteriores y por último, el control es el verificar que las acciones obtenidas sean similares a las planteadas desde el inicio. Este concepto se puede ligar al tipo de recurso a obtener, puede estar ligado al ámbito empresarial, gubernamental, ambiental o político, entre otros, siendo que en esta investigación el ámbito ambiental tiene un especial interés.

Gestión ambiental, se refiere al conjunto de acciones orientadas hacia el desarrollo sostenible, las cuales alientan a realizar un cambio en las actividades sociales y económicas, como productoras y consumidores. La gestión pública ambiental se ve como un mecanismo utilizado por la sociedad para imponerle acciones al gobierno con respecto a las cuestiones ambientales, teniendo tres soportes básicos: la política, el derecho y la administración ambiental (Gandara, 2011). Para poder llevar a cabo una gestión pública en materia ambiental se deben conocer los instrumentos generados por el gobierno para poder actuar en el territorio; es decir aquellas normas y leyes en materia ambiental necesarias para hacer una intervención territorial.

Los instrumentos normativos que por excelencia se usan para el ordenamiento territorial son los planes de ordenamiento, que, de acuerdo con Bollo, et al. (2019) los planes de ordenamiento son las herramientas utilizadas en México para guiar los procesos de planeación de una manera integral buscando el desarrollo sustentable. La planeación está planteada por escalas, donde se empieza por la Nacional/Federal, seguido de los Estatales, Municipales y Locales; donde cada una de estas escalas cuenta con un documento específico para su aplicación territorial. En México se utilizan dos tipos de ordenamiento causando una dicotomía en la manera de actuar sobre el espacio. El ordenamiento territorial y el ecológico, cuya diferencia principal radica en los organismos que los generan, es decir, el Ordenamiento Territorial está más enfocado al ámbito urbano y económico; su principal organismo regulador es la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), está auspiciado bajo la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU), por lo que se relaciona directamente con el desarrollo socioeconómico del país, mientras que el ecológico hace énfasis sobre el medio ambiente, expedido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), bajo la normativa reguladora de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), cuya finalidad es un aprovechamiento sustentable sobre los bienes nacionales. (Bollo, et al., 2019)

En esta investigación los planes mencionados, tienen una inherencia directa sobre el tema empezando a nivel Federal, se encuentra el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT, 2016), en el nivel estatal está el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, 2014, (POEBC, 2014), a nivel municipal están: Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025 (PDUCPM s.f.); el Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Mexicali; Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali. Y a nivel local de San Felipe está el Programa de Desarrollo Urbano, Turístico y Ecológico del corredor costero San Felipe- Puertecitos/Bahía de los Ángeles, 2010; el Programa de Desarrollo urbano de centro de población de San Felipe 2020 – 2030 (PDUCPSF, 1993) y las directrices generales de desarrollo urbano del rancho El Dorado y del centro cívico y cultural de San Felipe Municipio de Mexicali (2006).

Aunado a los programas mencionados anteriormente, también existen: el Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2019 -2024 (PNDUOT, 2019 - 2024), Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2019 – 2024 (PSMARN, 2019 – 2024), de estos mecanismos surgen aquellos que intervienen en la Frontera como

Programa de Desarrollo Regional de la Frontera Norte 2014 – 2018 (PDRFN, 2013), Programa Ambiental México – Estados Unidos frontera 2012/ 2020. De estos instrumentos normativos se realizó la búsqueda en coherencia con los conceptos rectores de esta investigación que son paisaje e IV.

De acuerdo a Navarrete, et al. (2019) el termino de Paisaje en la legislación y normativa mexicana es un concepto que se asume su definición o su sinónimo, sin embargo no se explica explícitamente, tomando en cuenta que México es un país capitalista, el cual ha explotado el territorio y sus recursos naturales para obtener una remuneración o beneficio económico sobre la conservación del área natural, donde los autores resaltan que el termino paisaje es necesario debido a que si se conoce el entorno, se cuida, si no se conoce, se puede explotar de manera desmedida sin una repercusión, por eso, es la importancia de que en la legislación y normativa se mencionen estos conceptos, para que el gobierno y la sociedad se haga consiente, se proteja el paisaje y los recursos naturales existentes y otorgue los beneficios que estos generan hacia los habitantes de la república mexicana.

Las leyes mexicanas existentes en la legislación, giran en torno al cuidado, protección del ambiente y ayudan al ordenamiento territorial son: la Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA), la ley para el Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (1972), la Ley de Planeación, la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, Ley General de Bienes Nacionales Ley de Desarrollo Rural Sustentable, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la Ley General del Cambio Climático.

Las leyes funcionan del mismo modo que el sistema normativo, donde se abordan por niveles de aplicación, las mencionadas anteriormente son a nivel federal, sin embargo también existen a nivel estatal, estas son: Ley de Planeación para el Estado de Baja California, la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California Ley General de Bienes del Estado de Baja California, Ley de Desarrollo Agropecuario del Estado de Baja California, Ley de Agua para el Estado de Baja California, Ley de Prevención y Gestión de Residuos de Baja California, Ley de protección al ambiente de Baja California, Ley de Desarrollo Forestal Sustentable de Baja California, Ley de Prevención, mitigación y Cambio Climático de Baja California y por último la Ley de Energías Renovables de Baja California.

Con los programas y leyes mencionados, se realizó un Marco Normativo y Legislativo, siendo una revisión documental que busca el respaldo de la ley y de las normas para la aplicación de la IV como parte del paisaje, donde se tomaron en cuenta aquellos planes, programas y leyes los cuales intervienen de manera directa o indirecta en el desarrollo territorial y conservación ambiental; sobre todo el manejo de los conceptos de paisaje y de IV, porque este último es la herramienta que se está desarrollando en esta investigación y permite integrar y conectar el desarrollo de las localidades con el paisaje natural. Por lo tanto, depende de la normativa la capacidad para gestionar y aplicar dichos conceptos en la realidad mexicana.

De la revisión normativa realizada, se revisaron 12 documentos normativos dentro de los cuales el término paisaje es mencionado, sin embargo, solo es definido por el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, los demás documentos que mencionan paisaje generalmente lo hacen asociado con alguna característica particular o se asume su definición por el contexto. Sin embargo, el término de IV sólo es mencionado en el Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2019 -2024. También existen programas que no mencionan ninguno de los dos, como el Programa Ambiental México – Estados Unidos Frontera 2020. (El extenso de la revisión normativa se encuentra en el anexo 1: Marco Normativo y Legislativo)

Posteriormente se realizó la revisión legislativa, donde el marco Legal se basa fundamentalmente en nuestro mecanismo rector como estado mexicano, el cual es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para poder ser aplicado este documento se encuentra la Legislación a los diferentes niveles: federal, estatal y municipal. La revisión de la legislación se realizó en torno a aquellas leyes con alguna correspondencia con los conceptos de paisaje y de IV

Dentro de la revisión legislativa, se sondearon 19 leyes asociadas con el ordenamiento territorial y protección ambiental, dentro de estas leyes únicamente tres hacen alguna alusión poco significativa hacia el término de paisaje y el de IV no es nombrado en ninguna. Las leyes que mencionan al Paisaje son la Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA), (DOF, 2016). La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, (DOF, 2021a). La Ley de Desarrollo Rural Sustentable, (DOF, 2021b). Por lo tanto, son 16 las leyes que no mencionan al paisaje siendo estas: la Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas

Arqueológicos, artísticos e históricos (1972), la Ley de Planeación, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley General del Cambio Climático, la Ley de Planeación para el Estado de Baja California, la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California. La Ley General de Bienes del Estado de Baja California. La Ley de Desarrollo Agropecuario del Estado de Baja California. La Ley de Agua para el Estado de Baja California, la Ley de Prevención y Gestión de Residuos de Baja California, la Ley de protección al ambiente de Baja California, la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable de Baja California, la Ley de prevención, mitigación y Cambio Climático de Baja California. La Ley de Energías Renovables de Baja California.

Dentro de esta revisión de las normas y leyes mexicanas relacionadas con el ordenamiento territorial y protección ambiental, pasando por el nivel federal, hasta llegar al nivel local que es el caso de estudio, San Felipe B.C., el termino de paisaje si es que llega a estar mencionado, en su mayoría se encuentra esta aunado con un adjetivo el cual vuelve subjetiva su interpretación, como es el caso del paisaje urbano, paisaje natural, paisaje cultural o paisaje biocultural, sin embargo, no es utilizado como medida o unidad que facilite el análisis, diagnóstico y planeación del territorio; en cuanto al termino de IV, brilla por su ausencia, sobre todo en la legislación mexicana, y en el único programa que es mencionado, se hace de una manera vaga, donde dice que este tipo de proyectos se deben de propiciar, sin embargo, no se definen y no explica con claridad su significado. Por lo tanto, al no estar claramente definidos, da como resultado su aplicación nula, vaga o subjetiva.

El siguiente apartado a desarrollar es la teoría del tema de investigación, tomando en cuenta que la IV no es un elemento aislado, es un elemento inserto dentro de un paisaje; por lo tanto, se debe entender de donde viene y el significado de este concepto para poder realizar intervenciones adecuadas en el Paisaje. Debido a que el estudio del paisaje cuenta con teorías y metodologías definidas, se desarrolla el concepto de Ecología de Paisaje, como la disciplina que toma acciones dentro de esta porción territorial; por otro lado, las intervenciones realizadas en el paisaje, se llevan a cabo por medio de una planeación, debido al enfoque y a los objetivos de este proyecto, se desarrolla la planeación sustentable y los diferentes tipos de planeación que nos llevan a una IV, la cual, para aplicarla, se desglosan sus principios.

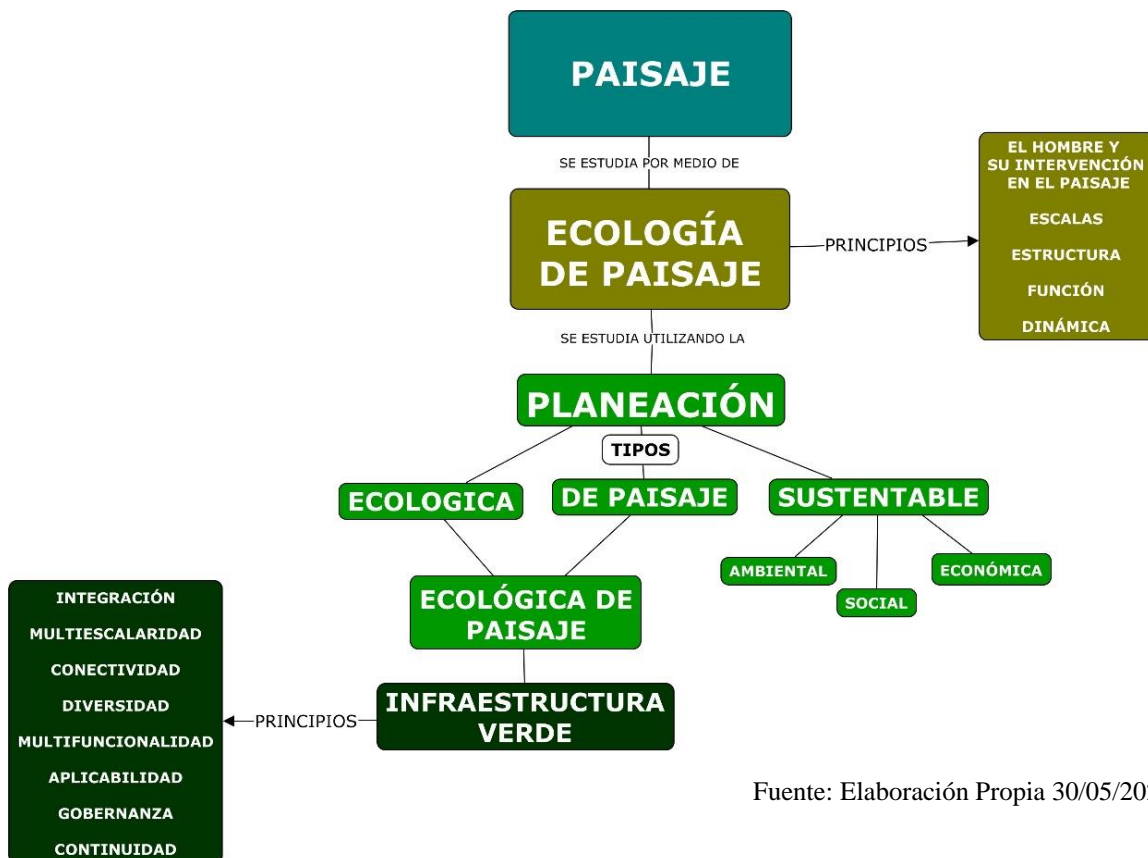
Por lo tanto, se puede entender que para aplicar este trabajo es necesario tener el enfoque del paisaje y de la IV dentro del ordenamiento territorial, sin embargo, a nivel mundial si existen

instrumentos donde estos conceptos son relevantes, por lo que busca analizar la teoría la cual si permite llegar a la solución integral como lo es la IV.

DE LA TEORÍA DE UNA VISIÓN DEL PAISAJE A LA PRÁCTICA CON UNA IV

Para iniciar la conceptualización teórica, se observa el “Paisaje”, como base de este proyecto, por lo tanto, se debe profundizar en aquellas disciplinas que abordan una metodología para su estudio, como sería la Ecología de Paisaje (EP). La manera en que esta investigación se va a acercar a un tipo de paisaje particular, el desértico (el cual para este trabajo se refiere a un desierto cálido en zonas áridas), por medio de la planificación. Por lo tanto, los conceptos a desarrollar, comienzan en el Paisaje, estudiado por la EP, utilizando la Planeación para su aplicación, así como sus diferentes tipos y de este modo llegar a una Infraestructura Verde (IV). De estos conceptos principales se van a exponer antecedentes, concepciones teóricas formales y principios¹. Como se aprecian en la Figura 1. Esquema de Marco Teórico.

Figura 1. Esquema de Marco Teórico



Fuente: Elaboración Propia 30/05/2021

¹ Principio:

“Base, origen, razón fundamental sobre la cual se procede discuriendo en cualquier materia.”

“Cada una de las primeras proposiciones o verdades fundamentales por donde se empiezan a estudiar las ciencias o las artes.” (definición 3 y definición 5 de la Real Academia de la Lengua Española, 2023).

Paisaje

¿Por qué es tan importante definir el paisaje, como primer concepto rector? Porque el paisaje puede ser todo o puede ser nada, puede tener significados diversos, puede impactar de una manera positiva o negativa al observador (Caldera, et al., 2020). A pesar de tantas contradicciones que se pueden encontrar en este término tan ambiguo y concreto a la vez, en esta investigación se va a tratar el paisaje como concepto toma en cuenta la parte subjetiva como la percepción y la parte objetiva que viene de las ciencias. Primero se va a abordar la etimología de la palabra, para después dar una breve historia de cómo es que este concepto tuvo sus antecedentes en las artes y en la literatura, siendo el cambio de un término abstracto a uno concreto, posteriormente se van a citar los grandes teóricos que han definido el paisaje y por último se va a mencionar como se puede estudiar al paisaje desde el punto de vista de una ciencia. La Ecología de Paisaje.

El significado de la palabra: Paisaje

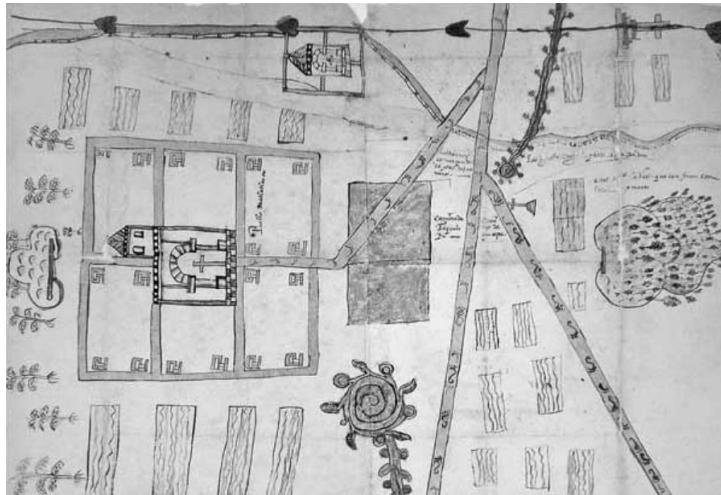
Antrop (2013) discute los diferentes significados etimológicos de la palabra *landscape*. Esta palabra tiene su origen en las lenguas Germánicas, por ejemplo, para el holandés la palabra proviene de: *landschap* esta palabra se refiere a una región de tierra (*land*) o ambiente; también esta palabra tierra (*land*) significa territorio bordeado, el sufijo *schap* se refiere a la recuperación de tierra o creación, por lo que hace referencia a un territorio bordeado donde se crea y recupera la tierra. Para el alemán, la palabra es *Landschaft*, que se divide en *schaffen* y *land*, el sufijo significa escenario, y el prefijo se refiere a suelo y territorio. Describiendo al *Landschaft* como algo que se ve, se crea, produce y modifica. Expresando “la relación indisoluble entre sociedad y naturaleza.” (Fernández Christlieb, 2014, p.60). Otro significado etimológico es el de Naveh y Lieberman (1984) ellos hacen referencia a la palabra *landscape* en el mundo literario del libro de los Salmos, viene del hebreo *noff* que se relaciona con *yafe* cuyo significado es bello; por lo tanto, esta palabra expresa la belleza de Jerusalem, en cuanto a sus templos, castillos y palacios.

El origen de la palabra germánica *landscape* ha sido escrudinado exhaustivamente, mientras que para las lenguas romances, la palabra Paisaje no ha causado el mismo interés Fernández Christlieb (2014) relata la historia de esta palabra la cual proviene de un momento histórico complejo, en 1708 donde estaba sucediendo la unión de dos mundos, es decir cuando se juntan las ideologías provenientes del continente europeo y se introducen al nuevo mundo americano, donde se tienen conceptos muy distintos acerca de lo que es el territorio. Cuando

nació esta palabra, no era de uso cotidiano, por lo que refleja dos realidades: “La del lugar habitado o «país» y la de su representación en un lienzo o «pintura»”p.57 con estas dos palabras: país y pintura las autoridades españolas describían su percepción como la realidad espacial, sin embargo, esta palabra carecía de impacto para los indígenas locales, debido a que la «pintura» no era un recurso alcanzable para todas las clases sociales de Europa, por lo que referirse al paisaje, era una preocupación de la clase acomodada (Fernández Christlieb, 2014).

El uso de la palabra paisaje en el lenguaje castellano era muy vaga, otras lenguas romances como la italiana *paesaggio*, la francesa *paysage* y la portuguesa *paisagem*; la utilizaban en su lenguaje de manera habitual para referirse a algo que une de manera infalible a los habitantes con su espacio. Paisaje se divide en *país*, término usado para hablar del espacio donde se vivía, relacionando el lugar donde cada quien nacía y al cual le tenía un apego emocional. También se hablaba de que país era la representación pictórica del espacio, como las villas, casas, fortalezas (Fernández Christlieb, 2014). Por lo tanto, la palabra *país* y la palabra *pintura* se utilizaban como sinónimos cuando no se conocía la palabra: Paisaje. Por medio de la pintura, la corona española podía hacerse una idea del “paisaje” americano; esto debido a que la pintura era «una imagen que representa la figura de alguna cosa, la cual una vez vista lleva a la mente a recordarla» (Sevilla, 1994 citado en Fernández Christlieb 2014, p.62) donde este significado evolucionó para el siglo XVII donde paisaje era: «imitar en varios colores en plano a las cosas naturales o artificiales» (De Covarrubias Orozco, 1979 citado en Fernández Christlieb 2014, p.62), con estas dos definiciones hay diferencia entre representar algo e imitarlo fielmente; por lo tanto al imitarlo, se estaba trazando un plano, siendo esta la base de la cartografía y del análisis del territorio para la corona que no conocía el nuevo mundo. Sin embargo, la evolución de estas representaciones se dio por que se encontraban una mezcla expresada por el artista indígena: el *altepetl* (palabra en náhuatl que hace referencia a una comunidad civilizada y organizada, montaña con agua); lo que quería el cacique español: tierras y los elementos físicos; esto aunado a los cambios realizados en el terreno, como la incorporación de iglesias. Figura 2. «Mapa de Atlatlahuca» (1580). Representación híbrida de un paisaje del México central (Fernández Christlieb, 2014).

Figura 2. Mapa de Atlatlahuca



Fuente: Archivo General de la Nación, México,
Ramo «Tierras», vol. 2679, exp. 5, f. 9.,
Citado en Fernández Christlieb 2014, p.71

Con esto se puede entender que la palabra *Landscape* ha sido estudiada de una manera más profunda que la palabra Paisaje; de manera general, *Landscape* hace referencia a su primera parte *Land*, que significa tierra, terreno, lugar, espacio limitado o bordeado, suelo, es decir hace referencia a un lugar particular donde algo va a suceder; mientras que la palabra Paisaje, ha tenido un análisis menos exhaustivo y su prefijo “país” en un inicio era sinónimo de pintura y se refería a un espacio particular donde una persona se relacionaba (Fernández Christlieb, 2014).. Al comparar los antecedentes de cada termino, se puede apreciar que para las lenguas germánicas el *Landscape*, era un terreno general que se puede ver, apreciar o crear y de algún modo se relaciona con la sociedad; para las lenguas romances en el paisaje era la manera de que alguien describía un lugar, ya fuera en pintura o en texto, por lo que desde la concepción de esta palabra intervenía algo relevante para el estudio del paisaje moderno, el cual es la percepción del observador, el observador plasmaba en algún lenguaje de comunicación, su percepción del entorno para explicar cómo era ese entorno particular, donde la relación hombre – paisaje, se basaba en una valoración subjetiva. De acuerdo a Capel (1973) citado en Tesser (2000) El paisaje solo existe cuando el humano observa una porción de espacio terrestre. Lo cual conlleva el poder evaluar el paisaje desde una perspectiva visual, tomando en cuenta las diferentes metodologías ya existentes para hacerlo.

Antecedentes del Paisaje

Antes de evaluar el paisaje, se busca entender de donde viene el mismo paisaje, no solo la palabra, si no la evolución del territorio ha llevado años en consolidarse y ser lo que hoy podemos apreciar. De tal manera, Folch y Bru (2017) narran la evolución de los paisajes, desde los paisajes preantrópicos, hasta los actuales. Empezando por el paisaje del carbonífero, compuesto por helechos y humedad, le sigue el paisaje del jurásico, el cual se distingue por la presencia de dinosaurios y vegetación de gran altura; estos paisajes están extintos, sin embargo representaban lo existente en esas épocas; hasta llegar a la actual, empezando por el paisaje literario, el pictórico, el geográfico, hasta llegar al paisaje cotidiano, donde el paisaje paso a ser un algoritmo basado en la matriz biofísica que se correlaciona con el territorio.

La historia del concepto de paisaje, va más allá de conocer su etimología, de acuerdo Folch y Bru (2017) se remonta al S. XV. Como se ha explicado, es un concepto directamente relacionado con la pintura y desarrollado por la escuela italiana y Flamenca. Siendo el fondo, la escena, el que brindaba realismo y profundidad, para 1860 este fondo se convirtió en protagonista y gradualmente fue entendido como una expresión del territorio que reflejaba la realidad ecológica y geográfica. El paisaje puede ser tanto efímero como permanente.

El paisaje como concepto y como palabra, ha llevado una evolución considerable, debido a la ejemplificación de una parte del entorno que expresa su historia, legado y vocación, por lo que ya no se toma como una pintura o retrato lirico, ya pasa a ser parte de las ciencias formales como la Geografía y Ecología; el paisaje se convirtió en un término digno de ser estudiado, entendido e interpretado; a continuación, se presenta una base teórica acerca del paisaje como objeto de estudio.

Conceptualización Teórica del Paisaje

El poder hablar del paisaje como un concepto definido resulta complejo, debido a que es un concepto que sigue desarrollándose de acuerdo a Etter (1991) donde los aportes de pensadores clásicos generan, una base teórica sólida del término de paisaje.

Troll (2013) explica el concepto de paisaje tiene evidencias del año 830 d.C. donde en el proceso de evangelización describen y delimitan una región. En 1884 Opperl hablaba del paisaje como “espacio terrestre que se presenta completo desde cualquier punto de vista” p. 75

y para 1925 Carl Sour introdujo el termino paisaje en la geografía americana definiéndola como “una unidad espacial de fenómenos interdependientes” p.75. Finch Trewartha en 1949 describió el paisaje natural incluyendo procesos biológicos: “se denomina paisaje natural al conjunto de características naturales interrelacionadas dentro de una región...” p. 75. Estas definiciones Troll (2013) las analizó con el fin de entender como los pensadores importantes de su época, percibían al paisaje y de esta manera poder desarrollar su estudio, del cual se hace referencia en el siguiente apartado.

Forman y Godron (1986) definen al paisaje como un área heterogénea de la superficie terrestre, compuesta por nodos de ecosistemas que interactúan y se replican continuamente en el espacio.

Naveh y Lieberman (1984) explican que paisaje regularmente se refiere a un escenario. No obstante, no se puede apreciar todo lo que el paisaje ofrece si lo observamos de esa manera, por lo tanto, el paisaje no es solo su parte estética o una parte física. Paisaje es la entidad total tanto espacial como visual donde el hombre vive y se integra con su entorno, natural y artificial.

El paisaje para la Geografía y para la Ecología

Como se ha venido mencionando, dos de las ciencias más importantes que estudian el paisaje son la Geografía y la Ecología; por lo tanto, es relevante para la presente investigación entender cuál es la ciencia que respalda la intervención en el paisaje con diversos métodos, como lo es la IV.

El paisaje para la Ecología es parte del entorno que se relaciona con los seres vivos, y se encuentra dentro de los niveles ecológicos conformando la jerarquía organizacional de la ecología. Estos niveles, empezando desde el más pequeño hasta el más grande son: célula, tejidos, órganos, sistema de órganos, organismo, población, comunidad, ecosistema, paisaje, bioma y ecósfera. Donde cada nivel superior contiene al inferior; el paisaje ocupa el noveno lugar y se explica como un área heterogénea compuesta de un grupo de ecosistemas interaccionados y los cuales se repiten de manera similar en toda su extensión. (Odum y Warret, 2006)

El Paisaje para la Geografía fue definido en 1805 por Hommeyer, quien decía que es un conjunto de formas que determinan un sector de la superficie terrestre. (Tesser, 2000). Passarge

en 1920 fue el primer geógrafo en fundamentar la geografía del paisaje, donde explica el paisaje como un conjunto de fenómenos climatológicos, hidrológicos, edafológicos y de vegetación, que se unen con fenómenos culturales teniendo como resultado unidades jerárquicas de distinto orden. Esto fue la base para la escuela Geográfica del paisaje cuyo objetivo es sistematizar el conocimiento del Paisaje, de esta escuela salió el Geógrafo Carl Troll quien fue el que le dio origen a la disciplina consolidada como EP.

La geografía cuando estudia el paisaje es similar a la ecología del paisaje, solo que se enfoca en los geosistemas, pero también lo relaciona directamente con el hombre, ve escalas, dinámica y estructura del paisaje, sin embargo no está tan desarrollada la metodología como es el caso de la EP, debido a que en un principio para la geografía solo le interesaba la parte conceptual del paisaje, cuando empezó a interesarse por entender y estudiar el funcionamiento del paisaje fue hasta 1980 (Tesser, 2000) y a pesar de que tienen puntos similares, la EP desde su inicio fue concebida para entender el estudio del paisaje como la unidad heterogénea que es, por esta razón la mayoría de los investigadores buscan entender la manera de actuar sobre el paisaje, lo relacionan con la ecología del paisaje, inclusive para dar las propias definiciones de paisaje, lo hacen en publicaciones relacionadas con esta última disciplina, ya que es una manera estructurada de abordar el estudio de paisaje, y dar una solución sistémica a la problemática que se suscite, razón por la cual en este estudio se va a profundizar en esta disciplina: EP.

En conclusión del término Paisaje y tomando en consideración, la teoría y las disciplinas que lo abordan, podemos apreciar cómo ha pasado de un término asociado con la pintura hasta su transformación expresada en el territorio, conceptualizando el entorno de los seres humanos, volviéndose más que un término, un concepto dinámico, manifestando la relación inseparable entre sociedad y naturaleza, volviéndose un elemento indispensable para interpretar, comprender y proteger el entorno cambiante; concepto estudiado desde la geografía hasta la ecología, hasta llegar a su propia disciplina, la EP, la cual proporciona un enfoque estructurado para la intervención en el paisaje, como se puede apreciar a continuación.

Ecología de Paisaje

Antes de ahondar en los estudios de EP, Folch y Bru (2017), comienzan a entender la ecología clásica, donde Ernst Haeckel la definió como: “la ciencia de las relaciones del organismo con el ambiente, entendido este en sentido amplio, de manera que incluye la totalidad

de las condiciones de la existencia” (Haeckel, 1866, citado en Folch y Bru, 2017 p.92). Donde esta disciplina toma en cuenta los factores bióticos y abióticos. La ecología fue reconocida hasta 1913; sin embargo, el término de paisaje se retomó hasta la segunda mitad del S. XX. En la época de los ochentas Margalef hace notar que dentro de la teoría ecológica no se tomaba en cuenta las dimensiones espaciales, territoriales y paisajísticas, es decir, no se tenía una visión holística. (Folch y Bru, 2017).

Esta disciplina considera el paisaje como un mosaico de piezas interrelacionadas, tomando en cuenta tanto los factores biofísicos como los socioeconómicos, ya que aspira a comprender como funciona en realidad el territorio. La EP es multidisciplinaria y fue acuñada como se mencionó anteriormente, por el geógrafo alemán Carl Troll, quien definió a esta disciplina como “el estudio integral de la compleja red de relaciones causa/efecto existentes entre una comunidad de especies y sus condiciones ambientales en un determinado espacio” (Troll, 1939 citado en Folch y Bru, 2017, p.95) y esa disciplina se consolidó con el ecólogo Richard T.T. Forman, como el resultado de la interacción entre ecología, la geografía, la planificación, el diseño y la gestión del paisaje, considerando al paisaje como un sistema complejo que genera flujos horizontales y verticales. (Folch y Bru, 2017).

Ecología de paisaje desde la ecología y la geografía

El estudio del paisaje desde la ecología, surgió con el acercamiento del conocimiento del paisaje con la Geografía, donde su primer aproximación fue por el geógrafo H. Hassinger en 1919, él explicaba que si se estudiaba el paisaje como una región natural geográfica, se podrían establecer las relaciones entre la parte viva y la parte inerte de la naturaleza, inclusive adentrándose en la sociedad y la economía; las bases planteadas para el estudio de paisaje no tuvieron mayor trascendencia hasta 1938 donde el geógrafo alemán, Carl Troll, quien propuso el termino de EP, justificando su relación con el entorno del hombre, debido a que el ser humano utiliza los recursos naturales para sus actividades esenciales y como materia prima; por lo tanto existe una manera adecuada de hacer uso y disfrute de estos recursos sin degradar permanentemente el medio natural, en vez de eso, entenderlo y aprovecharlo de una manera sustentable. (Morlans 2005).

Antecedentes de la Ecología de paisaje

El que haya nacido el concepto de Ecología de Paisaje (EP), no solo implica el relacionar la ecología con el Paisaje, sino que Carl Troll buscó explicar el Paisaje desde un metodología que lo respaldara, encontrando a la Ecología, como la ciencia base del mismo.

Troll (2013) analiza aquellos estudios relacionados con el paisaje, para de esta manera abordarlo con una lógica y un respaldo fehaciente. En primer lugar, analiza la ciencia del paisaje, donde el paisaje ya no solo se utilizaba para describir pinturas y obras literarias, sino se tomaba como un objeto digno de estudiarse. Fue en 1884 cuando describían lugares inhóspitos como los desiertos y la tundra, teniendo como interés de estudio únicamente los procesos físicos (Troll, 2013). El siguiente estudio buscaba entender un sistema ecológico fue el de Mobius 1877, quien vinculo los principios de Ernst Haeckel de relacionar los seres vivos con su ambiente, donde Mobius desarrolló la sinecología que es el estudio de la dependencia funcional entre los seres vivos y su ambiente (Troll, 2013). En 1899 Cowles estudio la sucesión vegetal en las dunas del Lago Michigan; en el mismo año Morris Davis desarrollo su investigación en torno a la sucesión del paisaje desde un terreno abrupto hasta una planicie. Para 1905 F.T. Clements y A.C. Cowles, botánicos de Chicago formaron el centro de estudio de Ecología de las plantas (Troll, 2013).

Para 1919 S. Passarage sustituyó el concepto de geografía del paisaje por el de estudio de paisaje, buscando su validez como una rama de las ciencias de la tierra; él definió al estudio del paisaje como el “aprendizaje del orden y penetración de los espacios y de su la fusión con componentes singulares de un territorio” p.74. Esta definición de estudio de paisaje Troll no la acepta debido a que mencionan los espacios que se penetran dificultosamente se fusionan en componentes únicos, expresando que esa definición carece de bases ecológicas. Para 1933 Leo Waibel tomo los principios de Passarage para estudiar el paisaje desde un punto biológico-geográfico totalmente inclinado hacia lo ambiental, por lo que dejaba de lado las relaciones ecológicas del hombre con su medio ambiente. (Troll 2013)

En 1919 H. Harringer describió a la geografía del paisaje como una ciencia que tenía un objeto específico de estudio, siendo el paisaje y estudiado como parte de una región natural; por lo tanto, explicaba las múltiples relaciones entre la naturaleza viva y no viva, ocurridos en determinada región. (Troll, 2013)

Entendiendo como se había estudiado el paisaje y queriendo abarcar un estudio sistémico del mismo, Troll (2013) encontró que la Ecología estudia al ser vivo y su relación con su entorno inmediato, además de que homologa las relaciones espacio tiempo, sin embargo, no se enfoca en entender los fenómenos económicos sociales y culturales. En la ecología se pueden estudiar las actividades humanas desde el enfoque ambiental, analizando biofísicamente el terreno y entendiendo la relación de la vegetación cultivada con su aptitud. Por lo tanto, la geografía del paisaje no estudiaba esta aptitud biofísica y la ecología por sí sola no se enfocaba en un estudio regional sistémico que midiera el impacto del hombre con su ambiente como la geografía de paisaje; debido a esto al fusionar Ecología con el estudio de Paisaje, abarcaba las actividades humanas sobre un territorio particular entendido desde la biofísica, geomorfología, sinecología y ecología de las plantas. Con esto en consideración Troll (2013), describió la Ecología de paisaje 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 profundizando en como las condiciones ecológicas establecen la distribución espacial vegetal además de aquellas relaciones naturales que le dan carácter al paisaje natural.

Conceptualización teórica de la Ecología de Paisaje

Troll más allá del concepto de EP como disciplina, describe que esta conceptualización teórica busca entender aquellos fenómenos espaciales complejos por medio de una perspectiva geográfica e integral, donde los fenómenos sociales cobran especial relevancia al ser modificadores activos del paisaje, por lo que no se pueden dejar de lado, obteniendo estas apreciaciones por medio de trabajo de campo, donde apreció la importancia de la fotografía aérea a la hora de describir los paisajes y las interrelaciones que suceden en él.

Zonneveld (1990) describe a la EP como una ciencia, sustentando esta afirmación con lo que describe Theorie Werkgroep (1986) citado en Zonneveld (1990) p.3 donde la ciencia es un conocimiento metodológicamente canalizado. Este conocimiento está basado en teoría y en la observación de fenómenos empíricos. En el caso de EP el fenómeno analizado es el paisaje y sus interrelaciones. Los argumentos teóricos están basados en la escuela naturalista humana de Humboldt y en los principios de la geografía cultural de Carl Sauer, además de las ciencias mencionadas anteriormente (Troll, 2013).

Otro elemento importante para ser considerada ciencia de acuerdo con Zonneveld (1990) es que debe tener un paradigma, donde su conocimiento científico pueda ser aplicado por científicos a diferentes sujetos y teorías. Además de contener una red de investigadores que consoliden dicho paradigma. Por lo mismo Zonneveld (1990) afirma que la EP, está respaldada por este tipo de red, se identifica como Ecólogos del paisaje quienes se enfocan a estudiar el carácter complejo y heterogéneo del paisaje ubicando al hombre como un modificador más.

Naveh y Lieberman (1984) concuerdan con la afirmación de Zonneveld explicando a la EP como una ciencia interdisciplinaria que interrelaciona al hombre con el espacio vivo que habita y se basan en la descripción del propio Zonneveld desarrollo, donde menciona a la EP como una ciencia formal, bio y geo humana con enfoque holístico. (Zonneveld, 1982 citado en Nave Lieberman, 1984)

Cuando se expresa la EP, está aborda las problemáticas de manera holística, Naveh y Lieberman (1984) declaran que el concepto de holístico se refiere al requerimiento de integración total del paisaje natural con el antropizado uniendo la parte social y física con el medio ambiente donde se encuentra. Por lo que 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 sus necesidades.

La EP para Naveh y Lieberman (1984) justifica su nombre y sus bases. Sin embargo, falta por desarrollar las herramientas teóricas y metodológicas que integren modelos útiles para entender y resolver los problemas ambientales de los paisajes particulares que exponen elementos clave que la consolidan. Forman y Godron (1986) señalan a estos elementos se denominan como principios de la EP, los cuales son: a) El hombre y su intervención en el paisaje, b) escalas, c) estructura del paisaje, d) funciones y e) dinámica espacio temporal del paisaje.

a) El hombre y su intervención en el paisaje. Se da porque el ser humano utiliza el paisaje para cubrir sus propias necesidades, lo modifica y lo adapta para su beneficio. Langer, 1973 (citado por Naveh y Lieberman, 1987), explora las diferencias entre el paisaje natural y cultural; donde el paisaje cultural busca ser estudiado con base en fenómenos naturales y socioculturales, entendiendo los impactos antropogénicos sobre el territorio. Del mismo modo Egler, 1964 (citado por Naveh y Lieberman, 1987), reconoce la importancia del ser humano en la

vegetación, entendiendo la naturaleza de manera holística como parte integral para operar en el paisaje. Desde el punto de vista de la EP el hombre no se encuentra arriba de las leyes naturales, es uno de los elementos conformados por la misma naturaleza; por lo tanto, esta disciplina provee los lazos que unen los objetos y procesos de aquellas ciencias enfocadas en las plantas, animales y en el mismo ser humano desde el punto de vista de la integración funcional con el territorio donde el resultado de estas relaciones se evidencia en los usos del suelo.

b) Escala. Forman y Godron (1986) aclaran que la escala es el nivel de resolución espacial percibido y considerado, cuya importancia radica en los factores de afectación desarrollados en el paisaje, los cuales se pueden dar desde fenómenos pequeños como es la erosión ocasionada por un solo microorganismo u organismo vivo, hasta fenómenos a escala macro, obtenidos por el movimiento tectónico. Las escalas se definen por el tipo de profundidad con la que se desea abordar el estudio, donde la Mega escala presta atención a la tectónica de placas y la evolución de grupos mayores, así como el desarrollo de patrones vegetales altamente identificables. Con la Macroescala se pueden observar los cambios en las regiones climáticas y como la migración de las especies y el desplazamiento de los ecosistemas afecta al paisaje. En la micro escala es cuando se aprecian los disturbios naturales y antrópicos que afectan el establecimiento de alguna especie ya sea vegetal o animal y la sucesión de la misma.

c) Estructura del Paisaje. El obtener la estructura espacial de un paisaje, de acuerdo a Forman y Godron (1986) es el entender las relaciones espaciales entre 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.

d) Función del Paisaje. La función del paisaje se refiere a las interacciones entre los elementos espaciales que incluye el flujo de energías, materiales y especies sobre la configuración ecosistémica particular abarcados en el paisaje de estudio. (Forman y Godron,1986)

e) Dinámica. La dinámica de acuerdo a Forman y Godron (1986) es la alteración de la estructura y de la función en la configuración ecosistémica a través del tiempo, es decir el cambio espacial al paso de los años. Naveh y Lieberman (1987) mencionan que la dinámica es necesaria para estudiar el paisaje, debido a que no solo se entiende el territorio por lo que está sucediendo en el presente, si no por lo que sucedió en el pasado, explicando el comportamiento

futuro del espacio. En cuestión de la composición vegetal unida a la intervención del ser humano determinando la estabilidad, diversidad, productividad o fragilidad de acuerdo a la región climática y a las condiciones locales.

Estos principios se dan por que el Paisaje mediante la perspectiva de la EP es percibido como una unidad medible y reconocida y espacialmente, primordialmente en la forma en que los ecosistemas interactúan, su geomorfología y sus degradaciones; por lo que, es relevante entender la relación e influencia del hombre en el paisaje, los elementos que lo componen, la organización particular de estos elementos y el cambio de estos con respecto al tiempo, para de esta manera aproximarse al sentido holístico representado en la Ecología del paisaje, entendiendo el objeto de estudio las interrelaciones que suceden en él, tanto de manera vertical como horizontal.

De esta manera se puede afirmar que la EP es una importante disciplina que aborda las complejas interacciones entre las comunidades biológicas y las condiciones ambientales, enfocándose en las causas de la heterogeneidad en el paisaje; por lo que identifica y analiza todos sus componentes y los fenómenos causantes, así como sus interrelaciones, tomándose como base en la planeación. Para que, al momento de planear una ciudad, comunidad o espacio, se dé en el sentido holístico, donde todos los factores que la conforman son relevantes, debido a que cada uno representa un valor distinguido para la estructura, forma, función y dinámica existente en el paisaje, sustentando su enfoque integral.

La EP, reconoce la necesidad de desarrollar herramientas teóricas y metodológicas para abordar los desafíos ambientales y gestionar de una manera más efectiva el paisaje, considerando todos los elementos relevantes y promoviendo la conservación del paisaje en armonía con la actividad humana; Debido a esto, esta ciencia se utilizará como la base de la presente investigación, unido al tipo de planeación adecuado para ayudar a cumplir con los objetivos del proyecto.

De una planeación general a una específica

El paisaje al ser un elemento tan complejo que a la vez puede ser medible e intervenido, es respaldado por una ciencia como lo es la EP, la cual establece principios que dictan como

actuar sobre él, tomando en cuenta su complejidad. Para ejercer alguna acción en el territorio de una manera ordenada, se utiliza la planeación.

Entendiendo que planeación para la RAE (2014) en México viene de planeamiento, sinónimo de trazar un plan, por lo que trazar un plan va relacionado con la acción de establecer lineamientos para un fin específico con resultados a corto, mediano y largo plazo, siendo un proceso continuo de toma de decisiones. La Universidad Francisco Marroquín (2008) expresa la diferencia entre planeamiento, planeación y planificación, donde expresa la diferencia principal entre los dos primeros términos, radica en los países que utilizan cada concepto, donde “Planeamiento” es más común para la generalidad de países de habla hispana, mientras que la palabra de “Planeación” es más utilizada específicamente por México y Guatemala. Por otro lado, está el término de planificación que de acuerdo a la RAE (2021) viene de planificar, siendo la acción de trazar un plan general minuciosamente planteado; la Universidad Francisco Marroquín (2008) explica la planificación no solo como un proceso de toma de decisiones, ya que además es un proceso donde se tiene que anticipar y visualizar las futuras problemáticas. Al utilizar este término se garantizan tres características; la primera, hacer referencia hacia un futuro, la segunda, indicar acciones y la tercera, tener un elemento de causalidad el cual puede ser personal u organizacional. Debido a que el concepto de planificación es el más completo e indica acciones presentes y futuras para la toma de decisiones enfocadas a un fin en particular.

La planificación en este estudio está enfocada a la intervención en un punto territorial; por lo tanto, la planificación territorial es el punto de partida para llegar a los objetivos de este proyecto, enfocados a la sustentabilidad, al paisaje, a la EP, para llegar a la herramienta de IV.

Planificación Territorial

Para unir el concepto de planificación con la parte territorial, primero se va a hacer referencia al territorio. Concepto un tanto confuso por que se identifica desde perspectivas variadas, de acuerdo con el geógrafo Suizo Claude Raffestin (1980), citado en Folch y Bru (2017), afirma que “El espacio es un lugar de poder, mientras que el territorio es un producto del poder” p.48., tomando en cuenta que el territorio da lugar a que los objetos interactúen con el espacio, teniendo una configuración dinámica, es decir, está en constante movimiento. De acuerdo a Folch y Bru (2017) el Territorio, es un conjunto de configuraciones funcionales delimitadas y sujetas a apropiación. La intervención del ser humano en el territorio es el delimitar el conjunto de matrices biofísicas y adaptarlo para su habitabilidad, dando lugar a los

derechos de propiedad, divisiones político -administrativas que diferencian países, estados, municipios, ciudades.

La segunda definición de territorio enunciada por Folch (1999) citado en Folch y Bru (2017), donde el territorio es “el fragmento de superficie planetaria que ha sido configurado de una manera determinada y que es administrado por una colectividad humana concreta”. p.50. El constante cambio ocurre dentro del territorio y se transforma en un bien y/o servicio intercambiable, siendo parte del capitalismo económico. Entendiendo de esta manera al territorio como una parte física y tangible utilizada por las sociedades humanas para su beneficio siendo transformado en un bien o servicio, parte de la economía. Con esto último, podemos entender por qué la planificación territorial también se relaciona con el desarrollo sustentable, debido a que las principales vertientes del Desarrollo Sustentable son la Ambiental, esta se une con la parte biofísica del territorio, la Social, la cual habla de cómo los seres humanos interactúan con su territorio y la Económica, dando lugar al uso del territorio como un bien o servicio, el cual puede ser planificado de una manera sustentable (Folch y Bru, 2017).

Planificación Territorial y Desarrollo Sustentable

En primera instancia se define el desarrollo sustentable, entendiendo que el desarrollo durante las primeras cinco décadas del siglo XX, iba enfocado hacia un desarrollo económico, es decir la acumulación de capital financiero, privilegiando al “desarrollo tecnológico” sobre cualquier otro, porque potencializaba el crecimiento económico, intentando lograr un bienestar social, sin embargo, en lo referente al apartado ambiental, no era prioritario, ocasionando numerosos problemas ambientales que no se han podido solventar hasta nuestros días (Cantú 2012). Algunos problemas ambientales han acarreado la búsqueda de un desarrollo económico, siendo los que menciona Moreno (2007) como la canalización y entubación de cauces naturales, la colocación de infraestructura básica para satisfacer las necesidades urbanas, teniendo como consecuencia la degradación y desaparición de flora y fauna locales, produciendo un cambio climático a nivel global. Estas consecuencias se dan debido a las alteraciones graduales y continuas que el ser humano realiza sobre su entorno, como la contaminación del aire, suelo, agua, esto sumado a las actividades industriales, al uso indiscriminado de recursos naturales logrando que el planeta no pueda ser resiliente a la misma velocidad de su degradación. En la misma idea, Cantú (2012) expresa que el desarrollo buscado por el hombre va enfocado a una visión antropocentrista, donde el ser humano está sobre la naturaleza; siendo evidente el

problema causado como especie, a principios de la década de los 70's surgió el Desarrollo Sustentable.

El Desarrollo Sustentable se consolidó de acuerdo a Cantú (2012) con el Informe de Brundtland y el encuentro sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, celebrado en 1992 en Río de Janeiro, aunada a la Conferencia Mundial sobre el Desarrollo Sustentable efectuada en Sudáfrica y con los denominados Objetivos del Milenio en 2002. Donde la definición conceptual de este término va enfocada a “aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones, eliminando la pobreza y promoviendo la equidad social, tanto intrageneracional como intergeneracional” (Cantú – Martínez, 2008, citado en Cantú 2012, p.88). El mismo autor subraya la importancia de este concepto, al aplicar su operatividad con los representantes de las sociedades, siendo que están obligados a buscar un esquema donde las necesidades sociales, económicas, políticas y ambientales estén encaminadas a mejorar la calidad de vida de los habitantes sin degradar irreparablemente el entorno. Sin embargo, el concepto de Desarrollo sustentable ha sido utilizado indiscriminadamente como adjetivo junto a un sinnúmero de proyectos, ya sean arquitectónicos, políticos o económicos, logrando perder la esencia de lo que realmente buscaba.

El Desarrollo Sustentable se basa en sus tres ejes, ambiental, social y económico, por lo que su aplicabilidad recae en ellos para ser eficaz, debido a que estas tres líneas a grandes rasgos envuelven las necesidades primordiales de los seres humanos para desarrollarse en un entorno habitable y estable con el medio ambiente. Proponiendo una variedad de herramientas, que ayudan lograr un desarrollo territorial sustentable. De acuerdo a Moreno (2007) unas de estas herramientas son: el Metabolismo urbano circular (Ciudades que convierten sus desperdicios en recursos), Arquitectura Verde (Diseño de edificios cuya tecnología los hace ser responsables de sí mismos y de la generación de sus propios recursos), IV (planeación de áreas naturales y corredores, permitiendo la continuidad de las funciones naturales de la flora y fauna en los sistemas naturales) y por último mencionan a la Ecociudad, (ciudades que viven de fuentes de energías renovables y no contaminantes donde reciclan y reutilizan sus desechos para la propia generación de recursos). Por lo tanto, estas herramientas se vuelven una manera de planificar sustentablemente el territorio, como lo es la planificación de la IV

Planificación de Infraestructura Verde (IV)

Este tipo de planificación, de acuerdo con Mell (2008), ayuda a ver como debe ser el paisaje en cuanto a su forma y su función, retomando atributos naturales e integrándolos a los urbanos. De esta manera poder desarrollar políticas de planeación y proponer una manera de armonizar el medio ambiente con las actividades humanas, promueve las ideas de conexión espacial, accesibilidad, integración, multifuncionalidad y escala, expresadas en la EP para motivar el acceso a los espacios verdes y promover la conectividad entre paisajes, con corredores que facilitan la movilidad; utilizando elementos con agentes sociales, económicos, ecológicos, por medio de las áreas verdes que proveen beneficios ecológicos, económicos y sociales.

Este enfoque de planificación, Mell (2008) lo divide en dos categorías, la conceptual y la práctica. La primera viene de las ideas de Frederick Law Olmsted de planeación de paisaje en su sentido multifuncional, con un fuerte énfasis en la planeación de IV y la segunda viene de aquellos beneficios sociales y ecológicos que provee la IV en el manejo sustentable de paisajes. Buscando promover a nivel federal el manejo de paisaje, contribuyendo una planeación sustentable a largo plazo, respaldado en el ambiente que permite el desarrollo de espacios verdes donde el hombre puede movilizarse entre los diferentes paisajes.

Por lo tanto, el paso de la planeación general a una específica conduce a la aplicación de diferentes conceptos, como el territorio, el desarrollo sostenible, el paisaje, la ecología, que llevan a la planeación ecológica de paisaje la cual utiliza herramientas como la IV, surgiendo como una forma de armonizar el medio ambiente con las actividades humanas, promoviendo la conectividad entre paisajes, tomando en cuenta aspectos ecológicos, sociales y económicos, para de esta manera lograr un desarrollo territorial sostenible a largo plazo. Como se puede apreciar en el siguiente concepto.

Infraestructura Verde (IV)

Benedict y McMahon (2006) citados por Selman (2009) expresan que la IV se ha convertido en un vehículo favorito para integrar una red planificada y estratégicamente "diseñada y administrada como un recurso multifuncional capaz de brindar... servicios ecológicos y beneficios de calidad de vida... y necesarios para apuntalar la sostenibilidad" (p.45). El termino de IV puede ser relativamente nuevo, sin embargo, la conceptualización

teórica que envuelve a la IV, data de más de 150 años, de acuerdo a Benedict y McMahon (2006) quienes relatan el proceso que la IV ha llevado a cabo para ser lo que en la actualidad entendemos como IV: red estratégicamente planeada que busca aprovechar de un modo útil y funcional de los recursos del planeta para que los seres humanos también puedan obtener beneficios.

De acuerdo con los autores, su historia data desde 1850 a 1900 cuando Henry David Thoreau empieza a escribir acerca de la importancia de preservar porciones de la naturaleza para su propio bienestar, unido a las ideas de Law Olmsted de conectar por medio de un sistema los parques y las avenidas; también por esta época empezó la idea de Cinturones verdes en Inglaterra. Para 1900 a 1920 se empezaron a crear vías verdes arboladas para uso recreativo y empezó a entender la importancia de los espacios naturales para el área urbana, donde el presidente de Estados Unidos Roosevelt introdujo el tema de conservación del área natural a la agenda. Para los años de 1930 a 1950 Victor Shelford un biólogo y ecologista induce la preservación de las áreas naturales y la creación de zonas de amortiguamiento, con esto se empieza a ver la importancia de los cinturones verdes. En la década de los 60's el interés por la ecología fue más allá de la preservación con las ideas del arquitecto paisajista Ian McHarg de que la ecología debía ser la base del diseño regional, de paisaje y arquitectónico. En esta misma década se empieza a ver una disciplina de reciente creación que es la EP, la cual se enfoca en las interacciones entre el Hombre y el paisaje. Para 1970 y 1980 entienden la idea de que preservar o conservar áreas naturales de manera aislada no es suficiente para proteger la biodiversidad y los procesos ecosistémicos; en esta década Foreman consolida los principios de la EP con la ética y la importancia de las áreas naturales. A partir de 1990 existe un interés creciente de la IV como herramienta de conservación y desarrollo, donde la planeación de la IV entra en función.

Principios de la Infraestructura Verde (IV)

Para llevar a cabo esta planificación y tomando en cuenta lo ya mencionado, los autores lo resumen en una serie de principios; entendiendo como principio a las bases fundamentales que respaldan una ciencia (RAE, 2023), que vienen desde la EP, como lo son la conectividad espacial, la accesibilidad, la integración, la multifuncionalidad y la escala (Mell, 2008), sumando las dimensiones mencionadas por Vasiljević et al. (2018), la multiescalaridad y la multifuncionalidad, donde Monteiro, et al. (2020) realiza una revisión bibliográfica para

encontrar los principios más utilizados en la misma IV, dando como resultado, ocho principales, los cuales son conectividad, multifuncionalidad, multiescalaridad, integración, diversidad, aplicabilidad, gobernanza y continuidad. Por otro lado Benedict y McMahon (2012) también hacen referencia a 10 principios de la IV, los cuales son conectividad, la importancia del contexto, el fundamento teórico y científico de la IV, la IV dentro del marco de conservación y desarrollo, planeación y aplicación oportuna de la IV, estructura de financiamiento de la IV, beneficios ambientales y sociales generados por la IV, el respeto por los actores claves de la IV, las conexiones tangibles e intangibles y por último está el principio de que la IV es un compromiso a largo plazo.

Comparando los principios de la EP que Monteiro, et al. (2020), expresa acerca de la IV, solo no mencionando a la accesibilidad, de ahí en fuera los otros cuatro principios de la EP son aplicados a la IV. Al comparar los principios de Monteiro, et al. (2020) con los de Benedict y McMahon (2012), se puede apreciar que los de Benedict y McMahon son más específicos para su aplicación en la realidad, abarcando hasta el financiamiento mientras que los de Monteiro rondan entre lo más general; por lo tanto, los de Monteiro pueden incluir a los de Benedict y McMahon. A continuación, se va a explicar la relación entre los principios de Monteiro con los Benedict y McMahon, expresando el significado de cada uno de ellos.

Conectividad: de acuerdo con Benedict y McMahon (2012), es la conexión entre las áreas naturales, con los espacios abiertos, con la gente y con los programas. Es decir, aquellos vínculos relacionando el paisaje natural y el urbano con la gente, sin dejar de lado su aplicación por medio de programas. De acuerdo a Monteiro, et al. (2020), la conectividad aplicada al paisaje natural es fundamental para sostener las interacciones de las especies, así como salvaguardar los valores y servicios ecosistémicos. Esto es imprescindible por que los parques pequeños y los bosques urbanos por sí solos, no son suficientes para permitir que la flora y la fauna realicen sus actividades vitales. La conectividad también sirve como tránsito para los humanos, donde les da la oportunidad de realizar actividades recreativas y de movilidad.

Multifuncionalidad: este principio se relaciona con el de Benedict y McMahon (2012), se refiere a que la IV debe estar fundada en ciencias y teoría que la respalden, como la Biología de conservación, EP, Planeación urbano y regional, Arquitectura de paisaje, Geografía e Ingeniería civil, todas estas van a contribuir a un diseño exitoso para la implementación del sistema; por lo tanto se debe de entender el sitio y saber el ecosistema donde se está

desarrollando el proyecto de IV. De acuerdo con Vasiljević et al. (2018) utiliza elementos naturales y seminaturales, para proveer los beneficios económicos, sociales y ambientales. Incluyendo a la conectividad como parte de sus funciones para distribuir y relacionar los espacios que conformen la IV. La importancia de la multifuncionalidad de acuerdo con Monteiro, et al. (2020), es la conexión directa entre la IV y los servicios ecosistémicos, como provisión, regulación soporte y cultura. Este principio de la IV, provee funciones sociales, ecológicas, económicas y aumenta la sinergia, logrando que el área donde se aplicó la IV se vuelva más resiliente y pueda lograr sus objetivos de una manera más eficiente.

Multiescalaridad: Antes de examinar lo que Monteiro, et al. (2020) expresa acerca de la multiescalaridad, se revisaron otros autores. Vasiljević et al. (2018) menciona que la multiescalaridad se basa en los diferentes niveles espaciales para intervenir territorialmente y depende del nivel o escala utilizado a través de una coherencia ecológica, física y funcional para aplicar la IV. Por otro lado, De Vitoria-Gasteiz (2014), menciona que el uso de la escala puede ser a tres niveles: la escala regional, la escala municipal y local y por último la escala urbana y de barrio. La primera escala, la regional concibe una escala macro donde está incluido el sistema donde el territorio realiza sus procesos ecológicos básicos, conteniendo espacios de valor ambiental, paisajístico y patrimonial, así como las conexiones entre ellos. La segunda escala, la municipal y local es una escala meso donde identifica los puntos ambientales relevantes y los principales componentes dentro de ellos, en esta escala se debe de realizar una planificación y gestión sectorial para potenciar el uso correcto de estos elementos. La última escala es la urbana y de barrio, se puede interpretar como la escala micro, en esta escala el detalle de análisis es mayor, se identifican los elementos bióticos y abióticos de cada área para ver cuáles son aquellos que constituyen la IV. Con esto en consideración podemos entender a Monteiro, et al. (2020) cuando se expresa acerca de este principio, resaltando su importancia para que la IV sea flexible, adaptable y planeada desde diferentes perspectivas.

Integración: Dentro de este principio es importante entender a Benedict y McMahon (2012), por la relevancia del contexto, debido a que el estudio de un solo punto no es suficiente, como se clarifico en la conectividad, entendiendo el contexto existente del ecosistema y de los factores biológicos y físicos circundantes, para poder hacer una integración adecuada del paisaje natural y urbano por medio de la IV. En cuanto a este principio Monteiro, et al. (2020) explica que su principal objetivo es vincular la IV y otras estructuras urbanas haciendolas

congruentes, considerando todas las consideraciones y sinergias entre la IV y gris, así como las interacciones entre el ambiente natural y construido.

Diversidad: De acuerdo con Monteiro, et al. (2020) hace énfasis en la cantidad como la cualidad de los espacios que conforman a la IV deben estar resueltos acorde a su ecosistema resolviendo problemas específicos, resaltando la importancia de la infraestructura azul, lo cual también genera diversidad dentro de la IV.

Aplicabilidad: este principio de acuerdo con Benedict y Mc Mahon (2012) explica que la IV debe estar fundada dentro de un marco de la conservación y desarrollo, esto para saber el lugar adecuado para que el desarrollo urbano no se interponga con la conservación de las áreas naturales; mencionando que la IV debe ser planeada y protegida antes que el desarrollo urbano, tomando en cuenta el costo económico, debido a que restaurar los sistemas naturales termina saliendo más caro que proteger terrenos. Teniendo en cuenta el costo económico, este principio plantea ver cómo va a ser financiada la IV para tener los fondos suficientes para la conservación de las áreas prioritarias debe respetar las necesidades y deseos de los dueños e inversionistas de los terrenos por los cuales la misma IV vaya a pasar.

Por otro lado, Monteiro, et al. (2020) Hace referencia que la aplicabilidad también se relaciona con los planes y programas municipales desarrollados dentro del municipio que se vaya a aplicar la IV, tomando en cuenta las inversiones que se pretenda hacer para los proyectos de esta índole, logrando que este proyecto entre dentro de las consideraciones municipales para que su implementación sea realista.

Gobernanza: Para aplicar el principio de gobernanza, los principios de Benedict y McMahan (2012), que se deben tomar en cuenta es que la IV requiere hacer conexiones a actividades que van más allá de la propia comunidad; por lo tanto, el financiarlos de manera adelantada es imprescindible para tener fondos suficientes para la conservación de las áreas prioritarias. En cuanto a este principio Monteiro, et al. (2020), explica la importancia de los actores gubernamentales y de los ciudadanos dentro del proceso de planeación; siendo este principio imprescindible para su implementación por el amplio rango de funciones y beneficios generados por la IV para los ciudadanos, por lo que sin su apoyo las metas y objetivos no podrían ser logradas.

Continuidad: Este principio aplica directamente al de Benedict y McMahon (2012), cuando mencionan que la IV es un compromiso a largo plazo, esto es para llevar a cabo el principio de que la IV genera beneficios para la naturaleza y para la sociedad, elevando la calidad de vida y teniendo sistemas ecológicos sanos. En relación a este principio Monteiro, et al. (2020), señala que uno de los mayores errores al implementar una IV es la falta de seguimiento y continuidad para monitorear los resultados y los beneficios generados. Por lo que es imprescindible llevar un método de monitoreo acerca del manejo y mantenimiento de estos espacios para ver la evolución de los mismos

Además de los principios de la IV, Bennedict y McMahon (2006), afirman que la IV es la unión de dos áreas de conocimiento, por una parte, es la EP, de la cual ya se ha profundizado y por otra parte es la Biología de conservación, que de acuerdo con los autores ha demostrado la conexión entre los sistemas naturales es esencial para el correcto funcionamiento ecosistémico y la preservación de la vida silvestre. Los humanos aprovechamos el funcionamiento correcto de un ecosistema, por medio de los servicios ecosistémicos; De Groot (2002) define estos servicios como la “Capacidad de los procesos naturales y sus componentes para proveer bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas de manera directa o indirecta” (p.394). Estos servicios los clasifica en cuatro grupos: regulación, hábitat, producción e información; entendiendo que para aproximarse a estos servicios los seres humanos los obtienen al aplicar planeaciones y estrategias que buscan una sustentabilidad ambiental, social y económica.

De acuerdo con Torres, Vega y León (2019), algunos de los servicios ecosistémicos de la IV se relacionan con los servicios de regulación y con los de hábitat; Los primeros, de regulación, serían el almacenar y capturar carbono, el contribuir a la atenuación del cambio climático, el reducir el CO₂ atmosférico, el realizar un control de la temperatura al disminuir los efectos negativos de las islas de calor urbanas con el uso adecuado de la vegetación, además de contribuir a una mejor infiltración y almacenamiento del agua de lluvia. Los segundos, de hábitat, se producen al generar la red de espacios verdes que da lugar al movimiento de especies, logrando adaptabilidad a las nuevas condiciones climáticas. Siendo estos servicios, beneficios que los seres humanos pueden disfrutar al tener este tipo de estrategias de planificación implementadas en el lugar donde se desarrollan.

En resumen, la IV, puede considerarse como una visión integral para la planificación regional sostenible, debido a que es una infraestructura planificada y estratégica, diseñada para proporcionar servicios ecológicos y de esta manera mejorar la calidad de vida de las personas que viven en el lugar de su implementación, tomando en cuenta sus principios de conectividad espacial, diversidad y multifuncionalidad, como elementos claves que guían la planificación de la IV basada en principios sólidos y una comprensión integral del paisaje.

Tomando en cuenta los conceptos teóricos desarrollados en este apartado, que vienen desde lo más general a lo más específico, empezando por el Paisaje, de ahí abarca una disciplina que ha desarrollado una metodología práctica para su intervención, siendo la EP, llegando a una aplicación práctica por medio de la planificación, tomando en cuenta los factores sustentables y sus estrategias, para de ahí relacionar todos los conceptos y llegar a la IV, como estrategia y herramienta de planificación sustentable aplicando los principios de la Ecología del paisaje. Al entender los conceptos regidores de esta investigación se puede apreciar la base teórica que respalda la aplicación de la IV, no como un tema resiente o desarticulado; al contrario como un tema de conexiones entre ciencias y disciplinas que lo estudian, y dan las bases para poder concretarlo y aplicarlo a una realidad territorial; el presente trabajo permite plantear una metodología que ayuda a la resolución de los objetivos, razón por la cual el siguiente paso es el estado del arte, donde se hace una revisión teórica de las investigaciones más recientes relacionadas con los objetivos de este proyecto y de esta manera dar paso a la aplicación metodológica.

ESTADO DEL ARTE PARA EL USO DE PRINCIPIOS DE EP E IV

El estado del arte en este trabajo es la revisión documental, basada en los objetivos que buscan realizar el análisis, diagnóstico y aplicación de una Infraestructura Verde (IV) sustentable basada en los principios de la Ecología de Paisaje (EP) y de la IV. Para elaborar este apartado, primero se dividió en dos secciones la búsqueda; la primera enfocada en el primer objetivo particular y la segunda sección enfocada en el segundo y tercer objetivo particular. En la primera sección, el análisis ambiental del territorio de un paisaje desértico, utilizando la EP, se basó en la metodología propuesta por Posada (2020), donde su objetivo general fue analizar los elementos fundamentales aplicables a la planeación sustentable de la IV para integrar el paisaje natural con el urbano en San Felipe B.C., desde el enfoque de la Ecología del Paisaje. En la segunda sección se realizó una búsqueda bibliográfica actual en torno a la implementación y aplicación de una IV Sustentable, orientada a la sustentabilidad social y ambiental.

En la primera sección basada en la metodología de Posada (2020), se utilizaron propuestas metodológicas existentes para el estudio de paisaje, como la Guía metodológica de Estudios de Paisaje, (2012) y el método de Idoneidad intrínseca del Paisaje propuesto por McHarg (2000); se propuso este método para poder profundizar en el territorio en la escala deseada debido a que la escala utilizada en los planes de ordenamiento es mayor, inclusive el mismo. Y al mismo tiempo para que poder realizar un modelo aplicable a cualquier zona independientemente de la escala y del país que se requiera utilizar. A pesar de lo útil que son las Unidades de Paisaje del POEBC, Al elaborar las propias siguiendo esta metodología se permite enfocar el trabajo sobre los recursos con los que se desea trabajar y así poder obtener de manera particular la estructura, usos y funciones y relación de la zona de estudio.

Del mismo modo también se realizó la revisión de los casos donde aplicaban los principios de la EP como estructura, usos y funciones y relación para la aplicación de IV, siendo el caso de Ochoa González y Ojeda Revah, (2017), Zhang, et al. (2019), Weißhuhn, (2019), Vasiljević, (2018), Arboit, y Maglione, (2018), Gavriliadis, et al. (2019), para poder llegar al análisis del paisaje territorial, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Investigaciones relacionadas con la estructura, usos y funciones y relación en el Paisaje.

Principios I.V.	Eje sustentable	Investigación	Criterios a utilizar
Estructura	Ambiental	Ochoa González y Ojeda Revah, (2017)	el analisis de la estructura del paisaje y de su conectividad por medio de índices de composición y configuración para poder realizar su análisis de riesgo
Usos y Funciones	Ambiental	Weißhuhn, P. (2019)	La evaluación del paisaje que realiza el autor para poder determinar su vulnerabilidad
Relacion	Ambiental	Zhang, et al. (2019),	La manera como determina la estructura de los espacios verdes al mismo tiempo que identifica las funciones actuales que tienen los lugares así como el uso potencial para ser parte de la Infraestructura verde
Relación	Ambiental	Vasiljević, (2018),	El uso de elementos naturales y seminaturales para establecer una relación por medio de la conectividad utilizando como medio la Infraestructura verde
Relación	Ambiental	Arboit y Maglione, (2018)	Busca la relación entre la vegetación con el análisis de los espacios verdes al analizar la variabilidad espacial del índice de vegetación

Fuente: Posada (2020) basado en Ochoa González y Ojeda Revah, (2017), Zhang, et al. (2019), Weißhuhn, (2019), Vasiljević, (2018), Arboit, y Maglione, (2018)

En la Tabla 1, se pueden observar los principios de la EP, la estructura, los usos y funciones y la relación, estos principios corresponden al eje sustentable ambiental además de correlacionarse con investigaciones que desarrollan el mismo principio; por lo tanto, se explican los criterios utiliza cada investigación. El caso de Ochoa González y Ojeda Revah (2017), su investigación es titulada: Conservación de vegetación para reducir riesgos hidrometeorológicos en una metrópoli fronteriza. Para la cual realiza unos índices de composición por medio de entender la configuración actual del paisaje, es decir la estructura para de esta manera realizar su análisis de riesgo. El trabajo de Weißhuhn, (2019), es titulado: Evaluación regional de la vulnerabilidad de los biotipos al cambio de paisaje, el autor realiza una evaluación del paisaje, para poder entender los usos y funciones, por lo que realiza un análisis la vulnerabilidad de más de 400,000 biotopos evaluados, cubriendo 30,000 km², identificando las áreas más y menos vulnerables del paisaje.

Por otro lado, la investigación de Zhang, et al. (2019), Mejorando la conectividad del paisaje a través de la multifuncionalidad de los corredores de IV, modelación y diseño, busca identificar los lugares idóneos para la colocación de corredores verdes y así fortalecer la conexión y reducir la fragmentación del paisaje, enfocándose en entender la relación actual del paisaje, al igual que la investigación de Vasiljević (2018), cuyo título es: Concepto de IV y planeación de paisaje urbano: un reto para la planeación forestal en Belgrado, Serbia, teniendo por objetivo el encontrar métodos de aplicación de la IV, por medio de medir la conectividad

de acuerdo a la estructura del paisaje en dos intervalos de tiempo. Por último, está la investigación de Arboit, y Maglione, (2018), que es la situación actual y cambios recientes en los índices de vegetación (vis) en ciudades forestadas con climas secos. Caso área metropolitana de Mendoza, Argentina cuyo objetivo general es estudiar las condiciones actuales y los cambios recientes en la vegetación, determinando si este factor se encuentra fragmentado o integrado al área natural y urbana donde está inmerso. Por lo tanto, al unir las metodologías propuestas por los autores más las metodológicas existentes para el estudio de paisaje, cómo la Guía metodológica de Estudios de Paisaje, (2012) y el método de Idoneidad intrínseca del Paisaje propuesto por McHarg (2000), se puede proceder a plantear la metodología ideal para resolver este primer objetivo.

Para resolver el segundo y tercer objetivo, los cuales entran en la segunda sección planteada; se analizaron 36 artículos, (ver anexo No.2), de los cuales se seleccionaron aquellos que expresaran la sustentabilidad social y ambiental, además de relacionarse con los principios de la IV presentada por Moreira (2020) y Benedict y McMahon (2012), siendo estos principios aquellos puntos relevantes a seguir para una aplicación adecuada de una IV; y relacionándolos con los ejes sustentable sociales y ambientales, se obtiene que dentro de la sustentabilidad social aplica el principio de integración y dentro de la sustentabilidad ambiental aplican los principios de multiescalaridad, conectividad y diversidad

Los criterios utilizados para acotar la investigación del estado del arte, fue la búsqueda de publicaciones académicas cuya antigüedad preferentemente no fuera anterior al año 2016, sin embargo, se revisaron años anteriores cuando se necesitaba complementar información sobre algún tema. Por lo tanto, se empezaron a descartar aquellos que no se enfocaban a una planificación sustentable de la IV o no tuvieran alguna relación con los principios de la misma, también se suprimieron aquellos cuya escala de aplicación no fuera compatible con la escala del presente trabajo. Se realizó la Tabla 2, donde se encuentran las publicaciones seleccionadas que cubren los criterios establecidos y se relacionan con los principios planteados.

Tabla 2. Investigaciones relacionadas a los ejes sustentables y a los principios de IV.

Eje sustentable	Principio	Investigación relacionada
Social	Integración	Thresholds of landscape change: a new tool to manage green infrastructure and social–economic development Autores: Liu, Holst, y Yu, Año:2014
Ambiental	Multiescalaridad	Planning a Green Infrastructure Network from Theory to Practice: The Case Study of Setúbal, Portugal Autor: Ferreira, y Monteiro, Año: 2021
	Conectividad	Evaluación de la IV y conectividad ecológica en el cantón de Curridabat Autor: Corrales, et al. Año: 2019
	Diversidad	Development of context specific sustainability criteria for selection of plant species for green urban infrastructure: The case of Singapore Autores: Radhakrishnan et al. Año: 2019
	Diversidad	Green infrastructure performance in arid and semi-arid urban environments. Autores: Meerow, Natarajan, y Krantz. Año: 2021

Fuente: Elaboración propia en octubre de 2021

En la Tabla 2. Se puede apreciar el artículo de Liu, Holst, y Yu, (2014) el cual, se relacionan con el eje sustentable social; por lo tanto, plantea la aplicación de conceptos y metodologías que abordan este eje y el principio de integración. Por otra parte, dentro del eje sustentable ambiental Ferreira, y Monteiro, (2021), responden a la multiescalaridad; Corrales, et al. (2021) se enfoca en el principio de conectividad, Radhakrishnan et al. (2019) y Meerow, Natarajan y Krantz (2021) expresan la diversidad. De igual modo Se planteo la Tabla 3. Donde se expresa el principio de IV, con el eje sustentable y los criterios a utilizar de las investigaciones seleccionadas.

Tabla 3. Principios de la IV relacionados con las investigaciones analizadas

Principios I.V.	Eje sustentable	Investigación	Criterios a utilizar
Integración:	Social	Liu., Holst, y Yu (2014)	Vínculo entre el paisaje y la gente
Multiescalaridad	Ambiental	Ferreira, y Monteiro.(2021)	Evaluación del método para la implementación de una IV
Conectividad	Ambiental	Corrales, et al. (2019)	Análisis de conectividad
Diversidad:	Ambiental	Radhakrishnan et al.(2019)	Criterios para la elección de especies CgreenSoup (Criteria for green infrastructure Sustainable Outcomes in Urban Precincts)
	Ambiental	Meerow, Natarajan, y Krantz. (2021)	Criterios efectivos que la infraestructura verde tiene en lugares áridos y semiáridos.

Fuente: Elaboración propia en octubre de 2021

Dentro de la Tabla 3. Se explican los criterios a utilizar de acuerdo con la investigación revisada y los objetivos planteados. Por lo tanto, dentro de la Investigación de Liu Holst y Yu, se busca resaltar el vínculo entre el paisaje y la gente. En la investigación de Ferreira y Monteiro (20021), se va a evaluar el método que ellos utilizaron para aplicar la multiescalaridad dentro de la implementación de la IV para su posterior aplicación y adecuación al caso de estudio. En la investigación de Corrales, et al. (2019) se busca realizar el análisis de conectividad. En la investigación de Radhakrishnan et al. (2019), analiza los criterios propuestos por los autores, para la elección de especies de para la IV, al igual que Meerow, Natarajan y Krantz (2021), quienes estudian los criterios necesarios para aplicar la IV en lugares áridos y semiáridos. Por último, está la investigación de Din Dar, el al. (2021) donde busca entender la multifuncionalidad de la IV por medio de las herramientas y prácticas que ellos encuentran de su revisión bibliográfica.

Tomando en consideración la relevancia de las investigaciones planteadas, a continuación, se van a explicar aquellas que relacionan los principios de la IV con los ejes sustentables, ambiental y social, empezando por la integración, relacionada con la sustentabilidad social, siguiendo con los principios de multiescalaridad, conectividad, diversidad y multifuncionalidad, relacionados con la sustentabilidad ambiental.

Sustentabilidad social: Integración

La investigación de Liu, Holst, y Yu (2014), se relaciona en mayor medida con el eje social sin embargo, también se relaciona con el económico y el ambiental; tiene como objetivo

identificar los umbrales de cambio en el paisaje y explorar nuevas líneas de referencia para la toma de decisiones políticas esto para equilibrar el desarrollo socioeconómico y la gestión de IV; utilizando las variables de Umbral, Cambio de paisaje, Desarrollo socio económico, IV y Desarrollo sustentable; esta investigación es a escala regional y utiliza como herramienta, sistemas de Información Geográfica, imágenes satelitales y el Modelo de regresión lineal en un periodo de tiempo para poder obtener los resultados, donde se identificaron los elementos claves en los umbrales del paisaje. En los resultados encontraron que al integrar elementos socio-económicos de la IV, esta puede ser manejada mediante ajustes socioeconómicos.

Teniendo como base el principio de integración, se busca encontrar la relación entre la población y las dinámicas poblacionales con el paisaje circundante; esto con el fin de entender cómo influyen los fenómenos demográficos en la modificación a su paisaje y las ventajas o desventajas generadas por la IV, como se ha mencionado, este punto se realiza por medio de análisis cartográfico y modelos estadísticos, de acuerdo a Liu, Holst y Yu (2014). Los autores resaltan la importancia de cómo el paisaje puede ser mejorado con la implementación de una IV, gracias a esto destacan la importancia del desarrollo de las políticas de uso de suelo, por lo que es necesario realizar un diagnóstico basado en las condiciones sociales y económicas existentes para obtener aquellos valores que influyen en el paisaje.

Liu, Holst y Yu (2014), utilizan un periodo de tiempo de 20 años, debido a que en este tiempo se pueden apreciar como las variables económicas y sociales realizan cambios en el paisaje y del mismo modo también se identifican los elementos claves que conforman el paisaje y son parte de la IV. Por lo tanto, al analizar cómo ha sido afectada la IV por cambios en el contexto, particularmente cuestiones económicas o sociales, para poder entender esta afectación los autores buscan la correlación entre la función y la estructura del paisaje con los fenómenos sociales y económicos; El paisaje generalmente se entiende por medio de la identificación y clasificación de mapas para entender las características que lo conforman; Liu, Holst y Yu (2014) utilizan como recursos los mapas de uso de suelo de diferentes años a escala 1:10 000, donde ellos identifican tipos de IV, incluyendo elementos como los espacios verdes públicos, los bosques, tierras de cultivo, huertos, cuerpos de agua y otros elementos verdes, eligiendo estos por su facilidad de identificación así como su relación con la percepción de los habitantes, aunado a los mapas de uso de suelo, también se analiza información topográfica y altitudinal por medio de un modelo de elevación DEM.

Una vez teniendo la información base, es decir, los recursos se prosigue con la caracterización y la clasificación de los paisajes por medio del método de sobreposicionamiento de capas y el uso de dos métricas del paisaje: Índice de proximidad de distribución del Medio (*mean proximity index distribution*) y el medio Euclidiano de distancia más cercana (*mean euclidean nearest neighbor distance*) donde Liu, Holst y Yu (2014), utilizan ArcGis 9.3 y Fragstats 3.3 y así generar parches con propiedades específicas para el diseño de una matriz especial correspondiente a las áreas de los diferentes elementos del paisaje a través de los años y así obtener las interrelaciones con los factores sociales y económicos.

Sustentabilidad ambiental: multiescalaridad

Ferreira, y Monteiro, (2021), Proponen un método multicriterio para el diseño de IV, donde buscan integrar los componentes ambientales, sociales, políticos con los principios de la IV; es un proyecto multiescalar, aplicado principalmente a escala regional y urbana, donde resaltan los elementos necesarios para la IV en las dos escalas. Las variables utilizadas son: IV, manejo basado en ecosistemas, planeación espacial sustentable, servicios ecosistémicos. Utiliza como herramientas los Sistemas de Información Geográfica, encontrando como resultado que el método lleva cuatro pasos principales; la primera es la caracterización territorial, la segunda es la evaluación de variables núcleo, la tercera corresponde a una definición de una estructura ecológica y la última es la actualización y aplicación de la IV.

El principio abordado por Ferreira y Monteiro (2021), es la multiescaridad. Los autores organizaron su análisis territorial en dos sistemas, la IV fundamental, que hace referencia a los intereses ecológicos del área natural de la región y por otro lado la IV urbana. Al enfocarse en estos dos sistemas utiliza una multiescala, por una parte, en la macro escala, donde abordan el área natural, busca lograr la protección de las funciones ecológicas y simultáneamente en la meso escala se toma en cuenta la preservación cultural y la herencia natural local, debido a que se está entendiendo el territorio de una manera holística.

Ferreira y Monteiro (2021), mencionan cuatro temas principales para el desarrollo de la IV fundamental; los cuales son morfología, hidrología, climatología y factores biológicos, dentro de los cuales analizan factores más específicos, por ejemplo, en la morfología, incluye la altimetría, hipsometría, litología, pendientes, pendientes descendentes y análisis de dirección; dentro de la hidrología y suelos, incluyen los arroyos de los ríos y los tipos de suelo; en cuanto

a la climatología, incluye la radiación solar, el viento, la precipitación y la temperatura; y por último, la biología, que contiene la vegetación y la fauna

Aunado a la IV fundamental, se encuentra la IV urbana, la cual corresponde a la otra escala que utilizan Ferreira y Monteiro (2021). Para abordar esta escala los autores proponen identificar la cobertura de suelo urbano, la densidad demográfica, los elementos del paisaje urbano, así como aquellos hitos sobresalientes dentro de la cultura del sitio, para de ahí poder partir a evaluar el sistema de transporte, la densidad poblacional, la densidad de construcción, la tipología, la herencia natural, esto aunado con la estructura ecológica conformada por los sistemas verdes, azules y aquellos que permiten la movilidad del sistema todo esto para entender los servicios ecosistémicos producidos por la población, y así poder identificar los procesos ecológicos dentro de las áreas construidas.

Se reconocieron las principales áreas donde ocurren las funciones ecológicas (IV fundamental) y aquellas áreas que proveen servicios ecosistémicos (IV urbana), obtienen la identificación de la IV fundamental y urbana, donde el área propuesta para la IV fundamental es el conjunto de elementos ambientales a una macro escala, garantizando el buen funcionamiento ecosistémico; por lo tanto, su propia sustentabilidad, mientras que la IV urbana son aquellas áreas con la capacidad para proveer servicios ecosistémicos; sin embargo áreas completas distribuidas de forma irregular sobre el espacio, por sí solas, no pueden garantizar el correcto funcionamiento del ecosistema por lo que necesitan las conexiones, estas también se dan de forma natural por medio de la hidrología y corredores de hábitats y en el área urbana por medio de las redes viales y de infraestructura gris. Obteniendo en este paso la identificación de los elementos principales de la IV, los parches y corredores, que son los Hubs y Links utilizados por Benedict y McMahon (2002). De acuerdo a Ferreira y Monteiro (2021) para aplicar una IV, no solo es el método tradicional donde se delimitan los hábitats y los corredores, si no que se debe ir más allá, debido a su sentido holístico donde además incluye únicamente los elementos ecológicos intrínsecos del paisaje, se busca unir estos elementos con la delimitación del uso de suelo donde iría la IV, detalles que Corrales, et al. (2019), explica mediante su análisis de conectividad.

Sustentabilidad ambiental: Conectividad

El trabajo de Corrales, et al. (2019), Tiene como objetivo el analizar la cobertura verde de Curridabat, para conformar una IV; este trabajo se aplica a escala urbana en la ciudad de Curridabat; sus variables principales son la IV y la conectividad ecológica; utiliza como herramientas los sistemas de Información geográfica para hacer el mapeo de los espacios verdes y obtener el análisis de conectividad; los resultados encontrados son que el cantón de Curridabat tiene una alta proporción de vegetación urbana. Sin embargo, está fragmentada y es asimétrica; donde resaltan la importancia y relevancia del análisis de conectividad para aplicarlo dentro de una IV.

Corrales, et al. (2019), Realizaron un reporte técnico por medio de la evaluación de la IV y conectividad ecológica en el Cantón de Curridabat, en Cosa Rica, donde buscan tener conciencia sobre el efecto que el cambio global está teniendo en los ecosistemas; esto lo realizan mediante acciones dirigidas al desarrollo y aplicación de herramientas de modelado biofísico y socioeconómico enfocados en la planificación territorial.

Los recursos utilizados por los autores para hacer su análisis de conectividad son imágenes de WordlView-3®, los cuales se basan en un sistema de clasificación de la vegetación, diferenciando entre vegetación urbana y natural. Posteriormente los autores identificaron el tipo de IV de cada una de las zonas, dentro de la urbana diferenciaron los parques municipales, bosques urbanos, parques y jardines pequeños con árboles. Dentro de las zonas naturales diferenciaros los bosques y arbolados periurbanos y bosques y arbolados en la ribera de los ríos. Los autores realizaron un apartado de espacios agrícolas como los huertos urbanos y cafetales arbolados. Además de identificar los elementos lineales y de conexión como los árboles en las calles o espacios lineales, como las aceras con vegetación que atrae polinizadores y cercas vivas. Por último, los elementos puntuales como campos deportivos y recreativos, cementerios verdes, Isletas de carreteras y Jardines botánicos.

El análisis de conectividad ecológica funcional que realizan Corrales, et al. (2019), Nace debido a la necesidad de planear el territorio tomando en cuenta los flujos biológicos de las especies, razón por la cual los autores para medir la conectividad utilizan redes ecológicas, donde ubican los puntos de hábitat de aves y los caminos potenciales de viajes, por medio de un inventario de 179 especies y 4643 registros y analizado con el software Graphab. Debido a

que la información base utilizada para el análisis de conectividad es muy específica y no se encuentra con dichos registros para San Felipe, no es una opción replicable para esta investigación.

Sin embargo, Corrales, et al. (2019), también ubican las conexiones importantes que permiten mantener una conectividad en el paisaje, lugares que, por su misma estructura son contenedores de flujos, como sería los escurrimientos en el área natural y las calles y avenidas en el área urbana de las cuales es necesario vegetar, para formar parte de la misma IV. Para identificar la importancia de los conectores, primero ubican las zonas prioritarias a conectar, lo que serían de acuerdo a Benedict y McMahon (2002), los *hubs*, que en el caso de estudio son los que se van a resaltar con la ponderación entre el análisis biofísico (producto realizado en maestría) con los temas generales expuestos por Ferreira y Monteiro (2021) Morfología, Climatología, Biología y de ahí con el análisis hidrológico de las cuencas, determinar las conexiones como los corredores verdes como parte de la IV. Algo esencial para poder determinar los corredores y los parches que conforman la IV es que su diversidad sea acorde a los requerimientos del medio biofísico de donde se está trabajando, por lo que Radhakrishnan, et al. 2019, elabora una metodología para la correcta selección de especies.

Sustentabilidad ambiental: Diversidad

La investigación de Radhakrishnan et al. (2019), ubicada dentro del apartado ambiental, servirá para utilizar los criterios desarrollados para la elección de especies es para que una IV sea sustentable; su proyecto tiene por objetivo la verificación de su propia metodología, la de CgreenSoup, esto para el desarrollo de un criterio universal para la selección de especies vegetales. Está aplicado en una la escala regional, en Singapur, teniendo como herramientas una revisión documental basada en aspectos sociales, ambientales, económicos y de ingeniería; sus variables principales son Ciudades, Ecología, IV, Desarrollo sustentable, IV sostenible, resultados sostenibles, ecología urbana y Paisajes urbanos; los resultados fueron que la metodología desarrollada CgreenSoup se puede utilizar de manera global para la selección de plantas en contextos como ciudades de esponjas y esta ayuda a evitar impactos ecológicos negativos y lograr beneficios sostenibles.

Radhakrishnan, et al. (2019), desarrolla una metodología específica para la selección de especies vegetales dependiendo su contexto específico y contribuyendo a la sustentabilidad

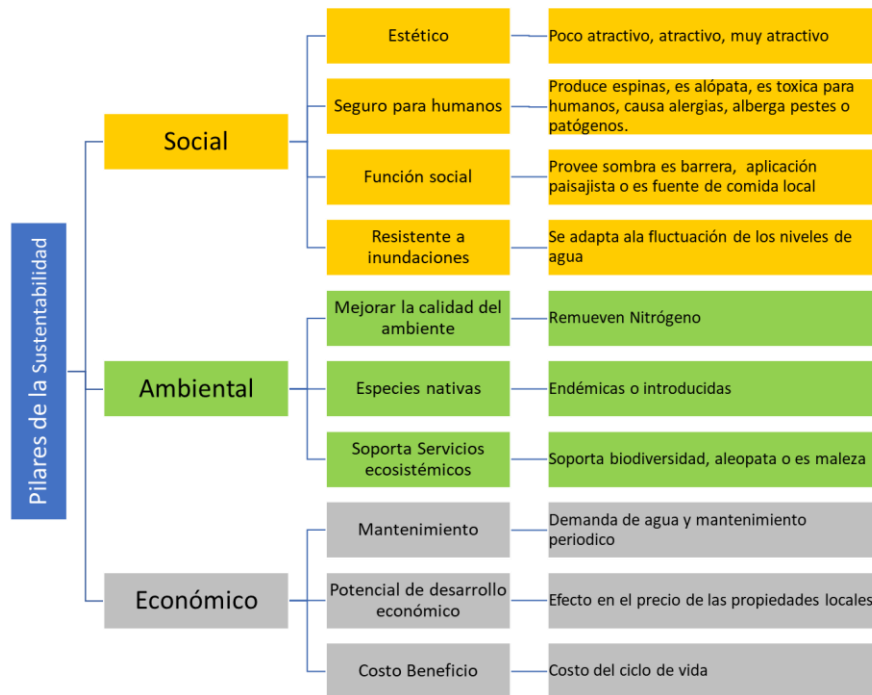
territorial ya que provee beneficios sociales, económicos y ambientales, al momento de seleccionar las especies adecuadas para el sitio; la selección inadecuada de especies conlleva a complicaciones en materia ambiental debido a que comúnmente se eligen plantas no nativas y hierbas que representan competencia para las especies existentes por la facilidad de su propagación, y la manera como pueden esparcir plagas y dañar a la misma flora nativa del sitio, además del uso excesivo y necesario de recursos naturales como el agua para su mantenimiento, por lo que al elegir una correcta paleta vegetal se evitaría impactos ecológicos negativos al implementar acciones como lo es una IV la cual es un recurso multifuncional capaz de proveer servicios paisajísticos y ecológicos para mejorar la calidad de vida.

De acuerdo a los autores la selección de especies en mayor medida está basada en su ubicación geográfica, aunado a características funcionales específicas, como la resistencia a altas o bajas temperaturas, la tolerancia a la región climática y a los suelos, además de ser estéticamente atractivas y especies preferentemente nativas, adecuadas para áreas urbanas, periurbanas o naturales, dependiendo el caso donde se plantee la IV y que provean valores ecológicos como la conservación y soporte de la biodiversidad del sitio, siendo que estos requerimientos pueden variar dependiendo del lugar. Por lo tanto, para poder encontrar el listado de especies vegetales adecuado para el sitio, Radhakrishnan, et al. (2019), plantean su método el cual es “*Criteria for green infrastructure Sustainable Outcomes in Urban Precincts*” (*CgreenSoup*) p.318. lo cual significa el desarrollo de resultados de criterios sustentables para IV en precintos urbanos.

El desarrollo de criterios propuesto por Radhakrishnan, et al. (2019), se basa en un esquema de evaluación de las especies vegetales que incluyen un contexto específico aplicado al sitio, como la disponibilidad de agua, los requerimientos de mantenimiento, entre otros donde se exponen ciertos criterios, se eligen las plantas adecuadas y se evalúan de acuerdo a la escala de cada indicador, donde el resultado final depende de la suma de todos los indicadores, teniendo como resultado si la especie es adecuada o inadecuada para formar parte de la IV esto de acuerdo al valor numérico obtenido.

Los indicadores utilizados por Radhakrishnan, et al. (2019), de acuerdo a los pilares sustentables los expone en la Figura 3.

Figura 3. Criterios para IV sustentable en precintos urbanos (*CgreenSoup*).



Fuente: Radhakrishnan, et al., 2019 p.320

En la Figura 3, se muestran los pilares de sustentabilidad y los criterios que se evalúan dentro de cada pilar. En el pilar social, se muestran 4 indicadores: estéticos, seguros, función social y resistencia a las inundaciones, dentro del pilar ambiental esta la mejora de la calidad ambiental, si son plantas nativas, si son soporte de servicios ecosistémicos. En cuanto al pilar económico está el mantenimiento, el potencial para desarrollo económico y el costo beneficio. Cada uno de estos indicadores tiene su escala de evaluación, donde se describe el valor que puede asignarse a cada uno.

Por lo tanto, al calificar cada especie obtenida de acuerdo a los tipos de ecosistemas de San Felipe, se van a conseguir cuales son las especies optimas para formar parte de la IV de San Felipe, B.C. Debido a que al cumplir con los requisitos establecidos por Radhakrishnan, et al., (2019) se logran los beneficios sociales, económicos y ambientales de la IV.

Una vez determinado el estado del arte y las bases teóricas necesarias para la resolución de los objetivos, se procede al siguiente paso dentro de la investigación el cual es el desarrollo del marco metodológico conformado por la propuesta metodológica y la aplicación metodológica, esto con el fin de plantear los pasos necesarios para ser aplicados y así poder obtener los resultados de la investigación que resuelve el objetivo general.

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico está dividido en la propuesta metodológica y en la aplicación metodológica. En la propuesta es el ¿cómo se va a resolver? planteando una serie de pasos que definirán la propuesta metodológica y en la aplicación es el ¿Cómo se resolvió? de acuerdo los instrumentos y herramientas adecuadas que se plantean siguiendo la línea de los autores presentados en el estado del arte, los ejes del desarrollo sustentable, aunado con los principios de Ecología de Paisaje (EP) y de Infraestructura Verde (IV). Al resolver cada principio tanto basado en su eje sustentable correspondiente, se podrá lograr el objetivo general de esta investigación.

Propuesta Metodológica

La metodológica del presente proyecto de investigación toma como base las dos secciones mencionadas en el estado del arte, donde la primera resuelve el primer objetivo y la segunda sección se enfoca en el segundo y tercer objetivo particular.

La propuesta metodológica del primer objetivo particular está basada en Posada (2020) para poder realizar el análisis del paisaje territorial donde se pretende aplicar la Infraestructura Verde (IV), utilizando los principios de EP de estructura, usos y funciones y relación. Para resolver el segundo y tercer objetivo de este trabajo se toman en cuenta los ejes sustentables social y ambiental en donde son aplicados los principios de la IV: de integración, multiescalaridad, conectividad, diversidad y multifuncionalidad, partiendo de cómo los autores resuelven cada principio en particular, y cómo se van a adaptar sus métodos al tema de estudio y de esta manera obtener el resultado deseado, como se expone en la Tabla 3. Propuesta metodológica.

Tabla 3. Propuesta Metodológica.

Principio	Actividades	Herramientas y Recursos	Producto
Objetivo 1: Analizar ambientalmente el territorio de un paisaje desértico a través de los principios de la Ecología del paisaje de estructura, usos y funciones y relación, con un enfoque sustentable, para la implementación de IV, en el caso de estudio de San Felipe, B.C.			
1.1. Estructura	1.1.1 Definir zona de estudio 1.1.2. Análisis de los componentes del medio biofísico (Posada, 2020 basado en Gavrilidis, et al, 2019 y McHarg, 2000).	ArcMap 10.5 Mapa topográfico e hidrológico INEGI	Poligonal de Estudio Mapa base por tema del medio biofísico
1.2. Usos y Funciones	1.2. Identificar el uso de conservación y a los factores de vulnerabilidad por medio de una sobreposición ponderada. (Posada, 2020 basado en la Guía metodológica de Estudios de Paisaje, 2012, Weißhuhn, 2019, F.Li, et al, 2005 y y McHarg, 2000).	ArcMap 10.5 Mapas temáticos INEGI	Mapa de conservación Mapa de Vulnerabilidad
1.3. Relación	1.3.1. Determinar integración y/o fragmentación entre zonas naturales, rurales, urbanas y suburbanas por medio de una Clasificación supervisada, (Posada, 2020 basado en Vasiljević, et al , 2018 y Agencia Ambiental Europea, 2014).	Arc map 10.5 Imágenes aéreas Landsat @ 30 m	Mapa de cobertura de suelos 2019.
Objetivo 2: Diagnosticar socio-ambientalmente el territorio de un paisaje desértico, a través del principio de integración entre la dinámica demográfica y territorial, con un enfoque sustentable, para la implementación de IV en el caso de estudio de San Felipe, B.C.			
2.1. Integración y Dinámica	2.1.1 Clasificación supervisada para determinar cobertura por periodo de tiempo, realizando Limpieza de imagen satelital, Corrección atmosférica y Realizar mosaicos. 2.1.2. Aplicar modelo de correlación para ver la significancia entre el fenómeno demográfico y el cambio de uso de suelo por medio de armar base de datos por periodo de tiempo (Liu, Holst, y Yu (2014)	Arc map 10.5 Imágenes Landsat por periodo de tiempo Censo INEGI por periodo de tiempo	Mapa de cobertura de suelo por periodo de tiempo 1990/2000/ 2010/2020 Significancia y Correlación

Objetivo 3: Aplicar una evaluación sustentable ambientalmente en el territorio de un paisaje desértico, a través de los principios de la IV de multiescalaridad, conectividad y diversidad, con un enfoque sustentable, para la implementación de IV en el caso de estudio de San Felipe, B.C.

<p>3.1. Multiescalaridad,</p>	<p>3.1.1. Determinar la IV Fundamental, por medio del análisis morfológico, hidrológico, de clima y de flora y fauna, realizando las siguientes acciones: Realizar DEM Analizar cuencas subcuencas, escurrimiento y dirección de pendientes, altimetría, Hipsometría y Perfiles Análisis de temperatura, radiación solar y dirección de vientos por medio de capa Infrarroja Análisis de Distribución de especies Flora y Fauna Análisis de Vegetación: NDVI Realizar sobreposición con los mapas de morfología, hidrología, clima, flora y fauna, más los productos obtenidos en el apartado 1.1, 1.2 y 1.3 3.1.2. Determinar la IV Urbana, por medio de: Delimitación mancha urbana Análisis de áreas verdes urbanas y sistemas de transporte (Ferreira y Monteiro, 2020)</p>	<p>Arc map 10.5 QGis 3.22.4 Imágenes Landsat Información vectorial de especies de CONABIO de flora Información vectorial de especies de CONABIO de fauna Información vectorial urbana d INEGI</p>	<p>Mapa de IV Fundamental: Mapa de morfología con hidrología Mapa de Climas Mapa de distribución de Flora y Fauna Mapa de cobertura Vegetal. Mapa de IV Urbana: Mapa de áreas verdes y azules urbanos Mapa de sistema de transporte</p>
<p>3.2. Conectividad</p>	<p>3.2.1. Determinar la óptima conectividad para la IV en la zona de estudio, por medio de: Análisis de Hidrología y de Caminos y Carreteras de 2020 (Corrales, et al. 2019)</p>	<p>Arc map 10.5 QGis 3.22.4 Imágenes Landsat</p>	<p>Mapa de conectividad.</p>
<p>3.3. Diversidad</p>	<p>3.3.1. Análisis de la vegetación idónea para la IV en la zona de estudio, utilizando la metodología de Radhakrishnan et al. (2019)</p>	<p>especies clave por ecosistema, INEGI Instrumento: tabla para evaluación de especies vegetales</p>	<p>Evaluación y listado de especies aptas para IV</p>
<p>Infraestructura Verde (IV)</p>	<p>plantear la IV.</p>		

	Integrar los resultados de la IV Especificando, lugares idóneos de parches y corredores, la diversidad de especies aptas para la IV y los criterios de diseño generales.		
--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia mayo 2022

La propuesta metodológica expresada en la Tabla 3, está planteada por objetivo y por principio, es decir, cada principio se vincula a un objetivo particular, y se planean las diferentes actividades necesarias para poderlos resolverlos, por medio del uso de herramientas específicas y recursos particulares, para así obtener el producto que resuelve el principio y se acerca a la determinación y aplicación de la IV en el caso de estudio, San Felipe, B.C.

Una vez mencionados los productos que resuelven todos los principios planteados se obtiene como resultado la propuesta para generar el modelo planteado en el objetivo general, donde se va a generar la metodología que permita la aplicación de la IV en un paisaje desértico, el cuál es San Felipe B.C., debido a que contiene los principios fundamentales de la EP y está utilizando un enfoque sustentable. El siguiente paso dentro de esta investigación es la aplicación metodológica, donde lo expuesto en este apartado se va a resolver de acuerdo a los criterios y herramientas mencionadas.

Aplicación metodológica

En este apartado es donde se llevan a cabo los procesos descritos en la propuesta, la cual se aborda por objetivos y se resuelve cada uno por medio de las herramientas e instrumentos expuestos y así obtener los resultados. Como se expresa en la propuesta, en primera instancia se deben tener productos base, y a partir de estos se van a desarrollar todas las acciones necesarias para resolver los objetivos; estos productos base son el área de estudio, obtener el *Digital elevation model* (DEM) y las imágenes satelitales con el primer pre proceso, que es el mosaico y la corrección atmosférica, una vez teniendo esto, se puede proseguir a resolver los apartados planteados. En el primer apartado se va a realizar el análisis territorial del caso de estudio, por medio de la identificación de la estructura, usos y funciones y relación en el paisaje desértico. En el segundo apartado se va a determinar si ha existido una relación entre los fenómenos sociales con los cambios en el territorio, por medio del análisis de la integración y

de la dinámica. En el tercer apartado se va a explicar los factores de la IV que en el caso de estudio la hacen funcional y aplicable.

Para realizar la aplicación metodológica de esta investigación se utilizó el software de Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), QGis 3.22.4 - Białowieża (2021) con el plugin SCP (Congedo, 2021), imágenes Landsat obtenidas de United States Geological Survey, USGS. (2019), Más información vectorial digitalizada de INEGI. Para poder realizar la propuesta metodológica planteada se llevaron a cabo tres pasos principales, la delimitación del área de estudio, la obtención del DEM, que es el modelo de elevación del sitio de estudio y el análisis de las imágenes satelitales Landsat, siendo esto la base para poder hacer los diferentes procesos previstos y obtener los resultados deseados.

Área de estudio

El primer paso es delimitar el área de estudio la cual esta expresada en Posada (2020). Primero se ubicó geográficamente el poblado de San Felipe B.C. observando el poblado y el contexto, obteniendo de acuerdo a la Secretaría de Marina Armada de México, (SEMAR s.f.), el puerto de San Felipe, Estado de Baja California, el cual pertenecía al municipio de Mexicali, pero actualmente ya cuenta con autonomía municipal de acuerdo a INEGI (2021), como se observa en la Figura 4. San Felipe está ubicado a 31°01'39" Latitud Norte y a 114°50'07" Longitud Oeste. Sus colindantes son al Norte la ciudad de Mexicali y la frontera con Estados Unidos, al Sur el municipio de San Quintín, al Este el mar de Cortés, y al Oeste la sierra de San Felipe B.C. y la sierra de San Pedro Mártir del municipio de Ensenada. Tiene como vías principales de acceso la carretera federal No. 5 Mexicali - San Felipe B.C., recorre 195 km y la No. 3 Ensenada - San Felipe B.C., la cual comprende 251 km.

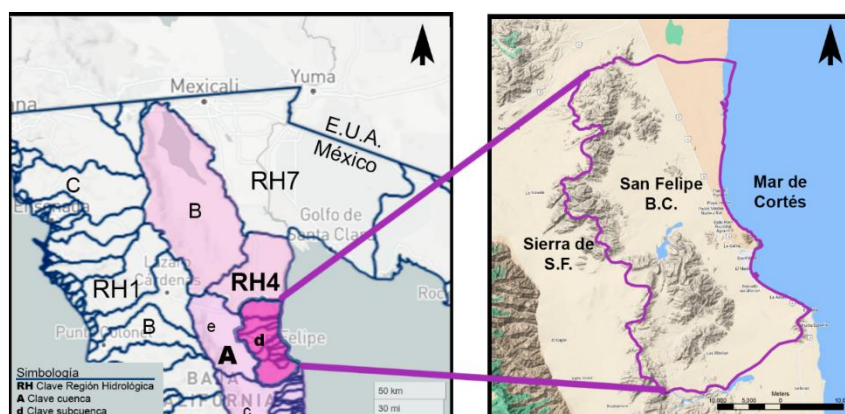
Figura 4. Municipio de San Felipe



Fuente: Elaboración Propia con base en INEGI (2021).

Tomando en cuenta la información general de San Felipe, se utilizaron las cuencas, y las subcuencas hidrológicas para poder delimitar la poligonal de estudio. Encontrando que está ubicado sobre la Región hidrológica No. 4, Baja California Noreste, abarcando la cuenca A que contiene las subcuencas e, d y f. al acotar con los criterios establecidos, se utilizó la subcuenca d, como se puede apreciar en la Figura 5. Delimitación de la poligonal de estudio

Figura 5. Delimitación de la poligonal de estudio



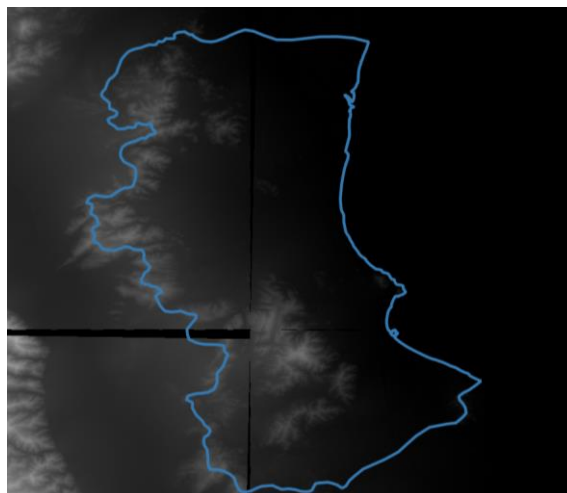
Fuente: Posada (2020) con base a CONABIO (2020).

En la Figura 5. Se pueden observar los límites de la poligonal de estudio, de acuerdo a la hidrología del sitio y tomando en cuenta los factores poblacionales como el crecimiento poblacional hacia el Norte; esta poligonal tiene un área de 1581.75 km². Una vez que se tiene la poligonal de estudio se realizaron procesos base, como el modelo digital de elevación y el pre procesamiento de las imágenes satelitales Landsat 8, en los periodos de tiempo establecidos, 1990, 2000, 2010 y 2020.

DEM

Se obtuvo el DEM, (NASA, 2019) que es un modelo digital de elevación @ 30m. para descargar este modelo es en la página de la NASA(2019): asterweb.jpl.nasa.gov, se selecciona la opción de *Nasa Earth data*, lo que abre un visualizador y en el mapa pre visualizado se selecciona con un rectángulo la ubicación geográfica del área de estudio, en la opción de buscador donde dice: *search for collection or topics* se escribe *Surface elevation*, dando resultados por zona y se selecciona la opción de *download*, de esta manera se obtiene el DEM. Tomando en cuenta que para el sitio de estudio se necesitó bajar cuatro escenas: N30W115, N30W116, N31W115, N31W116, analizadas en QGis, para poder hacer el mosaico, donde se utilizó: *Raster: Miscellaneous: Merge*, para unir las imágenes y cubrir en su totalidad el área deseada.

Figura 6. Mosaico DEM. con Poligonal de estudio

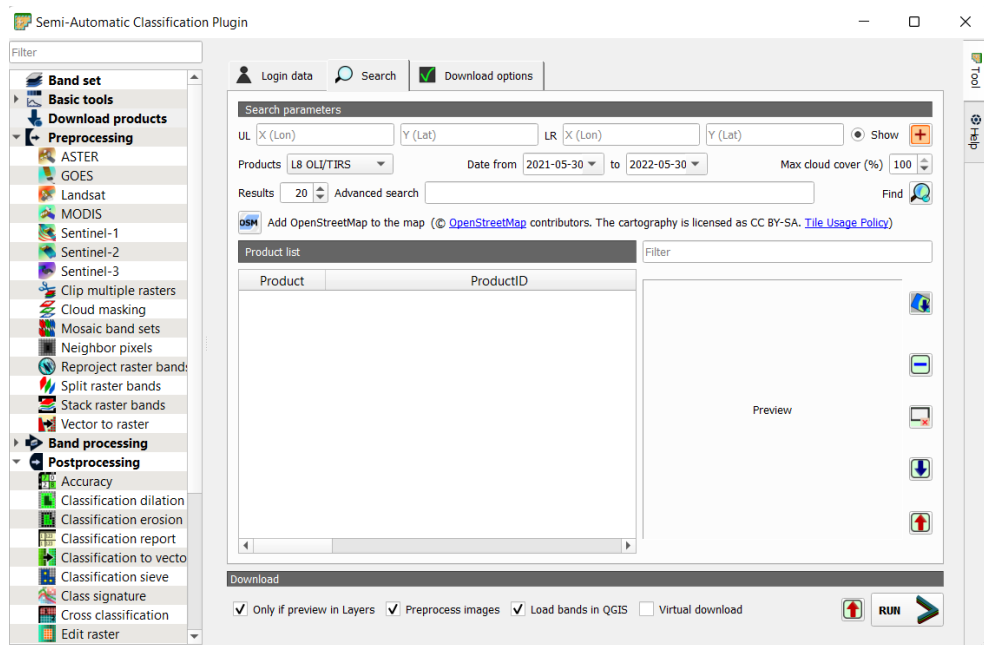


Fuente: Elaboración Propia, mayo 2022, QGis 3.22.4-Białowieża (2021).

Análisis de imágenes satelitales

Primero se bajó el *plugin* de SCP (Congedo, 2021). Utilizando el *plugin* se bajaron las imágenes Landsat 8 de la fecha deseada. Para bajar las imágenes Landsat primero se debe registrar en *United States Geological Survey, USGS*. (2019).

Figura 7. Ventana de *Download products* del *plugin* SCP



Fuente: QGIS 3.22.4-Białowieża (2021) y Congedo (2021)

Una vez teniendo las imágenes Landsat se hace una máscara de recorte, debido a que son dos escenas para cubrir la poligonal de estudio, la 03838 y la 03839. Estas escenas deben corresponder en fecha y características para posteriormente hacer un mosaico.

Se recortan todas las bandas con el plugin SCP y el comando *clip multiple raster* donde se tiene que tomar en cuenta y bien definido el *Band set*, el cual son las bandas que se bajaron de USGS (2019) y se van a procesar, otro punto relevante a considerar es que las coordenadas estén en el mismo sistema, que en este caso es: WGS84 –UTM11N. una vez que esto está en orden y ya se tenga la máscara de recorte, se vuelve a posicionar en *Preprocessing: Clip multiple rasters*, se selecciona la opción de *use vector for clipping* se carga la máscara de recorte realizada, se da la opción de *RUN* donde va a pedir una carpeta para ser guardada, y se realiza el proceso de recorte.

Una vez obtenidas las imágenes Landsat y antes de hacer los mosaicos, se realiza corrección atmosférica en *preprocessing: Landsat* y se elige la opción de *brightness temperature in celsius, Apply DOs1 atmospheric correction, perform pansharpenning* para el cual se elige el número de bandas, el Band set y el MTL file, el cual es la descripción en documento de texto, de la imagen que viene dentro del paquete de bandas descargadas del USGS (2019). De esta manera ya se tienen las imágenes corregidas y los procesos van a salir resultados fidedignos.

Este proceso se repite con las dos escenas, 03838 y 03839 una vez teniendo la corrección atmosférica dividida en bandas, se procede a realizar el mosaico, que en este caso es en la pestaña de *Raster*, elegir la opción de *Micellaneous* y dentro de ella, seleccionar *merge*, donde banda por banda se van cargando las dos escenas y se unen para lograr el mosaico, el cual se tiene que hacer uno por banda y utilizar todas las bandas, como se muestra en la Figura 8. teniendo así las imágenes preprocesadas y listas para hacer los pasos necesarios para obtener los productos deseados.

Figura 8. Mosaico Banda 1 del año 2020 con poligonal de estudio



Fuente: Elaboración Propia, mayo 2022, QGis 3.22.4-Białowieża (2021).

Todo el proceso de análisis de imágenes se repite con todos los años a analizar, que en este caso son 1990/2000/2010/2020.

Una vez teniendo los insumos base, se puede proceder a realizar la aplicación metodológica, en los tres apartados planteados en la propuesta, comenzando por el análisis

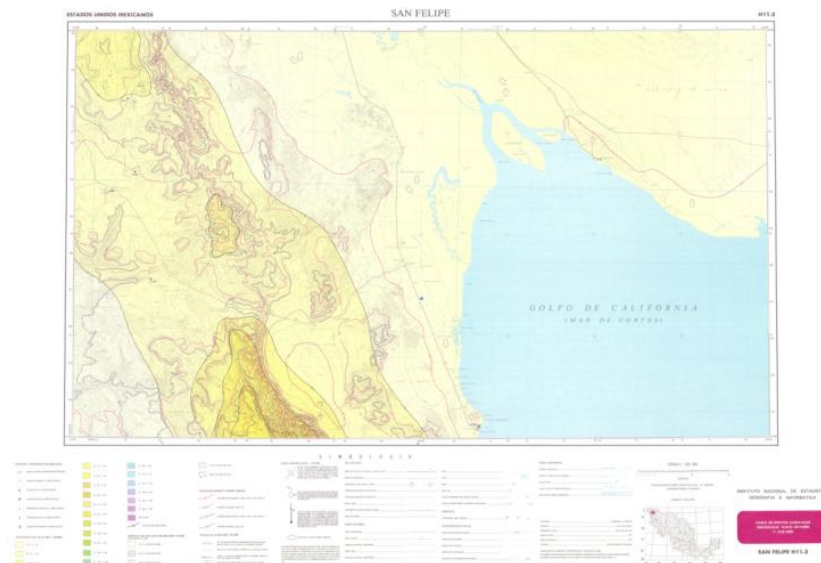
territorial, respondiendo el primer objetivo particular, donde se analiza su estructura, usos y funciones y relación, prosiguiendo con el segundo apartado, correspondiente al segundo objetivo, el diagnóstico social, busca establecer la integración entre los fenómenos demográficos y el territorio y por último la aplicación ambiental que responde al tercer objetivo, resuelve los principios de multiescalaridad, conectividad, diversidad y multifuncionalidad.

Análisis territorial con los principios de Ecología de Paisaje (EP)

Estructura

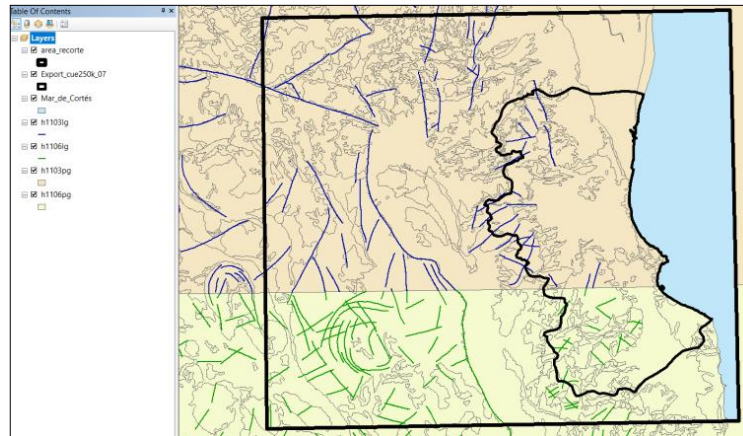
Para realizar este análisis se utiliza una cartografía base, que en el caso de México la realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), este organismo cuenta con versión digitalizada de cada tema ambiental analizado, siendo Topografía, Clima, Geología, Hidrología Superficial, Hidrología Subterránea, Edafología Uso de Suelo y vegetación. Esta cartografía se analizó a escala 1:250 000, a excepción de la topográfica, 1:50 000, para tener más detalle del área existente. De cada tema se bajó la información en formato *shape* de la biblioteca digital de mapas de INEGI, para posteriormente poderlos procesar con ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), como lo hizo Posada, (2020) y de esta manera obtener el *layout* base para todos los mapas temáticos de la estructura del sitio.

Figura 9. Cartografía de INEGI, tema: clima



Fuente: INEGI 1985 a, en Posada (2020)

Figura 10. Cartografía de INEGI en versión digitalizada, tema: Geología



Fuente: Elaboración Posada, 2020 en Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), con base a INEGI (1982)

En la Figura 9, se observa la cartografía de INEGI en versión PDF, la cual era la versión impresa en papel, que contiene todas las capas juntas y se aprecia el tema completo, en este caso se toma como ejemplo el clima. En la Figura 10 se muestra como ejemplo el tema de Geología, siendo la versión digitalizada y abierta con ESRI, 1999, de la cual se realiza la visualización y los procesos que permiten entender el territorio. De cada uno de los temas se realizan los procesos base con su cartografía particular, como se explica a continuación.

Topografía: Este tema se realiza a escala 1:50 000 para tener mayor detalle, en este caso se utilizaron 9 cartas topográficas con las siguientes claves: h11b35, h11b36, h11b37, h11b45, h11b46, h11b47, h11b55, h11b56, h11b57, para realizar el mosaico, y posteriormente se eligen los elementos útiles para la constitución de esta carta, los cuales se encuentran en la base de datos INEGI (2013 – 2018), utilizando: las curvas de nivel, caminos, carreteras, corrientes de agua, cuerpos de agua, edificaciones, línea de transmisión, localidad 3, localidad 6, zona arenosa, terreno sujeto a inundación, estanque, depósito de desecho, faro, instalaciones de comunicación, mina, pista de aviación (Posada, 2020).

Clima: Este tema se realiza a escala 1:250 000, la Cartografía climática INEGI está dividida en dos, los efectos climáticos pertenecientes a mayo – octubre (INEGI, 1985a) siendo el primer periodo y aquella de noviembre – abril (INEGI, 1985b) siendo el segundo periodo, teniendo las claves h1103, h1106 que abarcan el área de estudio.

Geología: Este tema también se realizó a escala 1:250 000, de la cual se obtuvo la información base en la biblioteca digital de mapas de INEGI, seleccionando la opción de: Cartas

Geológicas, INEGI (1982), las cuales tienen las mismas claves (h1103 y h1106) que la cartografía de efectos climáticos, debido a que es la misma área y la misma escala, estas claves ya no van a variar. La carta geológica realizada por INEGI (1982), ubica el tipo de roca por origen y año esto se refiere a la era y a la clase, clase como tipo de roca existente. Por otro lado, se obtienen las estructuras geológicas la cual da la información de las fallas y fracturas. (Posada, 2020)

Hidrología Superficial: Este tema se elaboró con los *shapes* de la cartografía topográfica, utilizando los elementos de curvas de nivel, escurrimientos, cuerpos de agua, corrientes de agua de mar y terrenos sujetos a inundación, y gracias a estos elementos se determinaron aquellas áreas propensas a inundación. (Posada, 2020)

Hidrología Subterránea: Para realizar este tema se obtuvo la información de la biblioteca digital de mapas de INEGI, eligiendo la opción de Cartas, de Hidrología Aguas Subterráneas, Serie I, INEGI (1981). Este tema ubica si el tipo de material existente del acuífero es consolidado o no consolidado para poder apreciar las posibilidades de extracción de agua subterránea, y si estas son altas, medias o bajas (Posada, 2020).

Edafología: Este tema también se realizó con la biblioteca digital de mapas de INEGI en la opción de Cartas Edafológicas, INEGI (1998). Los *shapes* utilizados para entender este tema son la clave del suelo, el grupo, la calificación y la clase textural. Resaltando dos características, la unidad del suelo y la textura; la unidad expresa las asociaciones de tres grupos de suelo, donde el primero representa al más dominante y el último al menos dominante, donde en este apartado se utilizó únicamente al suelo dominante. La textura por su parte expresa el tamaño de las partículas de los minerales que conforman al suelo, representadas por el número 1, 2 y 3, donde el 1 son las partículas gruesas, las arenas que van de 0.2mm y menor o igual a 2.0 mm, el 2 son las partículas medianas, los limos, que deben ser mayores a 0.002 mm y menores o igual a 0.2 mm, por último, el 3, son las más finas, las arcillas cuyo tamaño debe ser menor o igual a 0.002mm (Posada, 2020).

Uso de Suelo y vegetación. Este tema se dividió en tres, Uso de Suelo, Vegetación y Matorrales, utilizando como base la biblioteca digital de mapas de INEGI, eligiendo las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación, INEGI (2008). El mapa de uso de suelos se elaboró con el *shape* de: usv250s5n, refiriéndose al tipo de uso de suelo, siendo: agrícola- pecuario - forestal además

de la vegetación natural e inducida así nombrado como Ecológico, Florístico y Fisionómico y la actividad complementaria, que es la urbana. Para realizar el mapa de vegetación se utilizó el *shape* de usv250s5v, representando el tipo de comunidad vegetal predominante y para la Cartografía de Matorrales, se utilizó el *shape* usv250s5a, que es el tipo de matorrales e indica si son matorrales inermes (espinosos) o subinermes (no espinosos) (Posada, 2020).

Usos y Funciones

Una vez teniendo toda la cartografía temática, se procede a identificar los usos y funciones del paisaje de San Felipe, B.C. por medio de la metodología de McHarg (2000) donde el método ocupado es el sobreposición de capas, las cuales determinan la idoneidad intrínseca, siendo la conjunción de procesos naturales que responden a los valores sociales, para el uso del hombre en el territorio de acuerdo a la vocación del mismo y responda a sus propias necesidades; de esta manera se identifican los temas más relevantes para los fines buscados, que en este caso son Conservación y Vulnerabilidad, cada uno de los temas se califica por separado utilizando rangos del 1 al 5 e identificando las zonas más aptas para conservación y las zonas más vulnerables, esta calificación se representa mediante mapas en escalas de grises, una vez teniendo los mapas calificados se procede a realizar el mapa resumen, en este caso sería uno para conservación y otro para vulnerabilidad, para realizar estos resúmenes se necesita una tabla de calificaciones enfocadas en cada elemento cuya sumatoria total busca llegar a un valor de 100. Por lo tanto, se le asigna un valor a cada tema dependiendo de su relevancia para cumplir con la aptitud de conservación y con la aptitud de vulnerabilidad (Posada, 2020).

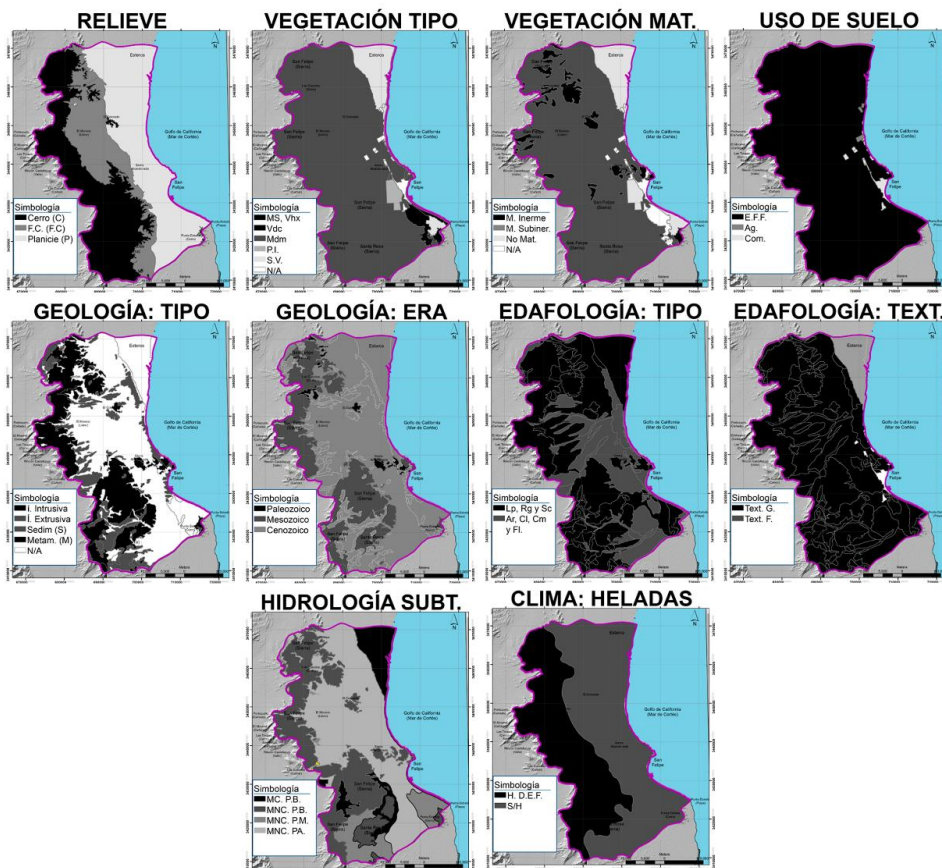
a) Aptitud de Conservación

El primer paso para buscar la aptitud de conservación es determinar los temas y la prioridad de estos con respecto a la compatibilidad para conservación, en este caso se establecieron los temas compatibles de acuerdo al que tiene mayor compatibilidad con la aptitud de conservación, hasta el que tiene menor compatibilidad, obteniendo lo siguiente: Formas de Relieve, Tipo de Vegetación, Matorral, Uso de Suelo, Geología clase (tipo de roca), Geología era, Edafología clase (Tipo de suelo), Edafología textura, Hidrología Subterránea y Clima (Heladas). Como no se tenía el mapa de formas de relieve, este se realizó con las curvas de nivel del mapa topográfico y el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999) realizando el DEM e identificando los cerros, falda de los cerros y las planicies (Posada, 2020).

Una vez obtenidos todos los temas que convergen para la conservación del paisaje, se prosiguió a calificar a los elementos que conforman cada uno estos. Se les asigno un valor a cada elemento, en el rango del 1 al 5, donde el 5 indica al elemento más compatible para conservarse, mientras que el 1 indica una menor compatibilidad.

De este modo se calificaron los temas que se relación con la aptitud de conservación, expresándolos gráficamente dentro de la poligonal de estudio con el mismo criterio de escala de grises, como se observa en la figura 11. Y dejándolos listos para poder hacer la sobreposición ponderada (Posada, 2020).

Figura 11. Mapas para conservación Calificados.



Fuente: Posada, Arias-Vallejo y Olivar, 2023, p.32

Tabla 4. Calificación temática para aptitud de conservación

Calif.	Unidad
30	Forma de Relieve
10	Vegetación Tipo
10	Vegetación Tipo Matorral
15	Uso de Suelo
7	Geología Clase
7	Geología Era
6	Edafología Clase
6	Edafología Textura
5	Hidrología Subterránea
4	Clima
100	

Fuente: Elaboración Posada (2020), noviembre 2019.

Una vez teniendo los mapas de la Figura 11 y las calificaciones de la tabla 4, se realiza el procesamiento de la sobrepocisión pondera con el software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), El primer paso es cargar las capas de todas las cartas temáticas en formato de *shape*, con los elementos a mostrar, después se convierte cada *shape* a imagen *raster*, en *Arctool box*, *Conversion tools*, *to raster*, *Polygon to raster*, en el *input* se elige el tema a convertir, seleccionando todos los temas aptos para conservación, en el *value field* se opta por el elemento a mostrar y en el *output* es el lugar donde se elige la carpeta y el nombre deseado para guardar el archivo, en la opción de *Cell assignment type*, se refiere de donde va a tomar el valor de cada pixel, en el caso que dos categorías coincidan en uno; por lo tanto aquí se eligió la opción de *Maximum_Area*, en la fila de *Cellsize* se colocó el numero de 50, porque entre menor sea el valor, más limpia podrá ser la imagen, las opciones no mencionadas se dejaron por default, y se le dio OK. Una vez teniendo este output por tema, se continua con la sobrerposición de los mapas, gracias al *Weighted Overlay* y así obtener el mapa resumen, esto se realiza en *Arctoolbox*, *Spatial Analyst tools*, *Overlay*, *Weighted Overlay*, se despliega una ventana donde se van a cargar cada una de las imágenes *raster*, donde el *inputfield* va a ser el tema que se está cargando y se va a elegir posteriormente la variable, es decir los elementos que conforman cada tema. Una vez cargados todos los mapas temáticos, se puede observar una tabla con diferentes filas, que contienen los temas y elementos, además de las columnas, donde se va a modificar el

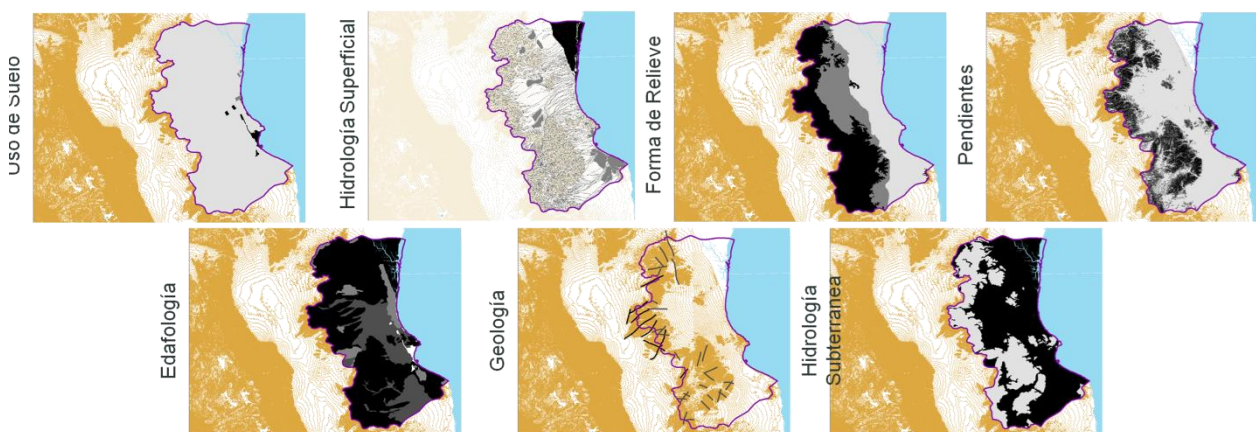
valor, en la columna de *% influence*, se colocan los valores obtenidos en la tabla 4. Garantizando así un valor total de 100. La siguiente columna q a modificar es la de *Scale Value*, para esto se debe de ir a la opción de *Evaluation Scale*, y seleccionar el rango con el cual se calificó cada elemento, que en este caso fue del 5 al 1 y se colocan todas las calificaciones asignadas para todos los elementos de cada uno de los temas. En el *Output* se elige la ruta y el nombre con el que se desea guardar, en este caso fue mapa resumen y se le da *OK*, teniendo como resultado el mapa resumen de conservación de San Felipe, B.C. (Posada, 2020).

b) Aptitud de Vulnerabilidad

Del mismo modo que se realiza la aptitud de conservación, se siguen los mismos pasos para ver la vulnerabilidad territorial eligiendo aquellos temas que pueden determinar los sitios vulnerables para asentamientos humanos, teniendo: Uso de Suelo, la Hidrología Superficial, Forma de Relieve, Pendiente, Edafología Clase, Geología Fallas y Fracturas, Hidrología Subterránea. Realizando el plano de pendientes con el software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), y el DEM. (Posada, 2020).

Calificando los temas con un rango del 5 al 1, y representándose en la cartografía en escala de grises, donde el 5 es lo más oscuro y es el elemento más vulnerable por lo que representa un riesgo ambiental para los asentamientos humanos y el 1 es lo más claro donde no representa este riesgo para los asentamientos humanos. Asignando las calificaciones a los temas seleccionados, obteniendo la figura 12 y la tabla 5 para poder hacer el proceso de sobreposición ponderada y así tener el mapa resumen de vulnerabilidad, utilizando el *Weighted Overlay*.

Figura 12. Mapas para vulnerabilidad calificados



Fuente: Elaboración Posada (2020), con base en ArcMap 10.5 (ESRI, 1999)

Tabla 5. Calificación temática para aptitud de vulnerabilidad

Calif.	Unidad
30	Uso de Suelo
20	Hidrología Superficial
10	Vegetación Tipo Matorral
18	Forma de Relieve
14	Pendiente
8	Edafología Clase
6	Geología
4	Hidrología Subterránea
100	

Fuente: Elaboración Posada (2020), noviembre 2019.

Los mapas expuestos en la Figura 12. Se encuentran ordenados en orden de importancia para entender la vulnerabilidad territorial y que esta no represente un riesgo para los asentamientos humanos, bajo esta premisa en la Tabla 5. Están en el mismo orden, teniendo la calificación general la cual busca llegar a 100 y poder hacer el *Weighted Overlay* para el mapa resumen.

Entendiendo el territorio acorde a su aptitud de conservación y de vulnerabilidad, se procede a analizar un elemento superficial que otorga relación, unidad o fragmentación al territorio, siendo este la vegetación, debido a que al realizar este análisis nos permite observar si es un ecosistema alterado por algún motivo o es un ecosistema intacto o con menor grado de alteración. Para esta investigación, la importancia del análisis de la vegetación con respecto a la relación radica en resolver los objetivos los cuales se enfocan en una IV funcional y sustentable.

Relación

Este apartado de análisis territorial ayuda a visualizar si es que existe conectividad, similitud, integración, o fragmentación en la vegetación dentro del área de estudio, para entender este comportamiento de acuerdo a Vasiljević, et al, (2018) y Arboit, y Maglione, (2018) es con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica en este caso el Arcmap 10.5 (ESRI, 1999), imágenes satelitales *Landsat 8* (USGS, 2019 y 2019a), y con los procesos de Clasificación de Imágenes Satelitales y el NDVI *Normalized difference vegetation index*, es decir el índice de vegetación normalizada y diferenciada, para de este modo poder realizar un mapa resumen y así observar la relación existente con respecto a la vegetación dentro del área de estudio.

Clasificación de Imágenes Satelitales

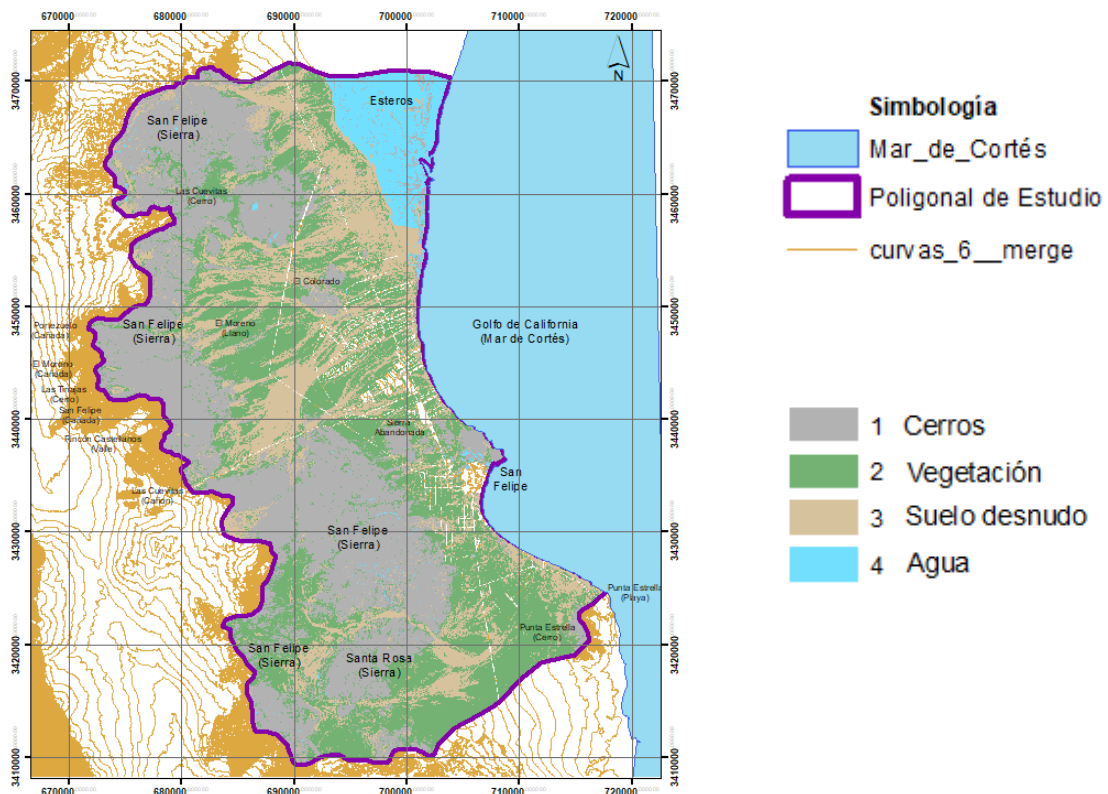
Esta clasificación de imágenes satelitales, se realizó para el año 2019 utilizando el método de clasificación supervisada, de acuerdo a Richards (1999), citado en León Mata, Pinedo Álvarez y Martínez Guerrero (2014) explica que es la de máxima probabilidad de correspondencia, entre la imagen satelital y el territorio físico, basado en la pertenencia de cada pixel a la clase designada, entendiéndose como clase la cobertura del suelo, como se explica en el siguiente apartado. Para realizar este proceso se tomó como base la imagen satelital de baja resolución *Landsat 8* (USGS, 2019 y 2019a) y el software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), utilizando la combinación de bandas 654 correspondiente al análisis de vegetación.

Con la combinación de bandas lista, se crearon máscaras de *shapefiles* con polígonos para suprimir las carreteras, calles y el uso urbano, y de esta manera evitar errores, este proceso se realiza utilizando el *image analysis*, localizado en la pestaña *Window* del software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), seleccionado la opción *mask*, la cual sustrae los elementos de los nuevos *shapefiles* de la imagen original, al terminar este proceso se exportan los datos obtenidos para guardarlos y continuar con el proceso de Clasificación supervisada.

Para la clasificación supervisada se necesita la imagen base y el archivo de firmas, estas firmas se refieren a la clase que se va a asignar de acuerdo con la cobertura de suelos, para este proceso en particular se determinaron 10 coberturas: Cerro grises y rojos; cerro con vegetación; escurrimientos con vegetación; vegetación introducida; suelo desnudo; suelo erosionado; agua; agua con sedimentos y por último agua con pocos sedimentos, los cuales posteriormente se

resumieron en 4 clases, Cerros, suelo desnudo, vegetación, de estas coberturas se crearon *shapes* de polígonos, siendo la base para crear las firmas utilizando los comandos de: *arctoolbox*, *Spatial analyst tools*, *Multivariate*, *Create signatures*, donde en el *Input raster* o *feature raster* se cargan los *shapes* de clases, en el *Sample field* se elige la opción de *ID*, (este es el número asignado por *shape*) y en *output* se coloca el nombre y dirección donde se van a guardar las firmas. De este modo ya se tienen los elementos para realizar la Clasificación supervisada utilizando los comandos de: *Arctool box*, *Spatial Analyst Tools*, *Multivariate*, *Maximum Likelihood Clasificación*, donde en el *Input raster band*, se elige la imagen sin usos, y en el *Input signature files*, se eligen las firmas, mientras que en el *Output*, se crea una carpeta nueva con el nombre de Procesos finales, donde se selecciona la ubicación y se coloca al final la extensión *.img.*, (Posada, 2020) teniendo de esta manera la Figura 13., Donde se observa que la vegetación es el elemento integrador del paisaje, desde los cerros hasta el mar. Con este proceso se obtiene la relación existente en el área de estudio.

Figura 13. Clasificación Supervisada



Fuente: Posada (2020) con base en Landsat 8 (USGS, 2019 Y 2019a)

Diagnóstico social con el principio de integración de IV

De acuerdo a la propuesta metodológica planteada para poder solucionar este principio se van a realizar dos procesos, por una parte, la clasificación supervisada por año en los últimos 40 años, es decir: 1990, 2000, 2010 y 2020 y por otra parte un modelo exploratorio de regresión lineal, utilizando la base de datos de los censos de INEGI en esos mismos años y de esta manera tener un histórico de cómo ha cambiado el paisaje y la población en estos periodos de tiempo y al aplicar el modelo estadístico poder observar si algún fenómeno poblacional influye directamente en el cambio de la cobertura vegetal.

Para realizar el primer paso, la clasificación supervisada se utilizó la imagen satelital de baja resolución *Landsat 8* (USGS, 2019 y 2019a) de 1990, 2000, 2010 y 2020, las cuatro imágenes fueron buscadas en periodo de lluvias donde la vegetación se encuentra en su estado más vigoroso y se procesaron con el software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999). Donde en primera instancia se hizo el análisis de la imagen satelital como se explica al inicio de este apartado (aplicación metodológica) y cuando ya se tiene la imagen con corrección atmosférica y a un tamaño manejable se procede a utilizar el ArcMap 10.5, donde primero se definió que la imagen se va a analizar con una combinación de bandas 5 - 4 - 3, infrarrojo de vegetación, (Jiménez-Jiménez, 2016), y posteriormente se definen las coberturas a utilizar.

De acuerdo a García Mora, et al., (2008), la base para poder realizar una clasificación supervisada en México, se utiliza la Cartografía del Inventario Nacional Forestal, de acuerdo a CONAFOR (2020) son los principales indicadores forestales, estos a su vez usan como marco de referencia la carta de uso de suelo y vegetación 1:250 000 de INEGI, donde existen 11 formaciones forestales que son grandes grupos delimitados por afinidad florística y ecológica, donde sobresale su especie dominante. Por lo tanto, explica el ecosistema al cual pertenece cada superficie del país, teniendo Bosques, Selvas, Matorrales, otras áreas y áreas no forestales. Dentro del caso de estudio, las zonas que aplican son: matorral xerófilo, otras áreas y áreas no forestales, las cuales están divididas en jerarquías, empezando por los ecosistemas, formación forestal y tipo de vegetación, como se puede apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6. Superficie forestal en la zona de estudio

Ecosistemas	Formación Forestal	Tipo de Vegetación
Matorral Xerófilo	Zonas Semiáridas	Bosque de Mezquite
		Chaparral
		Matorral sarcocaulé
		Mezquital desértico
		Vegetación de Galería
	Zonas áridas	Matorral desértico micrófilo
		Matorral desértico rosetófilo costero
		Vegetación de desiertos arenosos
	Áreas no forestales	Áreas no forestales
Pastizal cultivado		
Pastizal Inducido		
Sin vegetación aparente		
Zona urbana		
Agua		Cuerpo de agua
Otras áreas	Otras áreas forestales	Matorral desértico micrófilo
		Matorral rosetófilo costero
		Pastizal Halófilo
		Pastizal natural
		Tular
		Vegetación de dunas costeras
		Vegetación halófila hidrófila
		Vegetación halófila xerófila
	Áreas no forestales	Acuícola
		Agricultura de riego
		Agricultura de temporal
		Asentamientos humanos
		Desprovisto de vegetación
		Pastizal cultivado
		Pastizal Inducido
		Sin vegetación aparente
		Zona urbana

Fuente: Elaboración propia con base en CONAFOR (2020)

Para seleccionar la cobertura de suelo para la zona de estudio, se utilizó la carta de uso de suelos y vegetación de INEGI (2008), versión digitalizada, donde los tipos de vegetación dentro del área de estudio son: Matorral desértico microfilo, vegetación de dunas costeras, vegetación Halófila xerófila sin vegetación aparente, matorral sacrocaule, pastizal inducido y otras áreas, incluyendo el uso de suelo, el cual es agrícola pecuario y forestal además de áreas complementarias. Por lo tanto, si se aplica la misma jerarquía del CONAFOR (2020) se obtiene la Tabla 7

Tabla 7. Superficie vegetal en la zona de estudio

Ecosistemas	Formación Forestal	Tipo de Vegetación
Matorral Xerófilo	Zonas Semiáridas	Matorral sarcocaulo
	Zonas áridas	Matorral desértico micrófilo
Áreas no forestales	Áreas no forestales	Sin vegetación aparente
		Zona urbana
	Agua	Cuerpo de agua
Otras áreas	Otras áreas forestales	Vegetación de dunas costeras
		Vegetación halófila xerófila

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (s.f.)

Teniendo la delimitación de la Tabla 7, se procede a adaptarla al sitio y a las imágenes Landsat para de esta manera obtener la cobertura de suelo, y poder realizar el proceso de clasificación supervisada. En la tabla 8. Se muestra la superficie vegetal adaptada a la cobertura de la poligonal de estudio.

Tabla 8. Propuesta de cobertura vegetal en la zona de estudio

Macroclase	Clase
Formación Forestal (Vegetación)	Matorral Desértico Denso
	Matorral desértico poco denso
	Dunas Costeras
	Vegetación Halófito Xerofila
	Matorral Sacrocaule
Áreas No Forestadas	Área Urbana
	Suelo Desnudo (escurrimientos y caminos de tierra)
	Caminos y Carreteras

Cerros	Presencia de Cerros
Agua	Cuerpo de Agua
	Sin Vegetación aparente: Esteros

Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1982) e INEGI (s.f.)

Teniendo la delimitación de la cobertura de suelos, la cual se muestra en la Tabla 8., se procede a utilizar el programa de ArcMap 10.5 y realizar el procedimiento correspondiente. Para realizar este proceso, se encontró en que se generaban errores al realizar las coberturas; por lo tanto, se optó por hacer máscara de recorte en cada imagen de cada año, estas máscaras de recorte se realizaron por las aéreas no forestadas, cerros y agua, como se muestra en la Figura 14. Donde se toma como ejemplo la imagen del 2020 y se muestran las áreas no forestadas: área urbana y caminos y carreteras; los cerros y el área sin vegetación aparente que son los esteros.

Figura 14. *Shapes* del 2020 con los elementos que se van a recortar

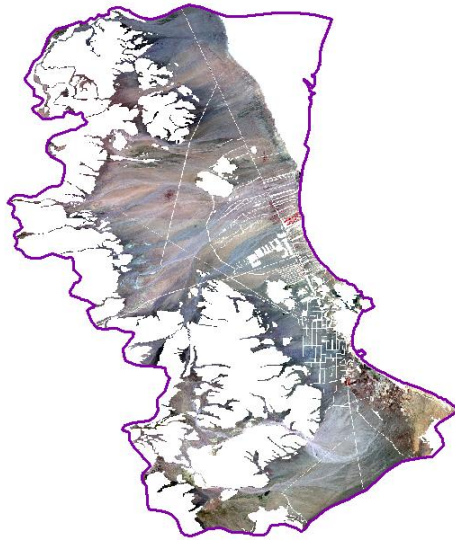


Fuente: Elaboración propia con base a (Landsat 8, 2020).

Para hacer estas máscaras de recorte se crea un *shape* nuevo de polígono por cada área a realizar, se activa la edición en el icono del *editor: start editing*, se abre la ventana de *Create features*, se selecciona el *shape* que se acaba de crear, y en *construction tool*, se elige polígono,

de esta manera ya se puede empezar a dibujar en el nuevo *shape* los elementos para recortar. Se repite este proceso por cada elemento y por cada año (1990,2000, 2010 y 2020). y de esta manera se tiene libre el área de la cobertura vegetal, para poderla analizar, como se puede observar en la Figura 15.

Figura 15. Imagen recortada con combinación de bandas 5,4,3.



Fuente: Elaboración propia con base a (Landsat 7, 2020).

Una vez teniendo las imágenes base limpias y con la combinación adecuada por cada año: 1990, 2000, 2010 y 2020. Se procede a realizar el proceso de clasificación supervisada, donde primero se hace toma de muestras, creando *shapes* con polígonos de acuerdo a la clasificación de la Tabla 8. Donde estos polígonos son las muestras de los pixeles que el programa va a tomar para base de acuerdo a su similitud, donde esta cada cobertura de suelo; se realizaron *shapes* por: matorral desértico denso, matorral desértico poco denso, Vegetación de dunas costeras, vegetación halófila xerófila, matorral sacrocaule y suelos desnudos, después a cada *shape* se le asigno un numero de ID y se realizó una unión, en *geoprocessing*: unión, seleccionando todos los *shapes* eligiendo como se va a llamar este nuevo *shape*, en este caso se utilizaba el año de la imagen y la palabra firmas, por ejemplo: 2000_firmas, y se crea el nuevo *shape*, a este *shape* en el *attribute table* se une una sola columna de ID que contenga el número de todos los *shapes* y se procede a crear las firmas espectrales. Para crear las firmas se utiliza el *Arctool box: Spatial analyst tools: multivariate: create signature*, donde se elige el raster de la imagen recortada y el *shape* de firmas que se acaba de crear, donde en el *Sample field*, se

selecciona la columna donde se unieron todos los ID de todos los *shapes*; con el archivo de firmas se continua a crear la clasificación supervisada con *Arctool box: Spatial analyst tools: multivariate: maximum likelihood clasification*, y de igual modo en el *raster* se selecciona la imagen recortada, y se carga el archivo de firmas recientemente creado, en la opción de *reject fraction* se selecciona 0.1, las demás opciones quedan igual y se le da ok, y de esa manera se obtiene la clasificación supervisada; se repite este proceso por cada año.

Una vez teniendo la clasificación por todos los años se procede a obtener las áreas. Para esto primero se convierte el *raster* en *shape*, con *Arctool box: Conversion tools: From Raster: Raster to Polygon*. En el nuevo *raster* creado se abre la tabla de atributos, se agrega un nuevo campo llamado área, se le da *click* derecho al nuevo campo y se elige la opción de *calculate geometry*, después en el *grid code* se ordena por *Sort Ascending* y ya se tiene todos los polígonos del ID1, con sus áreas, tomando en cuenta que el ID1 en este ejemplo se refiere al matorral desértico denso, se calcula por cada ID el área total por cada cobertura, se repite el procedimiento por todos los años y se crea una base de datos. Esta base de datos es la que se va a utilizar para hacer el procedimiento estadístico con el modelo de regresión lineal para el análisis de tendencias.

Modelo de Estadístico Exploratorio

Este es modelo exploratorio donde se busca establecer la relación entre los factores demográficos y el cambio en la cobertura de suelo; para obtener tendencias y aproximaciones relacionadas al comportamiento de la cobertura de suelos y los fenómenos demográficos; se utilizó la información estadística de INEGI (2020), con los censos realizados los mismos años de la clasificación supervisada, proceso del cual se obtienen los datos de la cobertura de suelo; estos años son 1990, 2000, 2010 y 2020, obteniendo una base de datos que relaciona el año con los factores demográficos y el año con la cobertura de suelo, y de esta manera analizar el paisaje con la comunidad vegetal existente por medio del programa de análisis de datos StataSE 13. StataCorp (1985 – 2013).

El modelo es un análisis estadístico exploratorio por medio de la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), buscando obtener la tendencia en la correlación y regresión de las variables seleccionadas, estimando los procesos de correlación y regresión en Corte Transversal utilizando periodos de tiempo con sesgo y de esta manera observar cual es la

tendencia que está sucediendo y que puede repetirse en el futuro, en relación a la relevancia de los factores demográficos que influyen en el paisaje desértico de San Felipe, B.C.

Para poder realizar este modelo se van a tener relaciones lineales entre variables: $Y = f(x)$, donde “Y” es la variable dependiente y “X” la variable independiente. Teniendo que la variable independiente es la que afecta el comportamiento de la variable dependiente. Y de esta manera obtener la correlación de manera exploratoria, que es la medida de la “x” y de la “y” con respecto a sus desviaciones y el error estándar, utilizando la siguiente correlación:

$$\rho(x, y) = \frac{cov\left(\frac{x}{\sigma_x}, \frac{y}{\sigma_y}\right)}{\sigma_x \sigma_y}$$
 en este caso ρ es la medida estandarizada del grado de asociación lineal

existente entre “x” y “y” en relación a su dispersión, esta se obtiene dividiendo la $Cov =$ Covarianza de “x” entre “y”, sobre el error estándar de “x” por el error estándar de “y”, el error estándar representado por: σ

Además de la correlación, se corrió el modelo de regresión, con dos variables, utilizando un modelo de regresión simple, por eso es el MCO, donde se minimizan los errores del modelo de regresión, de acuerdo a la siguiente fórmula: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + U_1$

Para aplicar estos modelos se tomó en cuenta que el paisaje desértico de San Felipe ha cambiado en cuanto a las comunidades vegetales existentes, dentro de los cuatro periodos de tiempo analizados; 1990, 2000, 2010 y 2020. De esta manera se considera la variable dependiente, la “y”, que es la cobertura de suelo, representando el cambio en el paisaje natural y como variable independiente, “x”, se tiene los factores demográficos obtenidos de los Censos Nacionales de Población y Vivienda, de INEGI, y de esta manera poder obtener si algún fenómeno demográfico es significativo para el cambio en la cobertura de suelo, y si esta relación se da de manera directa o indirecta.

Los factores correspondientes a la variable dependiente “y”, cobertura de suelos, son:

Tabla 9. Variable “y” con simbología

	Descripción de la Variable "y"	Simbología
Área sin Vegetación	Caminos y carreteras	cc
	Área Urbana	au
Vegetación	Matorral Desértico Microfilo	mdm
	Matorral Desértico Total	mdt
	Vegetación de Dunas Costeras	vdc
	Vegetación halófito xerófila	vhx
	Matorral Sacrocaule	ms

Fuente: Elaboración propia (2022)

Los factores correspondientes a la variable independiente “x”, factores demográficos, son:

Tabla10. Variable “x” con simbología

Descripción de la Variable "x"	Simbología
Población Total	pobtot
Población de 15 años y más alfabeto	pob15mas_a
Población de 15 años y más analfabeto	pob15mas_an
Población de 5 años y más que habla lengua indígena y habla español	pob5mas_lihe
Población económicamente activa	pea
Población económicamente inactiva	pe_ianc
Población ocupada	pocup
Total, viviendas particulares habitadas	totvivparth
Población sin derecho habiencio a servicios de salud	pder_ss_no
Población con derecho habiencio a servicio de salud	pder_ss_si
Total, de hogares	thog
Población en hogares	pob_hog

Fuente: Elaboración propia (2022)

El modelo general aplicado en Stata 13, fue para poder obtener la regresión y correlación entre los factores demográficos y la cobertura de suelo en San Felipe, B.C. es

$$\begin{aligned} \text{co_sue}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{pobtot}_i + \beta_2 \text{pob15mas_a}_i + \beta_3 \text{pob15mas_an}_i + \beta_4 \text{lihe}_i + \beta_5 \text{pea}_i \\ & + \beta_6 \text{pe_ianc}_i + \beta_7 \text{pocup}_i + \beta_8 \text{totvivparth}_i + \beta_9 \text{pder_ss_no}_i \\ & + \beta_{10} \text{pder_ss_si}_i + \beta_{12} \text{thog}_i + \beta_{13} \text{hog_pob}_i + U_i \end{aligned}$$

Entendiendo que co_sue_i , se refiere a la cobertura de suelo la cual será sustituida por el área de cada cobertura expresada en la Tabla 9.: cc, au, mdm, vdc, ms y vhx, mientras que la simbología de la variable “x” esta expresada dentro de la Tabla 10. Estos son todos los factores demográficos que se van a correr, para poder obtener si estos pueden llegar a ser significativos o no en el cambio del paisaje.

Una parte importante del diagnóstico social realizado, es el análisis de tendencias, donde se observa el comportamiento de la cobertura de suelo por año y se obtiene una proyección de cómo podría actuar en un futuro. En el caso de este estudio, los periodos analizados son décadas; por lo tanto, se obtiene la tendencia de cómo se podría llegar a comportar la cobertura vegetal para el 2030. Para calcular estas tendencias, se utilizó Excel, donde se plantearon dos columnas por cobertura de suelos, la primer columna corresponde al tiempo y la segunda columna corresponde a la superficie abarcada por cada cobertura de suelos en ese año, aplicando la fórmula =Tendencia((Conocida de las x)(conocida de las y), (nueva x)), donde la conocida de las “x” son los datos de la columna de tiempo, la conocida de las “y”, son los datos de la columna de cobertura de suelos y la nueva “x”, es el nuevo año por el que se va a calcular la tendencia al comportamiento de la cobertura, posteriormente se gráfica y de este modo se podrá observar el posible comportamiento de cada cobertura para el 2030.

Una vez corridos y analizados los modelos estadísticos propuestos, se procede a resolver el objetivo 3. Donde se procede a hacer la aplicación sustentable ambiental de la IV, por medio de los principios de multiescalaridad, conectividad, diversidad y multifuncionalidad.

Aplicación ambiental con los principios de Infraestructura Verde (IV)

Multiescalaridad

Para aplicar este principio, se toma en cuenta la compatibilidad con la red ecológica ambiental para analizar la macro escala que es el área natural en el caso de estudio, tomando como base el primer objetivo, donde se hizo un análisis del medio biofísico a escala 1:250 000 evaluando la geología, clima, edafología, hidrología superficial y subterránea, uso de suelo, vegetación, pendientes, zonas de riesgo, sistema de escurrimientos, utilizando la metodología de McHarg (2000), e identificando los puntos prioritarios en los cuales convergen los factores ambientales. Por lo tanto, tomando esto como base y sumando los análisis de Ferreira y Monteiro (2021), se busca realizar el análisis de los siguientes temas: morfología e hidrología, clima, flora y fauna, y se realiza una sobre posición para encontrar la convergencia de los factores ambientales y poder determinar las áreas idóneas para la IV.

Por lo tanto, se pretende tomar como base el análisis ambiental realizado previamente y complementarlo con temas particulares dentro del área de estudio, las cuales se aprecian en la Tabla 11, esto con el fin de realizar un plan prioritario para la protección y delimitación de estas secciones que conforman los principales elementos de la IV: los corredores ecológicos y aquellas áreas esenciales para el funcionamiento de los sistemas naturales debido a que la unión de estas garantizan las funciones ecológicas.

Tabla 11. Temas a desarrollar en el caso de estudio

Temática general	Temática particular Ferreira y Monteiro (2021)	Temática particular aplicada al caso de estudio
Morfología	altimetría, hipsometría, litología, pendientes, pendientes descendentes análisis de dirección	Altimetría Dirección de pendientes, Morfología Perfiles
hidrología y suelos,	arroyos de los ríos los tipos de suelo	arroyos de los ríos
climatología	radiación solar viento	Temperatura y Precipitación Radiación Solar

	precipitación temperatura	Viento (Dirección)
biología	vegetación fauna	Vegetación Fauna (asociada a vegetación)

Fuente: realización propia 25/02/2022

Por lo tanto, teniendo los temas particulares y aplicando la superposición ponderada de McHarg, se va a lograr un cambio de escala dentro de la IV fundamental, obteniendo la identificación de los parches ambientales y de los corredores que garantizan que las funciones ecosistemicas se puedan seguir perpetuando.

Morfología e Hidrología

Dentro del apartado de morfología e hidrología se realizaron los mapas de pendientes, morfología, análisis de dirección de pendientes y análisis de escurrimientos. Estos apartados se realizaron por medio del uso del DEM el cual se explica en la Figura 6, al principio del tema de aplicación metodológica, por medio del uso del Qgis, sobre el DEM, se da *click* en el botón derecho y se selecciona: propiedades, se elige la pestaña de simbología y en el tipo de render se elige la visualización deseada, en este caso fue *Hillshades* para obtener la morfología y *Palleted unique values* para obtener la altimetría, donde también se eligió la rampa de colores que va a conformar el mapa, el número de clases en que se va a dividir y desde la altura que se va a identificar, para al terminar darle *classify* y *ok*, de esta manera tenemos listos estos mapas; posteriormente se cargan las capas de escurrimientos y se toma en cuenta el mapa de pendientes elaborado previamente para identificar con una flecha la dirección de las pendientes y la conformación y comportamientos de los escurrimientos superficiales, como se aprecia en el apartado de resultados, al mismo tiempo se complementa con el mapa de cuencas, donde la información para elaborarlo se obtuvo en el Geoportal de CONABIO, 2021. Se utilizó la capa de cuencas y se identificó cada una de ellas.

Una vez que ya se tienen los mapas base para entender la morfología es primordial obtener los perfiles, para de esta manera apreciar el comportamiento del terreno. Para hacer los perfiles primero se debe instalar el *plugin* de *terrain profile*, donde se va a usar el DEM, al activar este plugin solo se debe seleccionar la capa del DEM, y de esta manera aparece un recuadro donde va apareciendo los cortes en el terreno de acuerdo con el DEM, dependiendo

del lugar señalado, en este caso se realizaron 8 transversales y 2 longitudinales para de esta manera entender el comportamiento del terreno, tanto las formas de relieve como los perfiles.

Al obtener los mapas de morfología, altimetría, dirección de pendientes y los perfiles se procede a obtener el siguiente punto metodológico dentro del objetivo 3, y del principio de multiescalaridad, este punto es la climatología, de la cual se van a analizar diversos temas para seguir comprendiendo el territorio del área de estudio.

Análisis de temperaturas

Para analizar el clima, primero se tomó en cuenta cuales eran los datos que se deseaban obtener, como se puede apreciar en la Tabla 7. En cuanto a clima se desea obtener la temperatura, precipitación, dirección de los vientos y radiación solar.

Temperatura y Precipitación

Para obtener la información de la temperatura y la precipitación se tomaron en cuenta los años analizados dentro de este trabajo, y se adaptó a la información existente. La información fue obtenida de la estación climatológica San Felipe, con Clave 2148, (CONAGUA, s.f.), donde se obtuvieron los datos climáticos, de acuerdo a la temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y precipitación, y se añadieron años para tener más puntos de referencia en cuanto a la actuación del clima en esta zona. Se añadieron los años de la mitad de la década, dentro de la información obtenida disponible, así como el último año analizado en esta estación es 2018; por lo tanto, los años de los cuales se obtuvo información para este trabajo son: 1900, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2018.

Con la información obtenida se realizó el análisis de tendencia en Excel, aplicando la misma fórmula utilizada anteriormente: $Fórmula = Tendencia((Conocida\ de\ las\ y)(conocida\ de\ las\ x), (nueva\ x))$, donde la conocida de las "x" son los datos de la columna de tiempo, es decir los años (1900, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2018), mientras que la conocida de las "y", son los datos del clima en °C y la nueva "x", es el nuevo año por el que se va a calcular la tendencia al comportamiento de la cobertura, es decir 2025 y 2030.

Dirección de vientos

Para analizar la dirección de los vientos se tomó en cuenta el visualizador Meteored (2023), siendo esta una empresa líder sobre información meteorológica, sus datos se basan en el modelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), que es un Instituto de Investigaciones meteorológicas. Dentro del apartado de Mapa de viento, el cuál es un visualizador que indica la dirección de las corrientes del viento en tiempo real y un pronóstico a una semana, donde se pueden indicar la hora del día que se desea visualizar.

Radiación Solar

Para analizar la radiación solar se utilizó como base la imagen satelital de baja resolución *Landsat 8* del año 2020, en particular la banda 10 correspondiente al infrarrojo de temperatura, esto procesado con el programa QGIS. Lo primero a realizar fue cargar en el programa la banda 10 y la poligonal de estudio, después se utilizó la calculadora de *raster* en *Raster: Raster Calculator*, donde se introduce la fórmula de Coelho y Correa (2013) que transforma en °C la información obtenida en la banda infrarroja; esta fórmula es: $(1321.08 / \ln(774.89 / (3.3420E-04 * "B10@1" + 0.10000) + 1)) - 273.15$, donde la única información a cambiar es la de "B10@1" donde se va a cargar la banda 10, con el nombre que se tenga guardado, se carga el lugar donde se va a guardar el resultado idealmente agregando la palabra temperatura dentro del nombre y se le da *OK*, una vez realizado el proceso se va a reclasificar para mostrar el resultado en los rangos deseados. Para reclasificar se va a *processing tools: recode*, donde el *input layer* va a ser la capa recientemente creada de temperatura, se va a crear un archivo de block de notas con la nueva clasificación el cual se va a cargar en *file containing recode rules*, posteriormente se va a indicar el nombre y la dirección donde se va a guardar y se da *Run*. Creando de esta manera un nuevo archivo de temperatura con la clasificación deseada. Por último, se va a editar la simbología, dando *click* derecho en la última capa creada de temperatura y reclasificada, ubicada dentro de *layers*, se selecciona *properties, symbology, single band pseudocolor, mode: equal Interval, classes: número de clases* en el que se haya dividido en la reclasificación, en este caso son 7, se dejan los demás valores por default y se le da *OK*, y se tiene definido el mapa de radiación solar.

Una vez teniendo la información climatológica se procede a investigar de una manera detallada las especies de flora y fauna encontradas en la poligonal de estudio.

Distribución de flora y fauna

En este apartado se busca encontrar con mayor detalle las especies de flora y fauna en poligonal de estudio. Otro tema a realizar es la distribución del NDVI en el 2020 para ubicar la distribución espacial de la flora en el periodo analizado más reciente.

Para encontrar este detalle y la distribución de especies de flora y fauna, se utiliza la base de datos del geoportal de CONABIO (2021), donde en las opciones del visualizador de mapas disponibles se elige: biodiversidad, distribución espacial y registros de presencia, las opciones a revisar son anfibios, aves, mamíferos, plantas y reptiles, donde al elegir cada opción despliega una lista con las especies y sus divisiones, y al elegir cada especie se observa el polígono donde han sido visualizadas; por lo tanto, en la zona de estudio que es la cuenca de San Felipe, Baja California, se aprecian cuáles son las especies existentes en el área estudiada, tomando en cuenta que la información es obtenida a partir de las cuenca, estas se seleccionan así como la información que se desea obtener, eligiendo en este caso a las plantas y a los animales: reptiles, anfibios, mamíferos y aves, teniendo así el listado por cada grupo y posteriormente con la misma información del geoportal se realizaron los mapas de distribución de flora y fauna que aparecen en el apartado de resultados.

Para entender la distribución de la vegetación es con los resultados de CONABIO (2021) con la información de plantas, más el NDVI. El NDVI es el índice de vegetación normalizada que se obtiene mediante el uso de SIG, y muestra la biomasa relativa *de acuerdo al Environmental Systems Research Institute* (ESRI, 2016), debido a que expone el verdor de la vegetación utilizando el pigmento de la clorofila, en base a la imagen satelital Landsat 8 correspondiente al 27 de mayo del año 2020, utilizando las bandas 4 y 5, donde la 4 es la banda R, banda roja, aunado a la reflectancia de las hojas de la vegetación ante la radiación solar con la banda 5, siendo la banda IR, Infrarroja cercana, aplicando la fórmula aritmética de: $NDVI = ((IR - R) / (IR + R))$, este proceso es aplicado con la combinación de bandas 432 refiriéndose al color natural, que de acuerdo a Jiménez- Jiménez, 2016, es la combinación adecuada para realizar este proceso.

El NDVI, se realiza utilizando el proceso de algebra de mapas del software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), ubicado en *Arctool box, Spatial Analysis tools, Map algebra, Raster Calculator*, en la opción de *Layers and variables*, se selecciona el *raster* de la banda 4 que es

el Rojo y el *raster* de la banda 5, infrarrojo cercano. En la caja de *Math*, se selecciona la opción de *Float* donde se escribe la fórmula del NDVI, sustituyendo los valores y escribiendo: $Float + (b5 - b4) / (b5 + b4)$. Donde se obtuvieron 2 resultados, por una parte, el raster por default producido por el software tiene un rango por default, razón por la cual se realiza la reclasificación, y así observar con mayor claridad donde se encuentra la vegetación más vigorosa. Para la reclasificación es con *arc toolbox, spatial analyst tools, Reclass, Reclassify*, en el *Input* se coloca el NDVI obtenido, en *reclass field*, se le da la opción de *value* y en *Classify*. Y se obtiene la distribución de la vegetación en el periodo analizado.

Una vez obteniendo la información de la distribución de flora y fauna se enlaza con los resultados anteriores para expresar la IV Fundamental existente en el área de estudio.

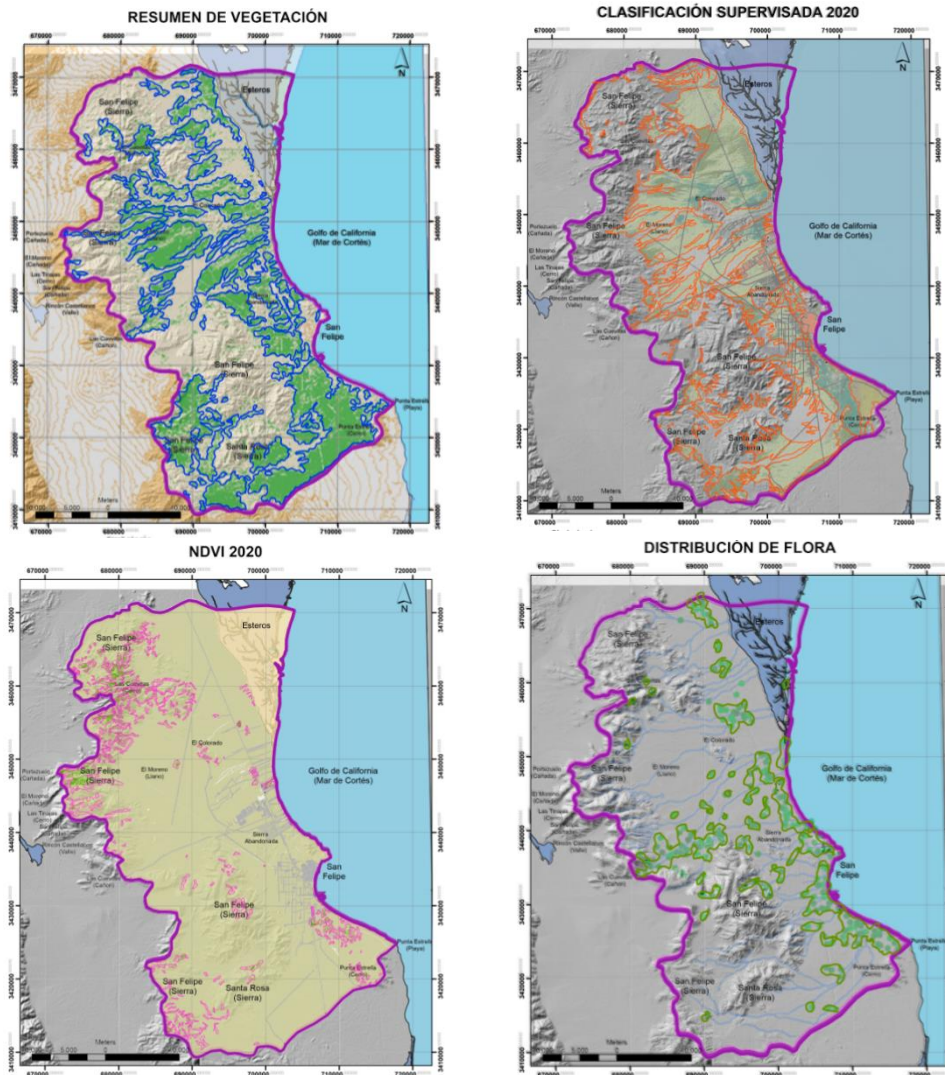
Resumen para obtener las áreas de la IV fundamental

Como se ha venido explicando, la IV es una red de espacios naturales, planeada de manera táctica, para de este modo utilizar los recursos de una manera útil y funcional; por lo tanto, al realizar la aplicación de esta IV, se buscan aquellos espacios naturales existentes en el sitio; la parte de fundamental se refiere a las áreas aledañas a las zonas urbanas, que en el caso de este estudio es la escala regional en donde está ubicada la poligonal.

Para realizar la IV fundamental se hizo por medio de la sobreposición de aquellos mapas relacionados a la vegetación, y obtenidos durante los análisis previos para determinar parches y corredores existentes. El mapa utilizado del análisis territorial, (Objetivo 1) es el mapa resumen de vegetación; el mapa utilizado del diagnóstico social (Objetivo 2) es la Clasificación supervisada del 2020 y los mapas utilizados de la aplicación ambiental (Objetivo 3) son el NDVI y el de distribución de flora, utilizando estos elementos para determinar la IV fundamental existente en el área de estudio.

Para realizar este mapa, se utilizó Photoshop, donde se extrajeron las áreas de cada elemento, como se puede observar en la siguiente Figura, posteriormente se unieron, creando el mapa unión, Figura 17, de esta manera ya se pudieron delimitar las áreas nuevas utilizando las transparencias y los lugares donde se sobreponen los elementos.

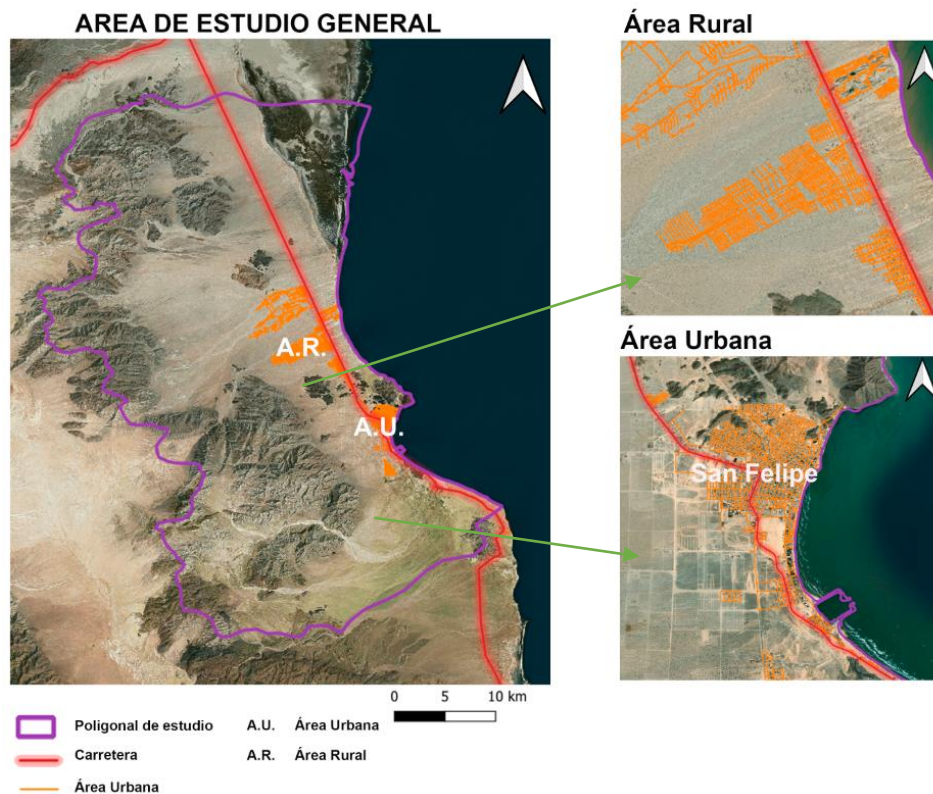
Figura 16. Mapas de apoyo para la IV Fundamental.



Fuente: Elaboración propia

Para analizar la IV urbana se tiene como base la información vectorial de la carta topográfica de INEGI (2008), en su versión digitalizada, procesada con QGis 3.22.4 - Białowieża (2021). Con esto como base se determinó que se iba a observar de manera general un área rural, y de manera un poco más profunda las áreas verdes correspondientes al área urbana de la localidad de San Felipe, como se observa en la siguiente Figura.

Figura 18. Delimitación del Área Urbana



Fuente: Elaboración propia con base INEGI 2008

En la Figura 18. Se puede apreciar las dos áreas a analizar con más detalle, y así determinar la IV Urbana existente dentro del área de estudio y de este modo proseguir con el siguiente principio que es el de conectividad.

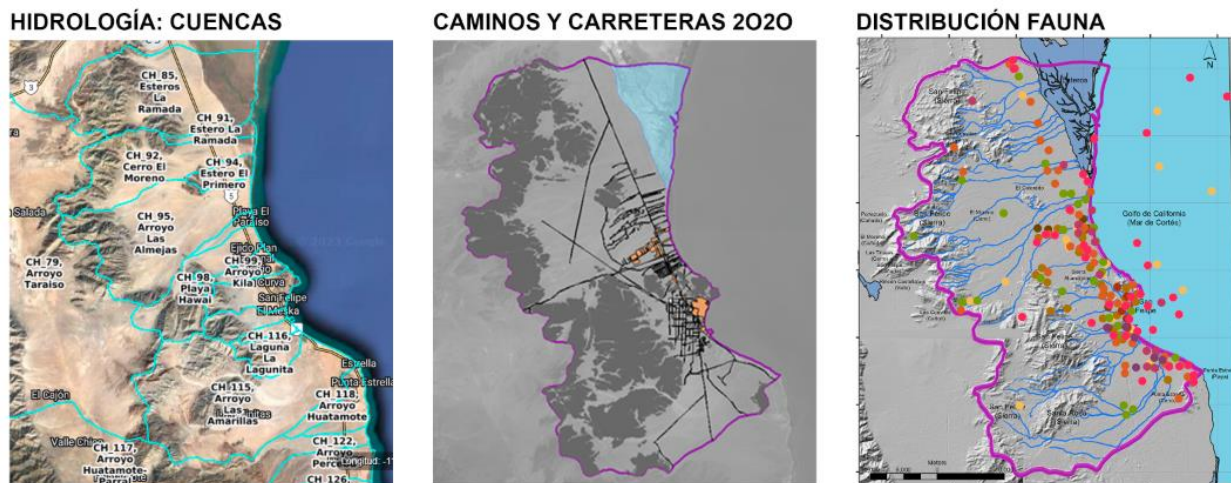
Conectividad

Para aplicar el principio de conectividad en el caso de San Felipe, se plantea seguir las bases de Corrales, et al. (2019), quien realiza una evaluación de la IV y la conectividad ecológica, diferenciando la vegetación urbana de la vegetación natural observando el flujo de la fauna; por lo tanto, se utilizan como base los resultados del análisis de multiescalaridad

(Ferreira y Monteiro, 2021), para obtener un mapa resumen de conectividad ambiental en el área de estudio.

Utilizando como base la matriz de parches corredores, basándose en las preguntas de: ¿Qué es lo que voy a conectar? y ¿Cómo lo voy a conectar? Teniendo por respuesta de la primera los parches o *Hubs* y de la segunda los corredores o *Links*, podemos observar de acuerdo a la IV fundamental obtenida anteriormente aunada al área urbana, que los parches están compuestos por las actividades de conservación, el mapa de calor, más la distribución de fauna y sobre todo tomando en cuenta la distribución de la vegetación y el tipo de ecosistema. Teniendo por otra parte los corredores, donde en este apartado se van a determinar con mayor detalle, utilizando como base de la hidrología, la delimitación de cuencas, más los caminos existentes de la imagen satelital del 2020, más la distribución de Fauna, donde el objetivo es conectar los parches.

Figura 19. Mapas base para la conectividad ambiental



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el análisis de conectividad se tomó como base los mapas de la Figura 19. aunados a la IV fundamental donde se encuentran los parches, con esto como base se realizó una sobreposición de los mapas aplicándoles transparencias en Photoshop y determinando su óptima conectividad con estos elementos en el área de estudio. Una vez, determinados los componentes existentes de la IV, se prosigue a analizar el principio de diversidad y de esta manera determinar las especies optimas de la IV.

Diversidad

Para aplicar el principio de diversidad se utiliza la metodología de Radhakrishnan, et al. (2019), la cual denominan: “*Criteria for green infrastructure Sustainable Outcomes in Urban Precincts*” (CgreenSoup) p.318. Empleando esta caracterización, se va a realizar una lista de especies óptimas para la IV de San Felipe BC, la cual se va a calificar y a evaluar con los criterios planteados por los autores, determinando si las opciones de la vegetación son adecuadas para la consolidación de la IV en San Felipe B.C. El criterio que los autores utilizan para evaluar el listado de especies, lo expresan en la Tabla 12.

Tabla 12. Instrumento de evaluación de las especies vegetales

Indicador	Escala de evaluación	Criterios de Evaluación
poco atractivo	1	Monocromático, generalmente verdes con flores pequeñas
Atractivo	2	Flores estacionales pequeñas con características sobresalientes
muy atractivo	3	Plantas y árboles ornamentales con flores atractivas y siempre verdes
Seguro para Humanos		
produce espinas	-1 ó 1	Sí= -1, no = 1
causan alguna alopatía	-1 ó 1	Sí= -1, no = 1
causa alergias o es toxico	-1 ó 1	Sí= -1, no = 1
Es anfitrión reconocido de pestes o patógenos dañinos	-1 ó 1	Sí= -1, no = 1
Provee sombra o puede ser usada de cerca viva	0 ó 1	Sí= 1, no = 0
Aplicación en el paisaje	1 ó 2	Una sola función (parques jardines o alineamientos junto a caminos = 1 Varias aplicaciones incluyendo alineamientos junto a caminos=2
Materia Prima de comida o medicina	0 ó 1	Sí= 1, no = 0
Resistencia a inundaciones	-1 ó 1	Sí= 1, no = -1
Adaptabilidad a las fluctuaciones del nivel de agua	-1 ó 1	Sí= 1, no = -1
Remoción de nitrógeno	0	Menos de 45%

	1	Entre 45% y 85%
	2	Más de 85%
Sí son plantas nativas 1, ó invasoras -1	-1 ó 1	Sí= -1, no = 1
Asociado a Fauna y su capacidad de atraer o mantener la fauna local	1	Atrae polinizadores
	2	Atrae polinizadores, comida para catarinas y otros insectos
	3	Atrae polinizadores, comida para otros insectos y atrae a pájaros y / mamíferos
Es reconocida como maleza	-1 ó 1	Sí= -1, no = 1
La Planta es alópata (produce químicos o toxinas que afecta a otras plantas)	-1 ó 1	Sí= -1, no = 1
Demanda de Agua	1	Alta
	2	Moderada
	3	Baja
Baja	2	Estacionalmente (1 a 2 veces por año, requiere poda y es resistente a variaciones climáticas)
Moderada	1	Sensible a variaciones climáticas, requiere mantenimiento frecuente poda y fertilización, tira de hojas de manera regular
Alto	0	Requiere cuidados extras, en cuanto a necesidad de agua y fertilizante, es sensible al contenido de nutrientes del suelo y requiere mantenimiento frecuente, de poda
Efecto sobre el precio de las propiedades locales	1 a 3	Ver atractivos estéticos, asumir la relación entre el atractivo estético y la influencia entre el precio es lineal, entre más atractivo es igual a una influencia alta

Fuente: Radhakrishnan, et al., (2019 p.322) basado en US Forest Service, (2011); National Parks, (2017), Lindemann-Matthies et al., (2010))

En la Tabla 12. Se plantean los criterios para la calificación de cada especie, donde en el apartado estéticos se califica: poco atractivo, atractivo y muy atractivo; dentro del apartado de seguros para humanos, se califica si produce espinas, o si causan alguna alopátia, alergias o es toxico para los humanos y si contiene pestes o patógenos dañinos; dentro de la función social se califican si son especies que proveen sombras o crean barreras vegetales, la aplicación en el paisaje y si son materia prima de comida o medicina; en cuanto a la resistencia de inundaciones se califica la adaptabilidad a las fluctuaciones del nivel de agua; En la mejora de la calidad ambiental, se califica la remoción de nitrógeno, si las plantas son nativas, si son propias del sitio o invasoras y en cuanto a las plantas que son soporte de servicios ecosistémicos, se califica si soportan la biodiversidad si son alópatas o si son malezas; En cuanto al mantenimiento se califica la demanda del agua y la periodicidad de su cuidado, el potencial para el desarrollo económico se califica con los efectos en el precio de las propiedades locales y dentro del costo beneficio está incluido el costo del ciclo de vida. Las especies a analizar son las encontradas en la distribución de Plantas de CONABIO (2021).

Durante este apartado, se realizó la aplicación de los principios de Ecología del Paisaje y los de IV, todos enfocados a encontrar y determinar la IV en San Felipe, para de esta manera entender su composición estructural, las áreas de conservación y vulnerabilidad, la integración o fragmentación de las zonas naturales, la correlación entre los fenómenos demográficos y la cobertura de suelos, así como hidrología, morfología, clima, flora y fauna, para con estos elementos y los anteriores determinar la IV fundamental y la IV urbana y del mismo modo determinar la diversidad vegetal óptima para la IV, obteniendo de esta manera los elementos necesarios para el siguiente apartado, el de resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En este apartado se encuentran los resultados obtenidos de cada uno de los elementos de la aplicación metodológica, la cual está basada en los objetivos particulares y de esta manera, poder obtener la Infraestructura Verde (IV) fundamental y la urbana donde por último se complementa con la diversidad de vegetación óptima para este elemento y así resolver el objetivo general de la presente investigación.

Estructura

En este apartado se encuentran los mapas digitalizados y procesados con Arc map 10.5, obtenidos de la base de INEGI comprendiendo la estructura del medio biofísico, es decir la topografía, clima, geología, hidrología, edafología, uso de suelo, vegetación, formas de relieve, pendientes; los cuales se usan como base para realizar la Idoneidad Intrínseca y obtener el uso de suelo de conservación y de vulnerabilidad, el cual con mapas posteriores nos ayudará a obtener la Infraestructura Verde Fundamental de San Felipe, B.C.

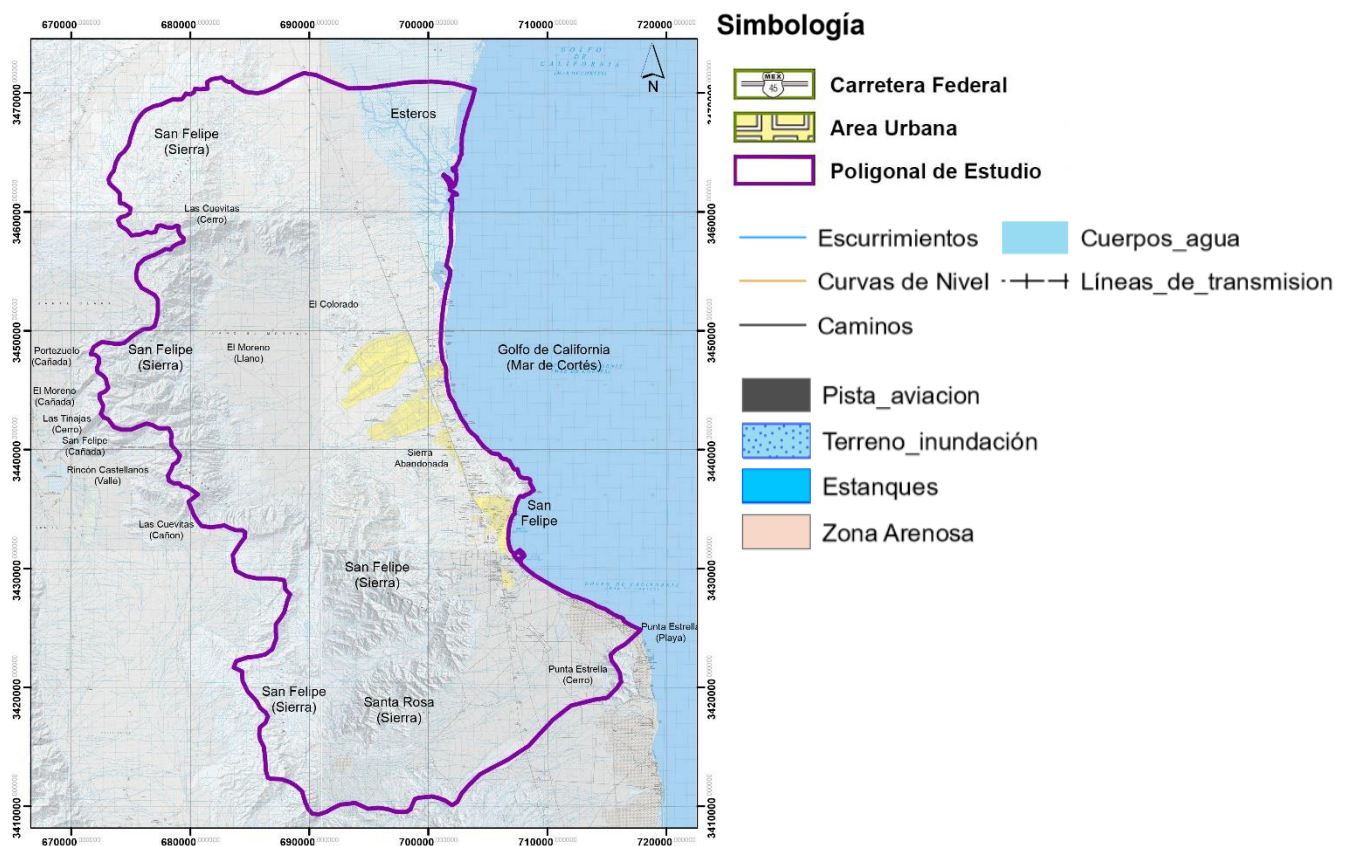
Topografía

En el análisis topográfico aplicado a la poligonal de estudio dio como resultado la Figura 20. Que es un mosaico de las cartas topográficas de INEGI, Teniendo una elevación máxima de 1300 msnm en lo que pertenece a la Sierra de San Felipe, y su elevación mínima es de -70 msnm en el Esteros, al Sur de los esteros, lo que colinda con el Mar de Cortes es playa, posteriormente la Sierra de Kila, y luego la localidad de San Felipe, la cual también es una bahía y esta la playa de San Felipe, luego esta el embarcadero y siguiendo la playa Punta Estrella. De manera general dentro de la poligonal tiene una topografía suave, con elevaciones abruptas que pertenecen a las Sierras y a los cerros.

Al interior del área de estudio se puede observar la carretera Federal No. 5 Mexicali – San Felipe, que es la vía de comunicación de la capital de Baja California, con la playa de San Felipe, los elementos a destacar son en la parte Noreste de la poligonal pegado al mar de Cortés, los esteros, al Nornoroeste está el inicio de la sierra de San Felipe; para llegar a cualquiera de estos dos puntos se atraviesa una zona arenosa. Al Sur de los esteros al Noreste de la poligonal, se encuentran edificaciones de servicios turísticos, sobre todo en la costa junto al mar, donde también se encuentra la infraestructura necesaria para su funcionamiento como lo serían las

instalaciones de comunicación, mientras que al Noroeste podemos apreciar el cerro El Colorado y la sierra de San Felipe, todo rodeado por zona arenosa. Llegando un poco más al centro de la poligonal, hacia el Este, está la localidad de San Felipe, la cual presenta servicios urbanos, como serían las instalaciones de comunicación, el faro, tanques de agua, además de edificaciones como vivienda, servicios turísticos y comerciales. Al Oeste, está la sierra Abandonada, donde en sus faldas y cercano a la sierra de San Felipe ya se encuentra un crecimiento periurbano, con servicios, como el depósito de desecho, además se encuentran minas cercanas a estas sierras, rodeadas por zonas arenosas. Conforme la carretera federal No. 5 sigue atravesando la poligonal, en la zona Sureste siguen existiendo servicios turísticos, cada vez más alejados entre sí, pero cercanos al mar y rodeados de zona arenosa, mientras que al suroeste de la carretera está la pista de aviación. Se encuentra la sierra de Santa Rosa al Sureste de la poligonal, y en la parte Sur se encuentra el cerro Punta Estrella donde sus faldas son el principio del valle de los gigantes.

Figura 20. Mapa Topográfico



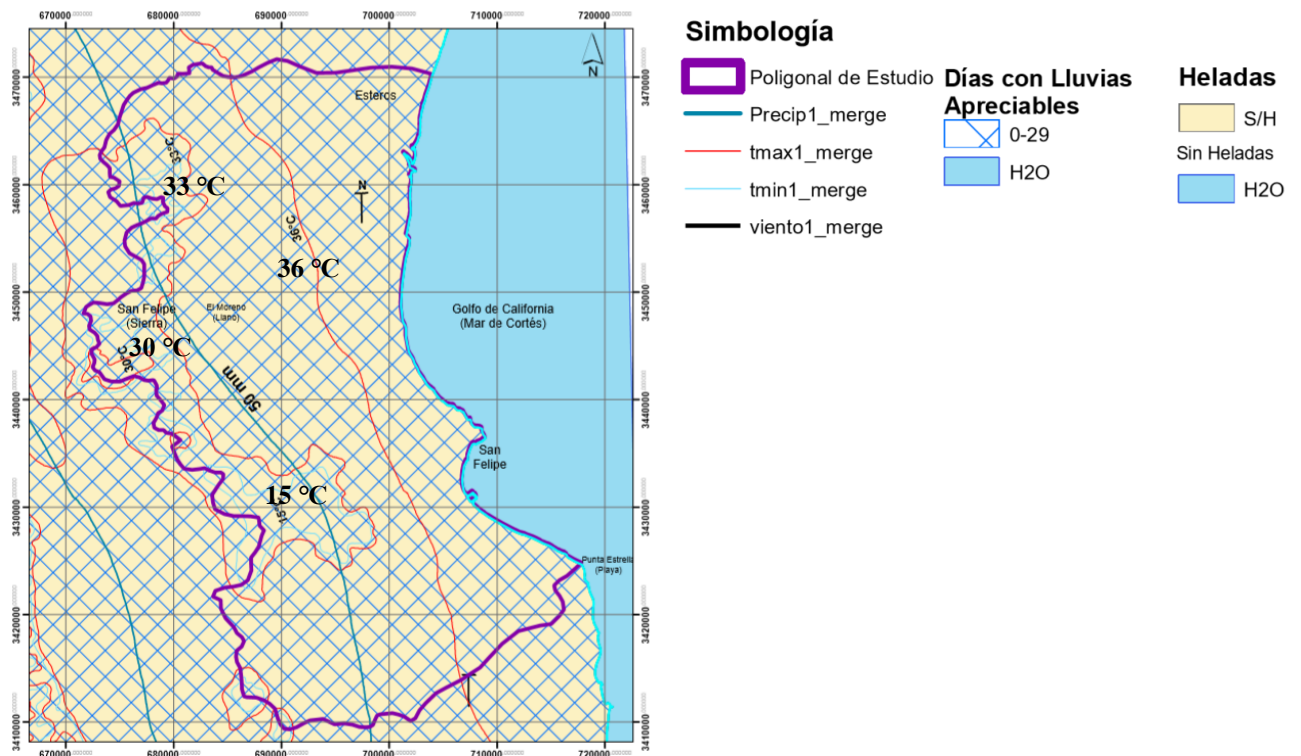
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI

En la Figura 20., se puede distinguir las elevaciones que es donde se encuentran las Sierras, y se forman por la unión de las curvas de nivel, donde las curvas de nivel están mas separadas son los llanos, en amarillo está el área urbana, en azul están los cuerpos de agua y los escurrimientos, la poligonal se resalta con color morado, del lado derecho colinda con el Golfo de California o Mar de Cortés, además de la carretera, localidades e infraestructura existente.

Clima

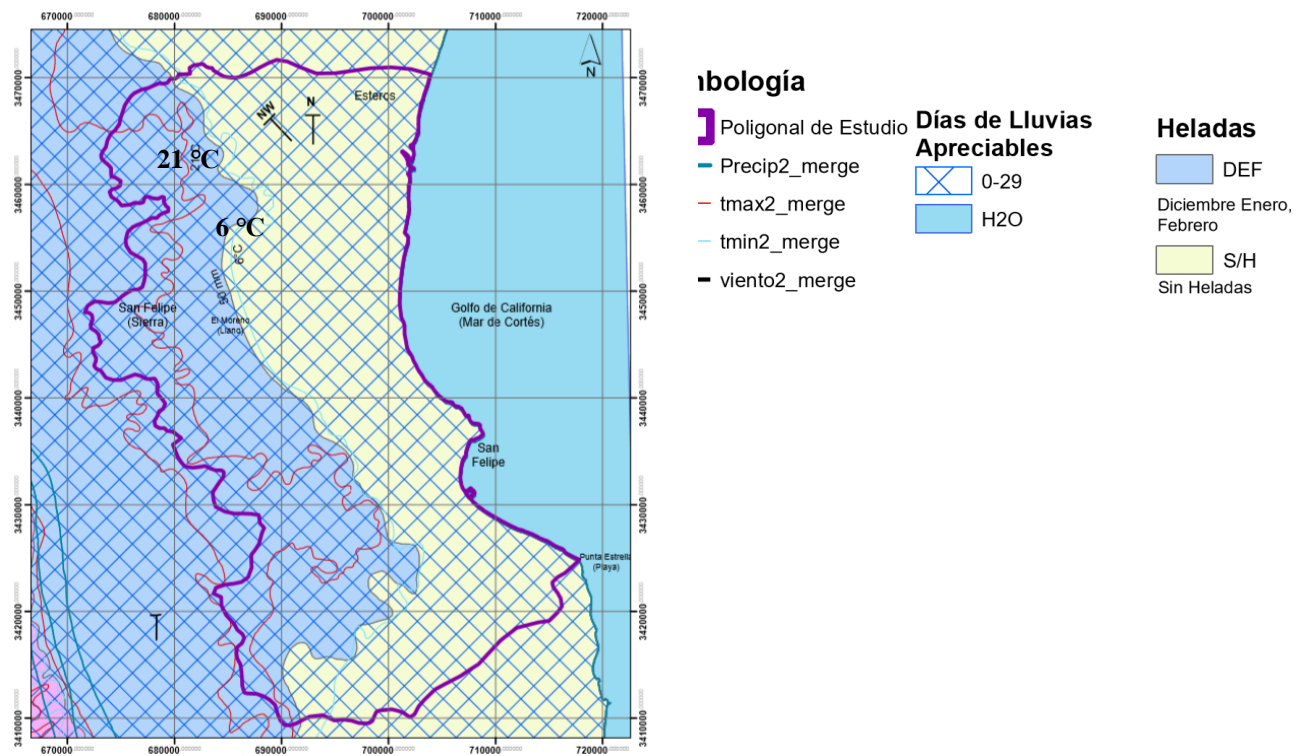
El análisis del clima se realiza en dos periodos, el primero abarca los meses de mayo a octubre (ver figura 21) y el segundo en los meses de noviembre a abril (ver figura 22). Este análisis está basado en la cartografía temática de INEGI (1985a y 1985b)

Figura 21. Mapa de efectos climáticos primer periodo



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1985A)

Figura 22. Mapa de efectos climáticos segundo periodo



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1985B)

La Figura 21 se refiere a la época de verano, la cual presenta mayores temperaturas, representadas por isotermas; por lo tanto se tiene como temperatura máxima al Oeste de la Poligonal en las partes más elevadas de la sierra de San Felipe, una temperatura máxima media de 30°C, y en la parte media de la sierra su temperatura media es de 33°C, mientras que en el desierto se refiere a una temperatura media de 36°C, en cuanto a la temperatura mínima, también está en el lado oeste de la sierra donde solo pasa una isoterma de 15°C la temperatura mínima media en esta época. En cuanto a las isoyetas, representan la precipitación, solo se encuentra una, la cual cruza la poligonal cercana a la sierra de San Felipe donde la precipitación media anual representada es de 50 mm. El viento dominante de esta época del año es hacia el norte. Los días con lluvias apreciables, pueden variar de 0 a 29 días. En esta época no hay presencia de heladas (INEGI, 1985A).

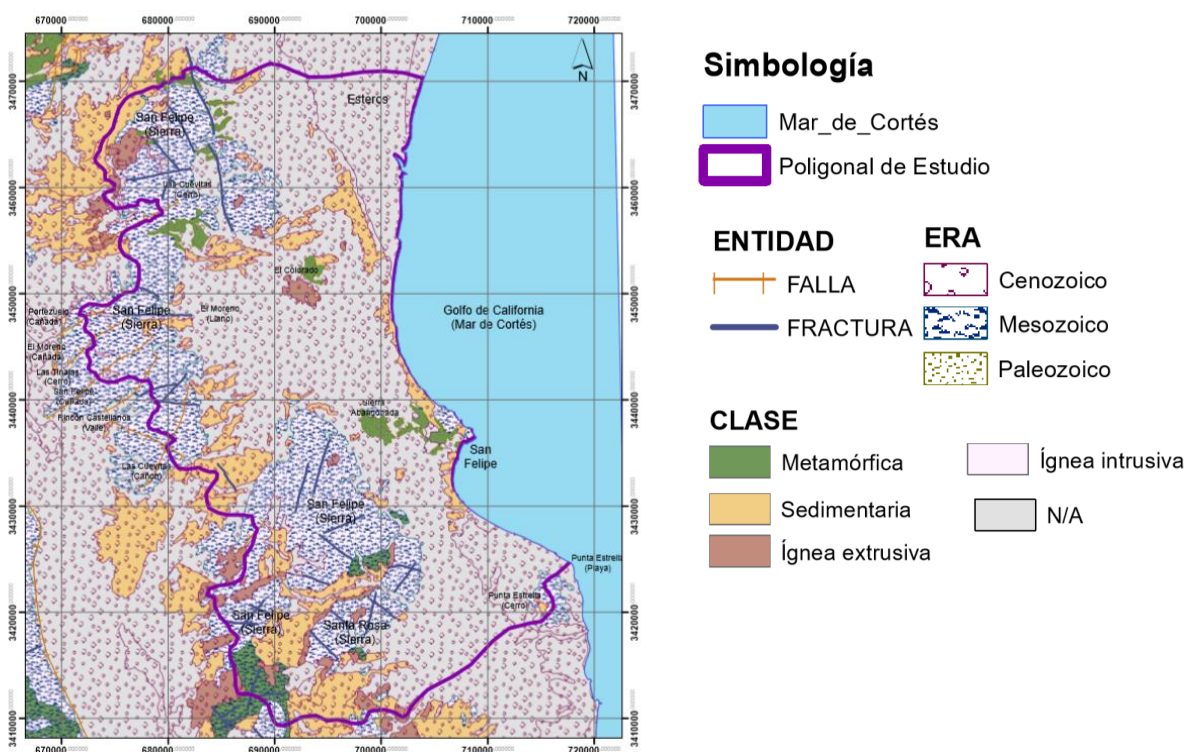
Los efectos climáticos de noviembre a abril, representados en la Figura 22., son los de la época de invierno, donde solo cruzan dos isotermas por la poligonal, al Oeste de la misma, una se refiere a la temperatura media máxima en esta época, la cual es de 21°C, y la temperatura media mínima llega hasta los 6°C. No se manifiesta dentro del área alguna isoyeta. Los vientos dominantes son al Norte y al Noroeste. Los días de lluvias apreciables al igual que en la

cartografía de verano, pueden variar de 0 a 29 días. En esta carta si se diferencian dos grandes zonas de heladas, una hacia el Oeste, por la sierra de San Felipe, donde muestra la presencia de heladas en los meses de diciembre, enero y febrero. En la parte del desierto hacia el Este de la poligonal, se encuentra la localidad de San Felipe, e indica que no hay presencia de heladas (INEGI, 1985B).

Geología

El sistema geológico que se encontró en el área de estudio, está representado en la Figura 23, utilizando como base INEGI (1982), donde se puede apreciar la clase de roca, las eras geológicas y la presencia de fallas y fracturas.

Figura 23. Mapa Geológico



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1982)

En la Figura 23, se distinguen cuatro clases de rocas, la metamórfica, sedimentaria, ígnea extrusiva e ígnea intrusiva, además de las eras en la cuales se conformaron estas clases, y de esta manera apreciar la relevancia histórica del paisaje, siendo estos periodos temporales el Cenozoico, Mesozoico y Paleozoico y por último podemos apreciar la presencia de fallas y

fracturas las cuales tienden a resaltar la parte de la estructura geológica, ya que su ubicación es primordial para así evitar que los asentamientos humanos se ubiquen en lugares de alto riesgo.

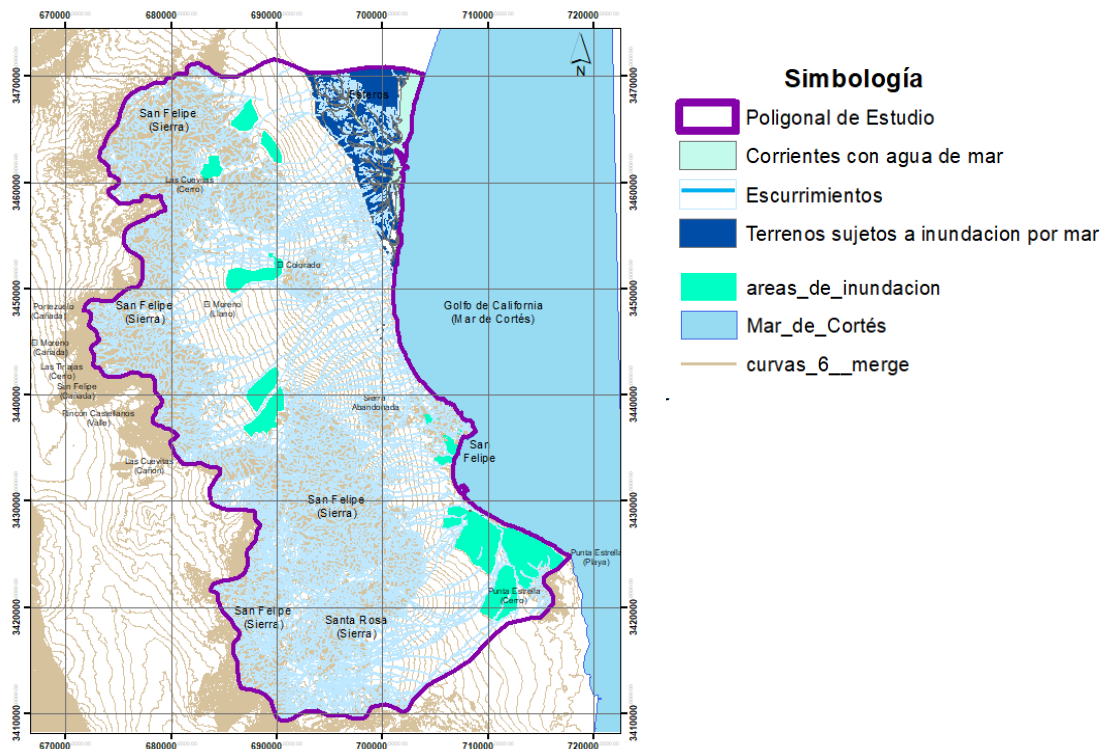
Las rocas metamórficas, son aquellas que modifican su forma, de acuerdo al Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2017a), las rocas sedimentarias, están constituidas donde puede haber consolidación de material orgánico, vegetal y animal, soluciones minerales, fragmentos de roca y productos de reacciones químicas (SGM, 2017b). Las rocas ígneas, son el producto del magma solidificado. Si esta solidificación se lleva a cabo en el centro de la litosfera, es decir en el interior de la corteza terrestre, se considera como roca ígnea intrusiva. Si la solidificación es superficial o con poca profundidad, sería roca ígnea extrusiva (SGM, 2017c).

En cuanto a las eras existentes en el área de estudio, la era Cenozoica, es la más reciente, y abarca principalmente el Sureste y la zona central de la poligonal. La era Mesozoica, es el periodo anterior al cenozoico, el cuál termino hace 251 millones de años y abarca gran parte de la sierra de San Felipe al Oeste de la poligonal, así como la sierra de Santa Rosa y el cerro Punta Estrella localizado al Sur y es donde se encuentra la mayor presencia de fallas y fracturas. La última era es la Paleozoica, es la más antigua que existe en esta poligonal de estudio, ya que termino hace 542 millones de años, principalmente está asociada con la roca metamórfica localizada en la sierra Abandonada el Cerro del Colorado y partes al Noroeste sobre la misma sierra de San Felipe.

Hidrología

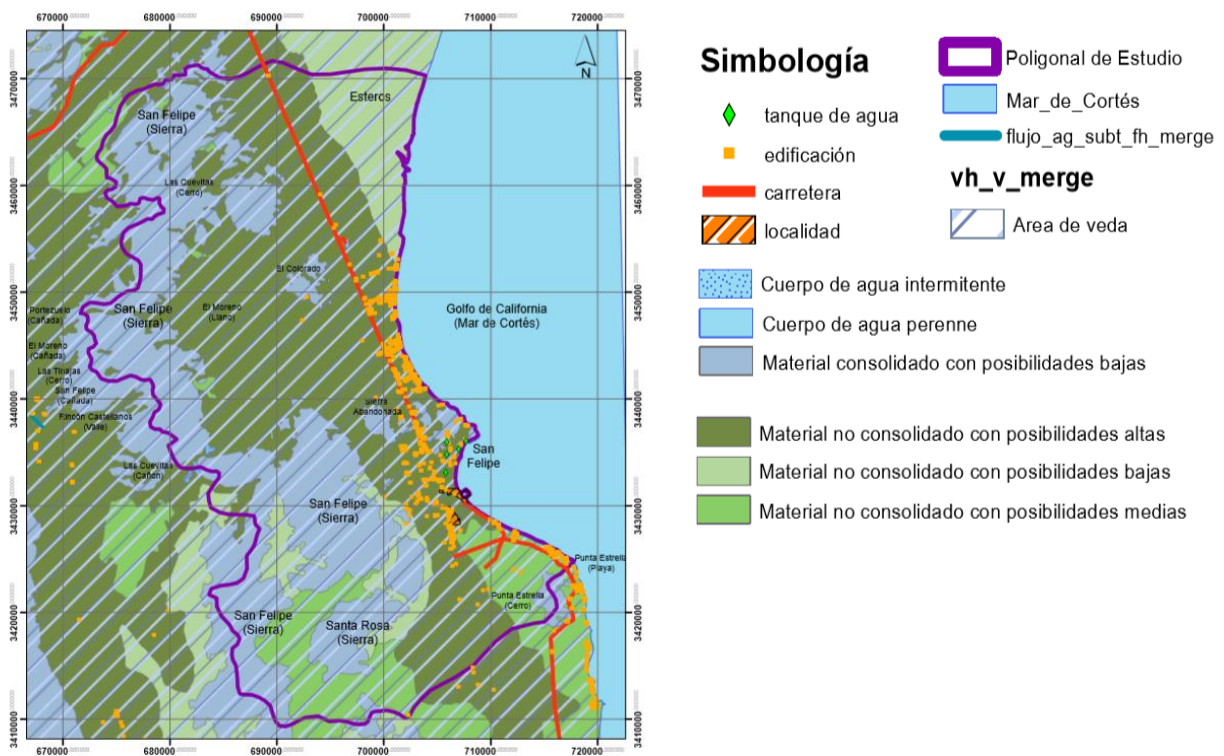
La Hidrología se divide en superficial (ver Figura 24) y subterránea (ver Figura 25). Donde la Hidrología Superficial, se refiere a los escurrimientos que comienzan en la sierra o en la punta de los cerros y desembocan en las playas que colindan con el mar de Cortes y en los esteros (INEGI, 2013 – 2018). Por otra parte, la Hidrología Subterránea indica la consolidación del material subterráneo y la capacidad de extracción del agua subterránea INEGI (1981).

Figura 24. Mapa de Hidrología Superficial.



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2013-2018)

Figura 25. Mapa de Hidrología Subterránea.



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1981)

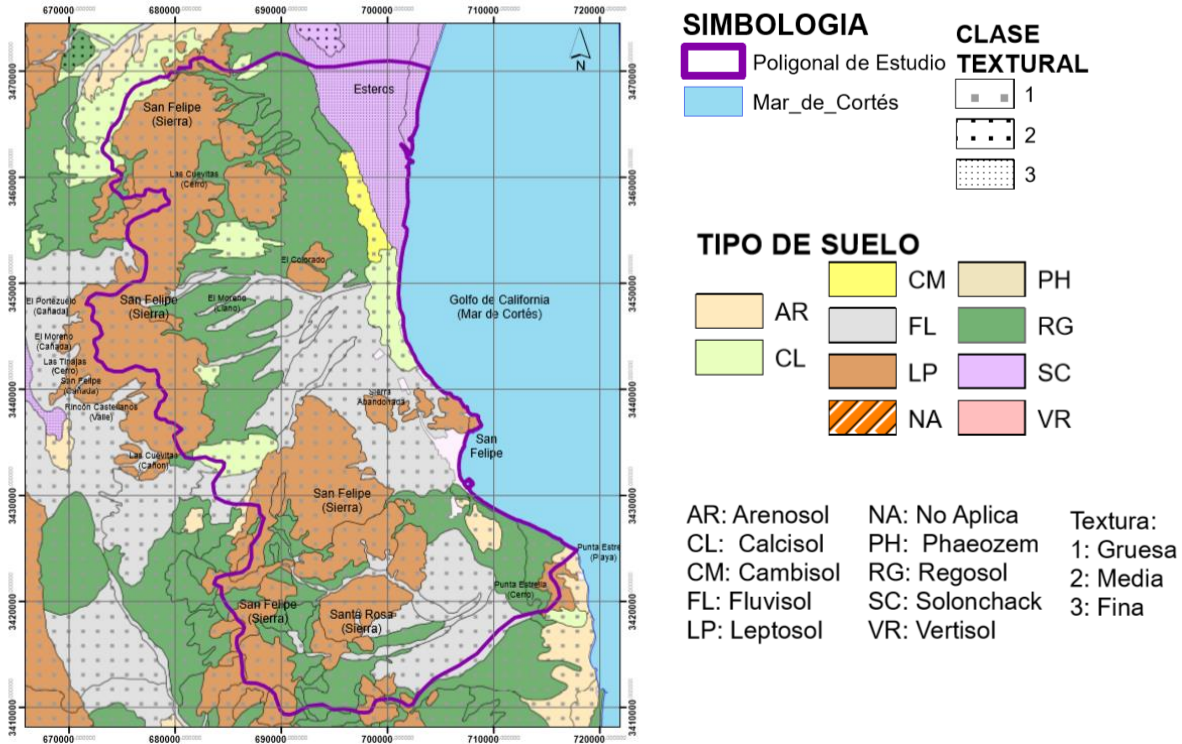
En la Hidrología subterránea (Figura 25) en la parte correspondiente a los esteros, se encuentra material no consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua, por la misma introducción de corrientes de agua marina y por la estructura del suelo donde el territorio tiene grandes concentraciones de sales y no es fácil la extracción del agua potable. En la parte de las sierras y de los cerros, se encuentran formados por material consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea. En las zonas arenosas pertenecientes al desierto de San Felipe, abarcan del Norte a Sur el área de estudio se encuentra material no consolidado con posibilidades altas de extracción de agua subterránea. En la parte Suroeste de la poligonal entre la sierra de San Felipe y la sierra de Santa Rosa, se puede encontrar tanto material no consolidado con posibilidades bajas, como material no consolidado como posibilidades medias de extracción de agua subterránea.

Toda el área de estudio de acuerdo a INEGI (1981) es considerada área de veda, no obstante, esto no es un impedimento para la explotación y la extracción de agua subterránea, como menciona el PDUCP (2013) donde al parecer ya cambio a un tipo de veda flexible, sobre todo en la parte del desierto que abarca desde el Sur de la localidad de San Felipe hasta el cerro Punta Estrella, donde se puede apreciar un material consolidado con posibilidades medias de extracción de agua subterránea, con un gasto promedio de extracción de 1.80 Mm³.

Edafología

En la edafología se aprecia el tipo de suelo existente en la poligonal de estudio, los cuales son arenosol (AR), calcisol (CL), cambisol (CM), fluvisol (FL), leptosol (LP), phaeozem (PH), regosol (RG), solonchack (SC) y vertisol (VR); además de la clase textural que varía desde muy fina (3), media (2) y gruesa (1). Esto se puede apreciar en la Figura 26.

Figura 26. Mapa Edafológico.



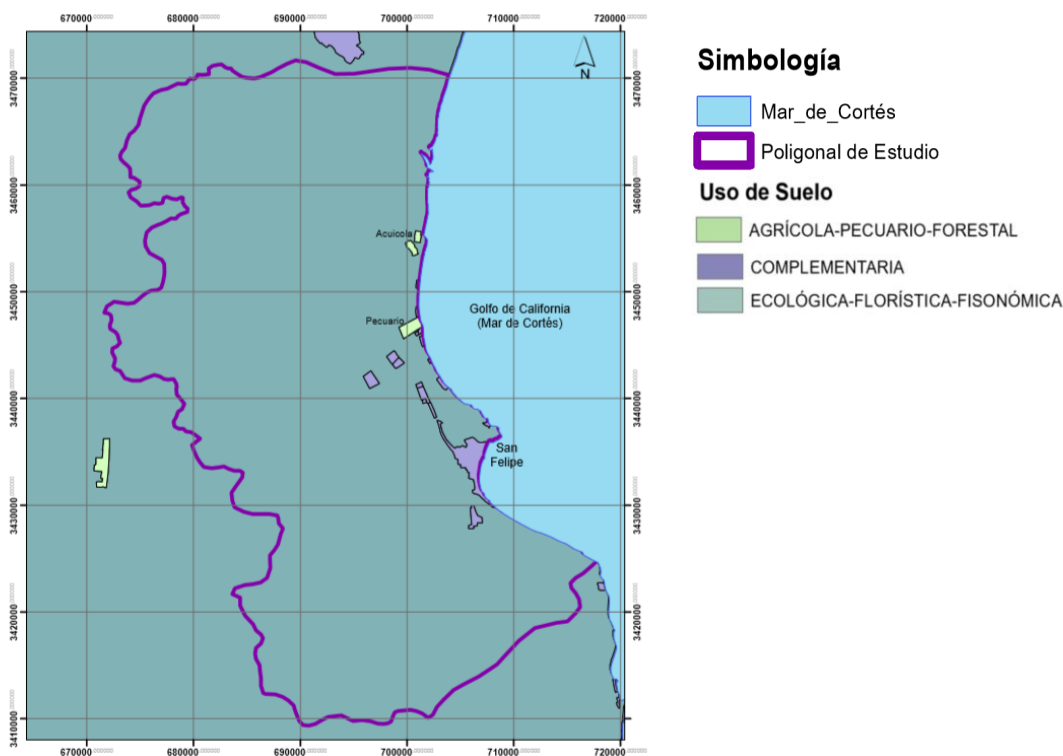
Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1998)

En la Figura 26, se pueden apreciar los suelos dominantes en el área de estudio, como: Arenosol, existente en pequeñas cantidades al Suroeste y Sureste, este suelo es derivado de los sedimentos o arenas y conformando las dunas o playas; Calcisol. Presente en la costa y junto a la sierra, este suelo presenta sustancia calcárea o capa cementada de 10 cm de grosor; Cambisol. Presente junto a los esteros, en el cual se diferencian sus horizontes por cambios de estructura, color y cantidad de arcilla; Fluvisol. Presente en la parte centro y Sur de la poligonal, es un suelo de arrastre poco desarrollado, relacionado con depósitos aluviales, lacustres o marinos; Leptosol. Es de los más abundantes en esta poligonal, localizado principalmente en las sierras, es un suelo superficial, con la roca aparente y con textura gruesa; Regosol. También es uno de los suelos más abundantes en esta área de estudio, siendo localizado desde el Norte hasta el Sur, siendo un suelo joven, poco desarrollado, similar al material que le dio origen y por último el Solonchak. Ubicado en los esteros, es un suelo con alta concentración de sal, representante de zonas húmedas; los esteros presentan una clase textural muy fina, de ahí en fuera los demás suelos existentes tienen una clase textural gruesa. (INEGI, 2014)

Uso de Suelo

Los Usos de Suelo están relacionados a la actividad realizada en el sitio, y de acuerdo a INEGI (s.f.b) se dividen en: 1. Agrícola Pecuario y Forestal, 2. Ecológico, Florístico y Fisionómico y por último el 3. Uso complementario; el primero se refiere al uso de terrenos con fines económicos, los cuales han desalojado a las especies vegetales originales; el segundo expresa que el uso de suelo es ocupado por las comunidades vegetales, estas pueden ser naturales o introducidas y el tercero es el uso que complementa a las actividades antropogénicas como podría ser el uso urbano. Estos tres usos se pueden apreciar en la Figura 27 Mapa de Uso de Suelo.

Figura 27. Plano de Uso de Suelo.

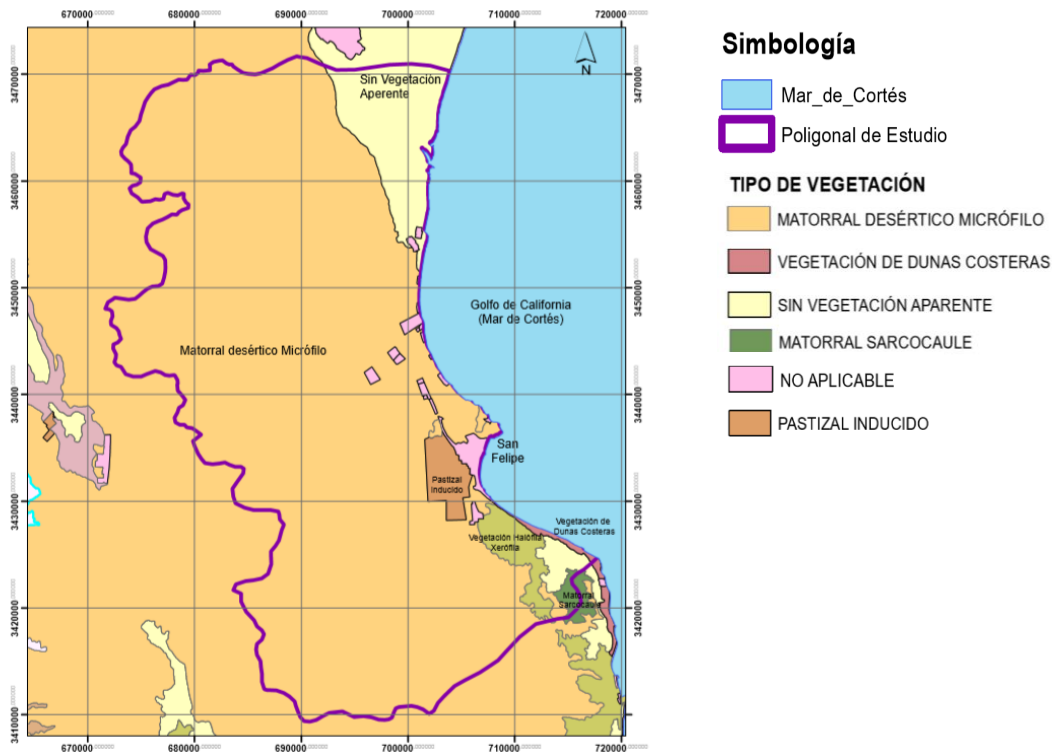


Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

Vegetación

Son las comunidades vegetales existentes, apreciadas en la Figura 28. Estas son Matorral desértico micrófilo, vegetación de dunas costeras, matorral sarcocaulé, vegetación halófila xerófila, una zona que no tiene vegetación aparente, son los esteros. El matorral desértico micrófilo también se subdivide en matorral inerme y subinerme (ver Figura 29).

Figura 28. Mapa de Vegetación



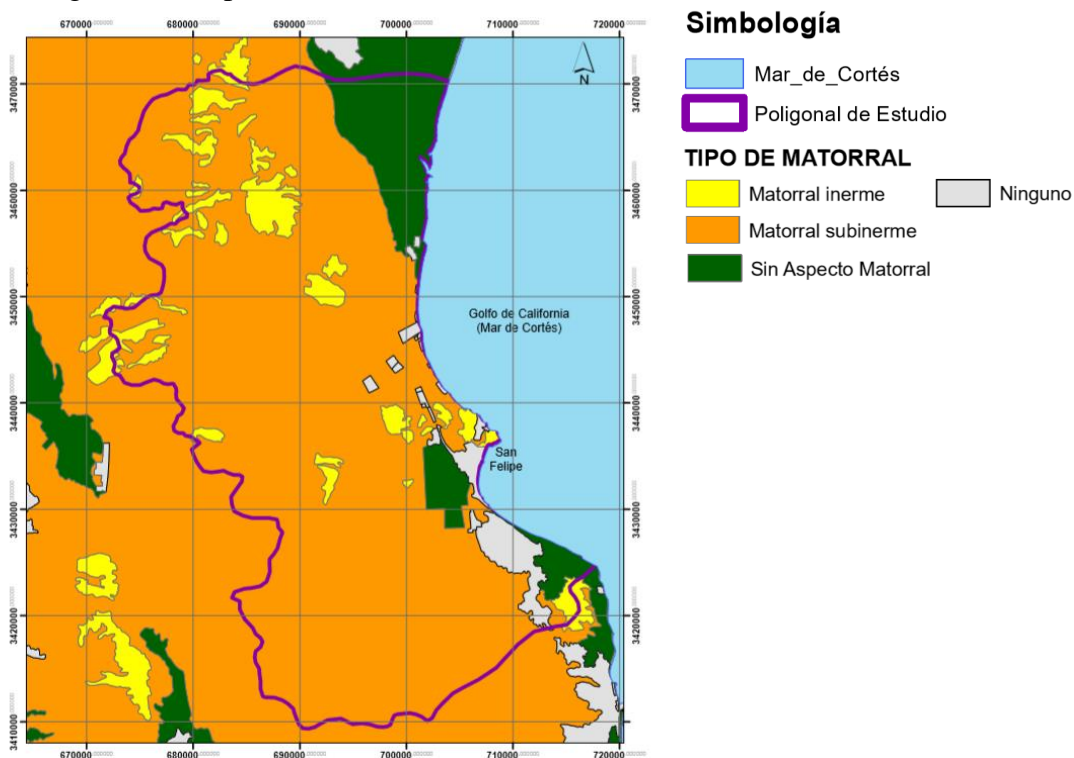
Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

En la Figura 28, Se encuentra el Matorral desértico micrófilo, 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*. La siguiente comunidad es la vegetación de dunas costeras, las cuales están al suroeste 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, y gracias a ellas se evita el arrastre de la arena por viento y oleaje. La siguiente asociación vegetal mencionada es el Matorral sarcocaulé, que se encuentra en el cerro de Punta Estrella y es la vegetación característica del Valle de los Gigantes, este tipo de comunidad vegetal se puede identificar por la presencia de arbustos carnosos con tallos gruesos desarrollados sobre suelos rocosos y someros, tiene como especies representativas a los cardones *Pachycereus pringlei* y las sahuaros. 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 desarrollada en suelos ricos en sales, son especies de baja altura, provenientes de regiones áridas y semiáridas, caracterizadas por pastos rizomatosos y tallos rígidos. Además de las comunidades vegetales descritas, también se encuentran aquellas modificadas por la actividad del hombre como es el caso del pastizal

inducido donde se eliminó la vegetación original y aquellas zonas sin vegetación aparente, los esteros.

La mayor parte del área de estudio está compuesta por matorral desértico microfilo, (ver Figura 29) el cual se divide en matorral inerme donde predominan los arbustos espinosos y se encuentran en el cerro El Colorado, la sierra Abandonada, además de unos pequeños manchones al Suroeste y al Oeste de la sierra de San Felipe, por otra parte, presenta matorral subinerme donde predominan las especies no espinosas y ocupa la mayor parte de la poligonal.

Figura 29. Mapa de Matorrales.

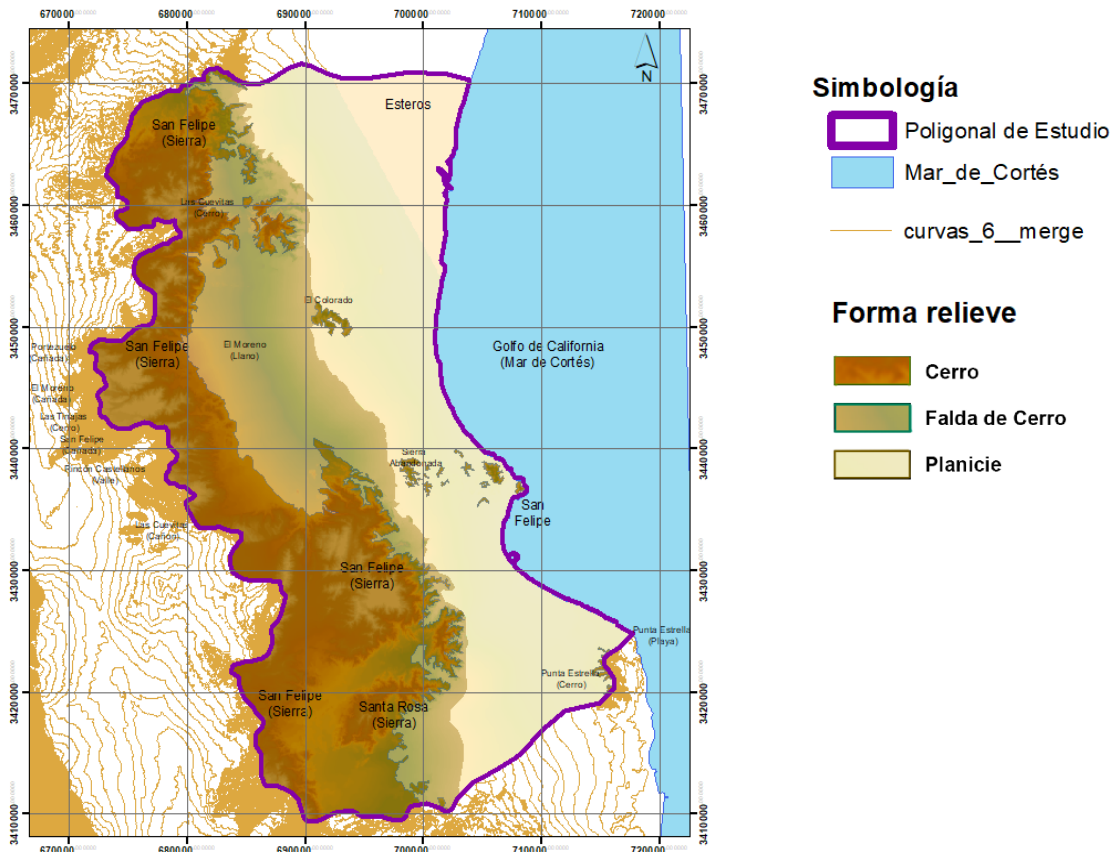


Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

Formas de relieve

Las Formas de relieve aparecen en la Figura 30, las cuales se dividieron en tres principales los cerros, las faldas de los cerros y las planicies.

Figura 30. Mapa de Formas de Relieve



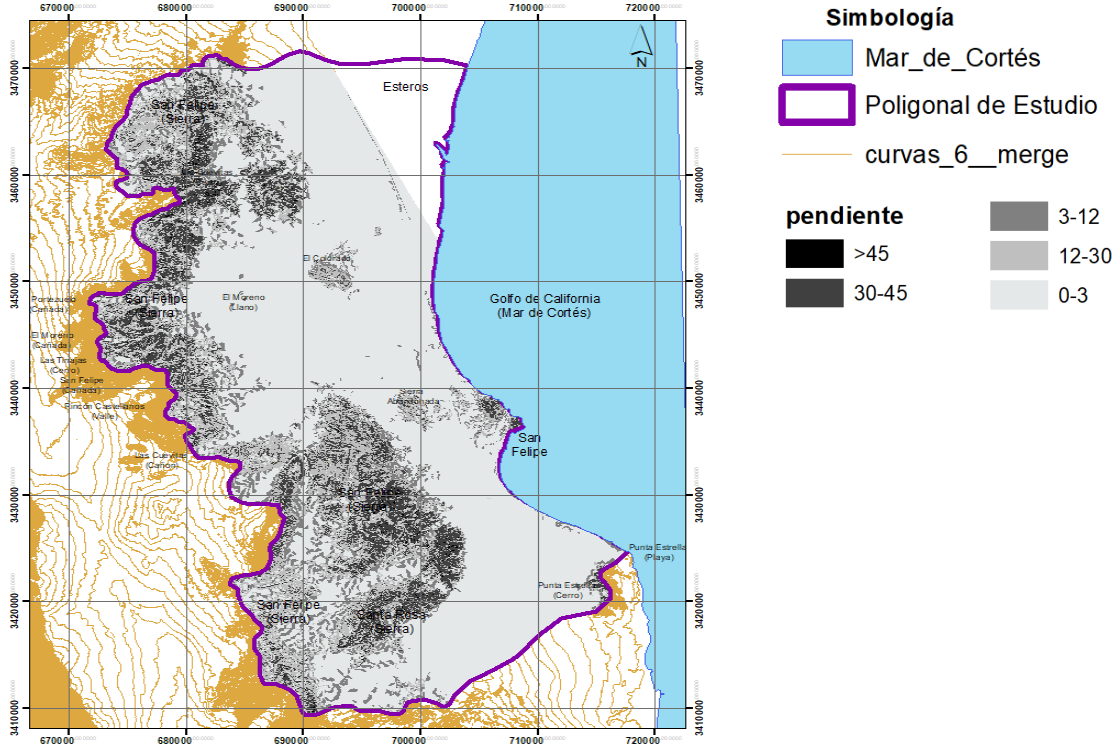
Fuente: Elaboración propia con base En ArcMap 10.5 (ESRI, 1999)

En la Figura 30. Se puede apreciar que los cerros abarcan a las sierras de San Felipe y de Santa Rosa ubicadas al lado Oeste de la poligonal, también como elevaciones se encuentran el cerro El Colorado, la sierra La Abandonada, que está cerca de la localidad de San Felipe y el cerro Punta Estrella, mientras que las faldas de los cerros están alrededor de los mismos, y las zonas de planicie son las áreas subsecuentes a las faldas de los cerros y colindan con el mar de Cortés.

Pendientes

Las pendientes están representadas en la Figura 31. Las cuales se dividen en 5 rangos. De 0 ° a 3 °, 3 ° a 12 °, 12 ° a 30 °, 30 ° a 45 ° y mayor a 45 °

Figura 31. Mapa de Pendientes



Fuente: Elaboración propia con base en ArcMap 10.5 (ESRI, 1999)

En la Figura 31, se puede apreciar que la mayor parte de la poligonal es considerada como planicie, por tener una pendiente de 0 a 3 ° donde se ubica la zona arenosa, de la era Cenozoica y en mayor medida el material no consolidado con posibilidades altas de extracción de agua subterránea, también es donde se encuentran la mayoría de las aéreas propensas a inundación por la caída de los escurrimientos provenientes de las sierras y los cerros, predominando el suelo regosol y fluvisol, teniendo un uso Ecológico- Florístico – Fisionómico, donde está la vegetación de matorral desértico micrófilo. Mientras que las pendientes desde 12 a 30 °, hasta los 45°, se dan en la parte de la sierra de San Felipe, sierra de Santa Rosa, cerro El Colorado, la sierra la Abandonada y el cerro Punta Estrella.

Usos y Funciones

En este apartado se observan los resultados obtenidos del análisis de Idoneidad Intrínseca El análisis de idoneidad intrínseca (McHarg, 2000), que de acuerdo con Herrington (2010), es el método de la sobreposición de mapas, donde cada mapa es una capa o “*layer*” que se superpone entre sí, y se le asigna un valor a cada factor del medio biofísico, de acuerdo a los criterios de orden, donde se identifican los factores más relevantes para el uso de suelo buscado: la conservación y la vulnerabilidad ambiental del área de estudio (Posada, Arias-Vallejo y Olivares, 2023).

Aptitud de conservación

Para realizar la aptitud de conservación, se determinaron que los temas compatibles para este uso son: formas de relieve, vegetación, uso de suelo, geología, edafología, hidrología y clima, cada uno de los temas fue calificado, aplicando la metodología del AII, donde el número 5 es el más compatible para conservarse y el 1, es el menos compatible (Ver tabla 13). Una vez teniendo esta información se procede a realizar la sobreposición ponderada y así obtener el mapa resumen de conservación, ver Figura 32.

Tabla 13. 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, y la planicie es menos propicia.	Cerro Falda del Cerro Planicie	5 4 3
10	Vegetación tipo; a mayor particularidad del tipo de asociación vegetal, más propensa a conservación.	Matorral sacrocaule Vegetación de dunas Matorral desértico microfilo Área sin vegetación (esteros) Pastizal Inducido	5 5 4 3 2
10	Vegetación tipo matorral; a mayor particularidad del tipo de	Matorral inerme Matorral subinerme	5 4

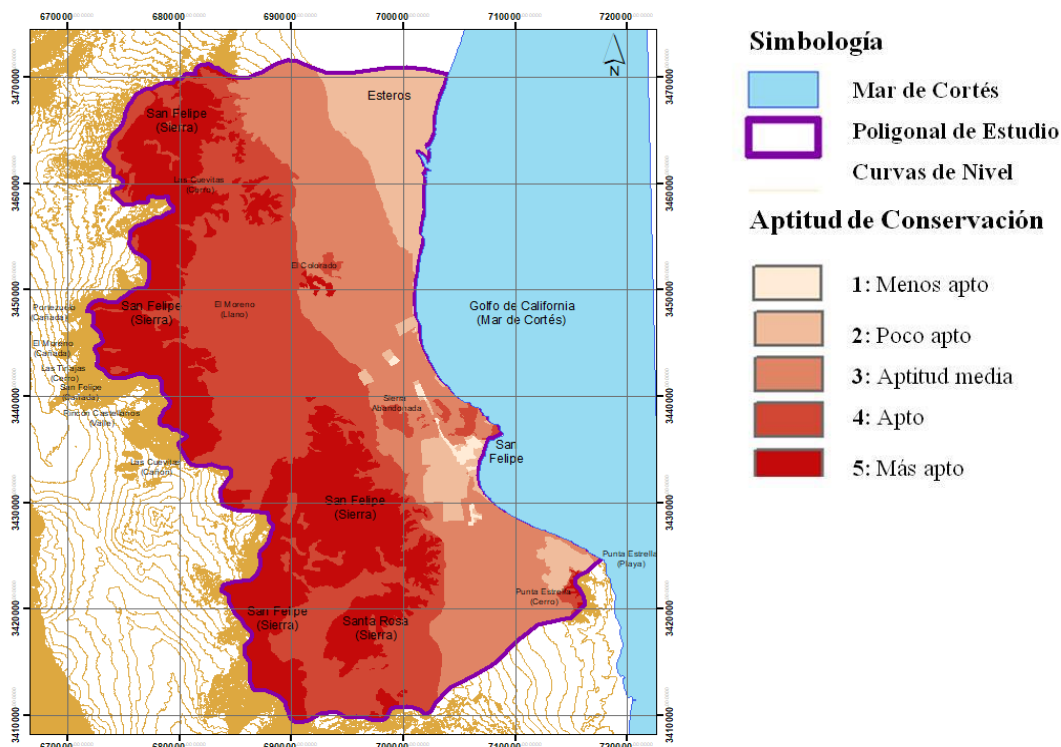
	matorral, más propensa a conservación.		
15	Uso de suelo; dependiendo del uso actual, se puede determinar el estado de conservación del área.	Ecológico florístico y Fisionómico Agrícola Complementario	5 3 1
7	Geología clase; a mayor particularidad del tipo de roca, más propicia a conservarse.	Metamórfica Sedimentaria Ígnea Extrusiva Ígnea Intrusiva No Aplica	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, regosol y solonchack, Phaeozem, arenosol, calicisol, cambisol y fluvisol,	5 4
6	Edafología textura; a mayor finesa de la textura más propicia a conservarse.	Textura media Textura Fina Grueso	5 4 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 Material no consolidado con posibilidades bajas Material No consolidado con posibilidades medias Material no consolidado con posibilidades altas	5 4 3 2
4	Clima; a presencia de heladas, más propicio a conservarse.	Heladas en diciembre, enero y febrero Sin heladas	4 3

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13. 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, 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 Figura 32). Habiendo valorado cada uno de los elementos de las diferentes unidades para la aptitud de conservación, se procedió a realizar una sobreposición ponderada.

Figura 32. Mapa de aptitud de conservación



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI

En la Figura 32 el tono más oscuro están aquellos factores de mayor compatibilidad con la conservación del territorio de San Felipe B.C y los más claros son aquellos menos aptos para conservarse; En el análisis de la aptitud de conservación se obtuvieron cinco zonas (ver Figura 3), donde las áreas con mayor aptitud para conservación se encuentran en la sierra, Zona 5, 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 representado por la roca aparente

y es de textura gruesa, donde no se puede extraer agua, teniendo un uso de suelo natural (Ecológico- Florístico-Fisionómico) con la vegetación predominante 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 conservar las sierras en mayor medida.

La zona 4, también es relevante para poder conservarse por sus elementos y la interacción entre ellos; dentro de esta zona se encuentra en la sierra y en la falda de la sierra, también ocupa la parte de la sierra Abandonada, el cerro El Colorado y el 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 buscar 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 están las zonas arenosas que rodean los asentamientos urbanos; sin embargo, dentro de esta zona existen puntos naturales vitales para su conservación como es el caso de la vegetación halófila xerófila, el matorral sarcocaula 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) aun 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, 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 (INEGI, 2008), por lo tanto, los elementos que la componen no son los más relevantes para su conservación, sin embargo, tampoco permite el crecimiento de la mancha urbana 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 (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.

Aptitud de Vulnerabilidad

Para obtener la aptitud de vulnerabilidad se utiliza el Análisis de Idoneidad Intrínseca, 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, no representan un riesgo ambiental (Ver Tabla 14).

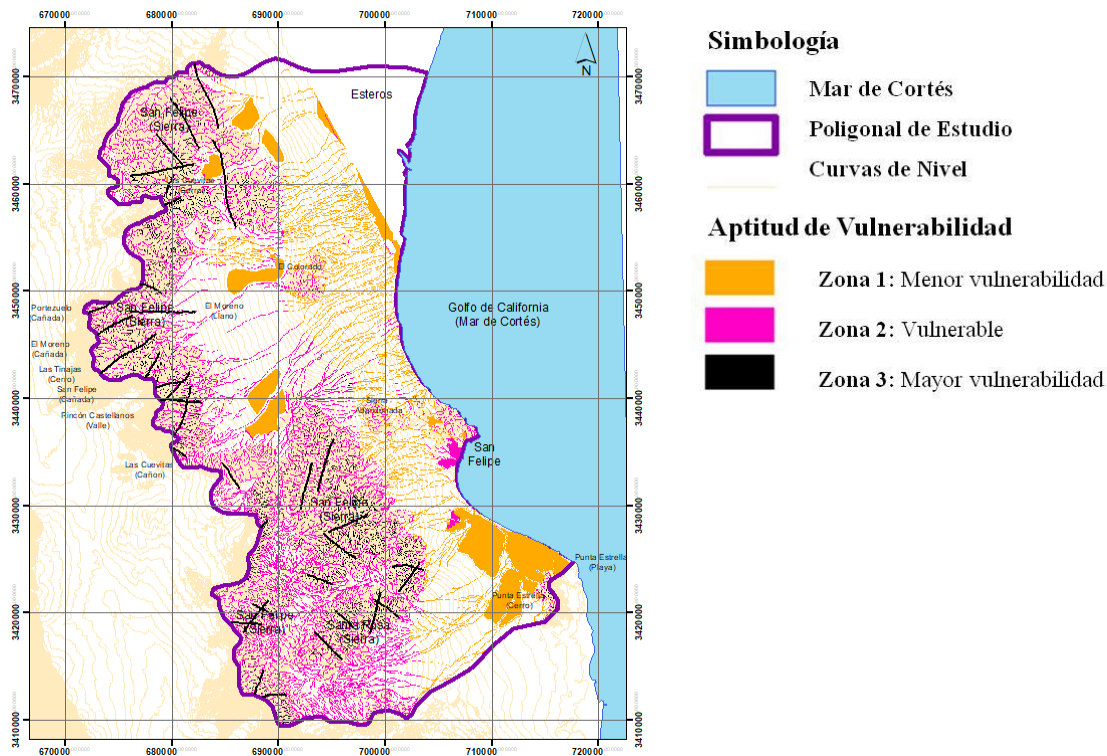
Tabla 14. Calificación por unidad ambiental, para aptitud de vulnerabilidad

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 Agrícola pecuaria forestal Ecológica, Florística, fisionómica	5 3 1
20	Hidrología superficial; expresa sí existe un uso urbano en zonas de	terreno sujeto a inundación	5

	inundación o escurrimientos, debido a que estas se vuelven zonas más propensas a sufrir un riesgo ambiental	Corrientes de agua de mar Escurrecimientos Áreas propensas a inundación	5 4 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.	Planicie Falda de Cerro Cerro	1 3 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 30 - 45 12 - 30 3 - 12 0 - 3	5 4 3 2 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 Fluvisol Arenosol, calcisol Cambisol	5 4 3
6	Geología; se encuentra en penúltimo lugar porque la presencia de fallas y fracturas se encuentran alejadas de los asentamientos humanos.	Fracturas Fallas	4 5
4	Hidrología Subterránea; a menor estabilidad estructural, mayor riesgo de colapso.	Material no consolidado con posibilidades bajas Material No consolidado con posibilidades medias Material no consolidado con posibilidades altas Material consolidado con posibilidades medias Material consolidado con posibilidades bajas	5 4 4 2 1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Mapa de aptitud de vulnerabilidad.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI

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 Figura 33), 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 otorgado 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) volviéndola susceptible a deslaves e inundaciones, así como, 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 actual, 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, sí se colocan asentamientos y se cambia la cobertura del suelo por material rígido, esta zona también podría ser propensa a inundaciones.

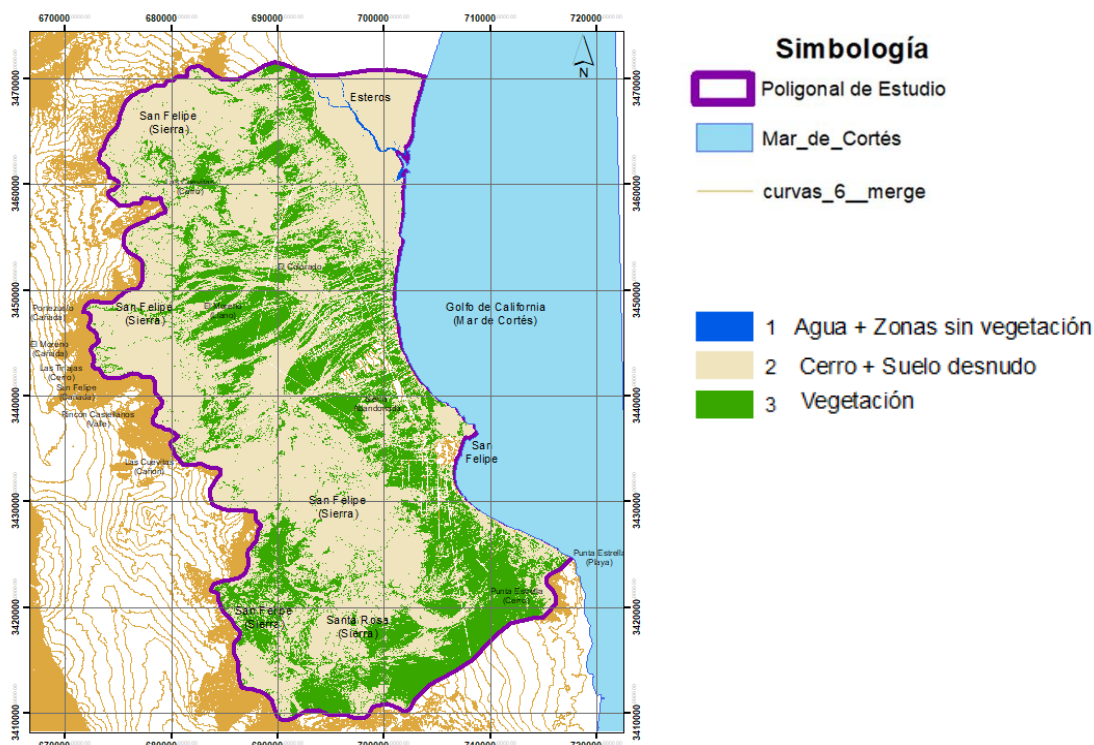
Al aplicar los principios de la EP en San Felipe B.C. México y buscar la función dentro del mismo paisaje, se localizaron las zonas propensas a conservarse y las zonas más vulnerables ambientalmente, todo al entender la vocación del mismo territorio y respetar su estructura.

Relación

Mapa Resumen

En este apartado se busca determinar la integración y fragmentación del paisaje por medio del análisis de la vegetación, buscando si existe una unidad en el área de estudio o si esta se encuentra segregada o dispersa, esto gracias al NDV, la Clasificación supervisada 2019 y la existencia de las comunidades vegetales representadas en INEGI, por lo cual se elaboró el mapa resumen de vegetación (ver Figura 34)

Figura 34. Mapa resumen de Vegetación



Para realizar la Figura 34, se utilizaron los *rasters* obtenidos tanto en la clasificación supervisada como en el NDVI, donde en el porcentaje de influencia se colocó 50 para cada uno, utilizando el proceso de *Weighted Overlay*, dando como resultado final la ubicación de las áreas de vegetación, donde se puede apreciar la poca fragmentación dentro de las comunidades vegetales existentes, tomando en cuenta que es un ecosistema desértico donde existe poca densidad vegetal, sin embargo es vegetación muy rica y resistente.

Integración

En este apartado, se obtuvo un diagnóstico de cómo ha actuado la cobertura de suelos en un periodo de 30 años, analizando cuatro décadas 1990, 2000, 2010 y 2020, por medio de la clasificación supervisada; al mismo tiempo se observó, si ha existido o no una tendencia donde los fenómenos demográficos incidan en este cambio de cobertura, esto se obtuvo por medio de un análisis estadístico exploratorio para tener como resultado el pronóstico, utilizando un análisis de tendencias, obteniendo cómo va actuar cada cobertura para la siguiente década, 2030.

Los resultados obtenidos en este apartado, empezando por la clasificación supervisada, continuando con el análisis estadístico exploratorio y finalizando con el análisis de tendencia, son los siguientes:

Clasificación Supervisada

La Cobertura de Suelos se realizó por año:1990, 2000, 2010 y 2020, se obtuvo en dos apartados, área sin vegetación y área con vegetación; el área sin vegetación, incluye: caminos y carreteras, área urbana, cerros y esteros, mientras que el área con vegetación se refiere a las comunidades vegetales existentes dentro de la poligonal, estas comunidades son, matorral desértico microfilo, Dunas Costeras, Vegetación halófito xerófila y Matorral sarcocaulo; donde el matorral desértico se dividió en denso y poco denso, de acuerdo a lo que se podía apreciar en cada una de las imágenes, los resultados obtenidos por año son los siguientes.

1990

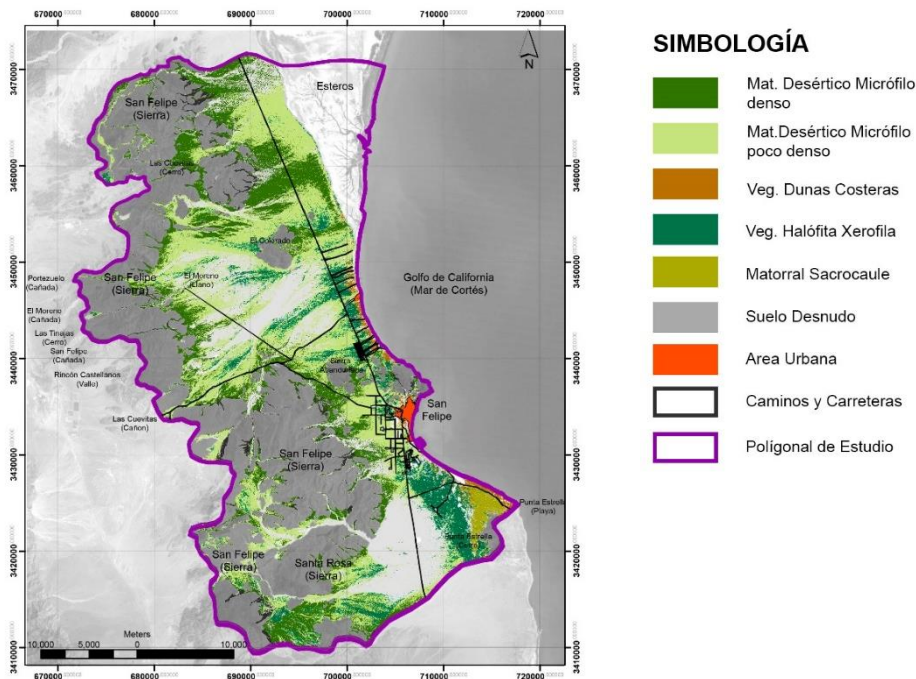
Los resultados de 1990 están expresados en la Tabla 12 y en la Figura 35, donde el área sin vegetación tiene las siguientes superficies: caminos y carreteras con un área de 11.99 km², ocupando el 0.76% del total de la poligonal de estudio; área urbana con una superficie de 4.17 km², significando el 0.26% del total de la poligonal; los Cerros tienen una superficie de 568.31 km², representando el 35.93% del área total y los Esteros tienen un área de 103.47 km², siendo el 6.54% del total del área, tanto los cerros como los esteros representan una superficie constante en las cuatro fechas analizadas. Debido a que no hubo cambios significativos en estas fechas. En cuanto a las zonas de vegetación en 1990 se tiene al matorral desértico micrófilo con un área de 572.91 km², ocupando el 36.22% del total del área de estudio, las dunas costeras tienen una superficie de 10.72 km² representando el 0.68% de la poligonal, la vegetación halófila xerófila tiene un área de 65.03 km², significando el 4.11% del área total, y por último, está el matorral sacrocaule con 13.03 km², abarcando el .82 % del total del área de estudio. Donde podemos observar al matorral desértico como la comunidad vegetal que ocupa una mayor superficie y la que menos superficie utiliza es la vegetación de dunas costeras.

Tabla 15. Clasificación supervisada 1990

1990			
Area sin10 Vegetación	Area (km ²)	Vegetación	Area (km ²)
Caminos y carreteras (cc)	11.99	Matorral Desértico Denso (mdd)	189.47
% de la poligonal	0.76	% de la poligonal	11.98
Area Urbana (au)	4.17	Matorral desertico poco denso (mdpd)	383.44
% de la poligonal	0.26	% de la poligonal	24.24
Cerros (C)	568.31	Matorral Desertico Total (mdt)	572.91
% de la poligonal	35.93	% de la poligonal	36.22
Sin Vegetacion Aparente (Esteros)	103.47	Dunas Costeras	10.72
		(vdc)	
% de la poligonal	6.54	% de la poligonal	0.68
		Veg Halófila Xerofila (vhx)	65.03
		% de la poligonal	4.11
		Matorral Sacrocaule (ms)	13.03
		% de la poligonal	0.82

Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 35. Clasificación supervisada 1990



Fuente: Elaboración propia (2023)

En la Figura 35 están representados por colores las áreas de cada cobertura, expresadas en la Tabla 15, se puede apreciar que el matorral desértico microfilo es la comunidad vegetal con más área abarcada. Lo mismo se repite en los siguientes años, teniendo un cambio lento, sin embargo, existe una modificación en cada una de las áreas de las coberturas de cada año.

2000

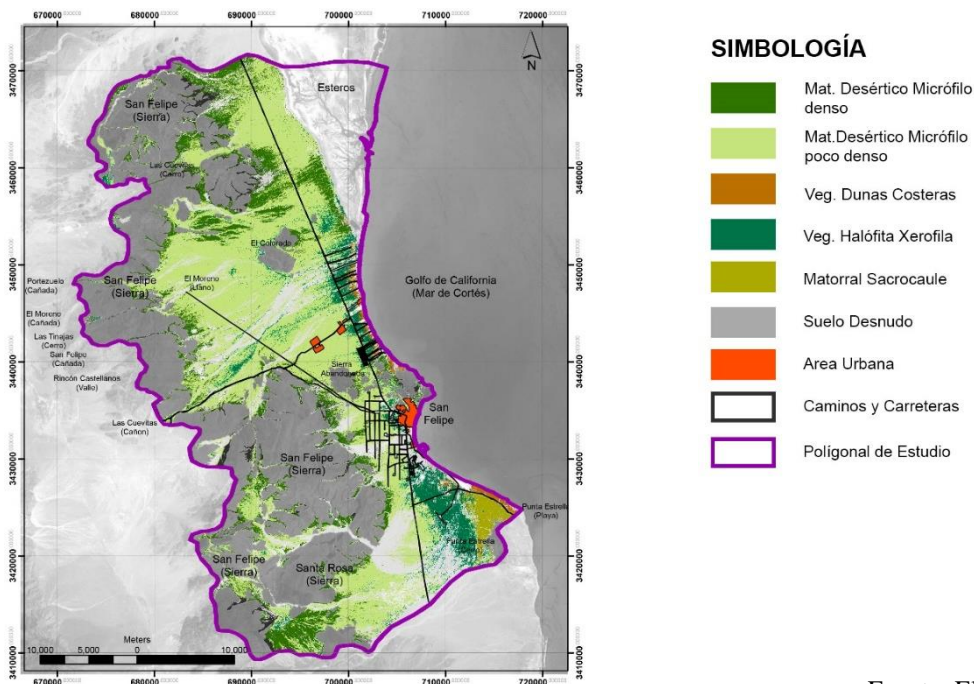
Los resultados del año 2000 están expresados en la Tabla 16 y en la Figura 36, donde el área sin vegetación tiene las siguientes superficies: caminos y carreteras con un área de 15.58 km², ocupando el 0.99% del total de la poligonal de estudio; área urbana con una superficie de 7.74 km², significando el 0.49% del total de la poligonal. Los cerros y los esteros representan una superficie constante en las cuatro fechas analizadas. En cuanto a las zonas de vegetación en 2000 se tiene que el matorral desértico micrófilo tiene un área de 560.13, ocupando el 35.41% del total del área de estudio, las dunas costeras tienen una superficie de 8.95 km² representando el 0.57% de la poligonal, la vegetación halófito xerófila tiene un área de 60.26 km², significando el 3.81% del área total, y por último, está el matorral sarcocaulo con 12.45 km², abarcando el 0.79 % del total del área de estudio. Donde podemos observar al matorral desértico como la comunidad vegetal que ocupa una mayor superficie.

Tabla 16. Clasificación Supervisada 2000

2000			
Área sin Vegetación	Área (km ²)	Vegetación	Área (km ²)
Caminos y carreteras (cc)	15.58	Matorral Desértico Denso (mdd)	139.47
% de la poligonal	0.99	% de la poligonal	8.82
Área Urbana (au)	7.74	Matorral desértico poco denso (mdpd)	420.66
% de la poligonal	0.49	% de la poligonal	26.59
Cerros (C)	568.31	Matorral Desértico Total (mdt)	560.13
% de la poligonal	35.93	% de la poligonal	35.41
Sin Vegetación Aparente (Esteros)	103.47	Dunas Costeras	8.95
		(vdc)	
% de la poligonal	6.54	% de la poligonal	0.57
		Veg Halófito Xerofila (vhx)	60.26
		% de la poligonal	3.81
		Matorral Sacrocaule (ms)	12.45
		% de la poligonal	0.79

Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 36. Clasificación Supervisada 2000



Fuente: Elaboración propia (2023)

En la Figura 36, se puede apreciar como los caminos y carreteras se empiezan a expandir un poco más, en comparativa de la década anterior (1990), además que el suelo desnudo disminuye.

2010

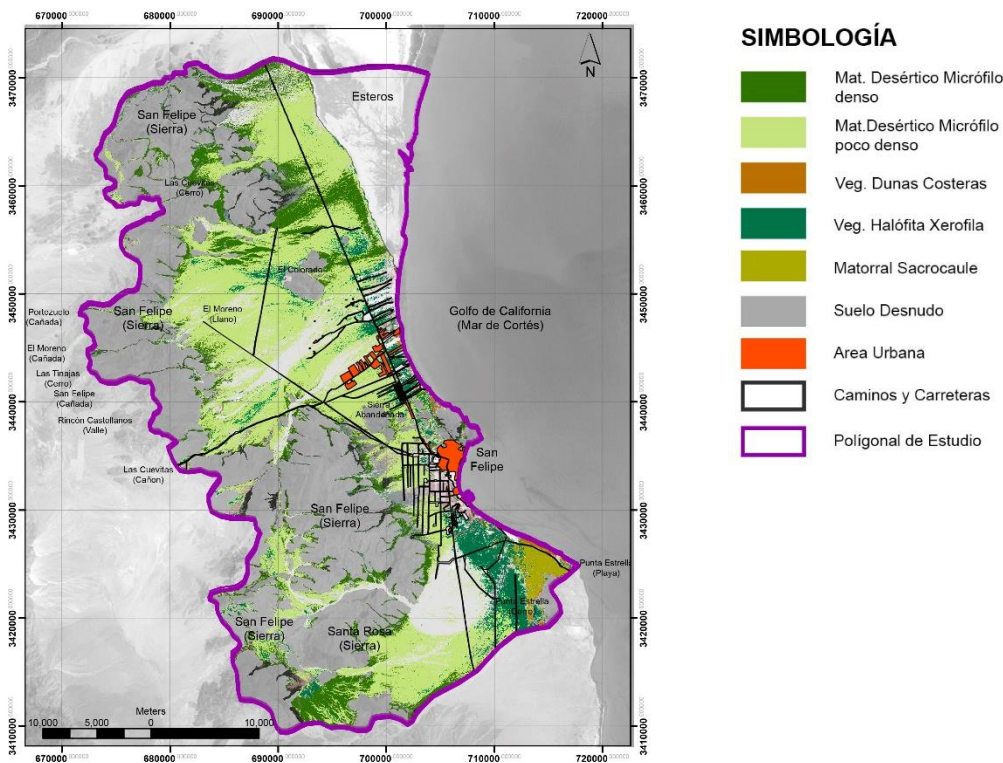
Los resultados del año 2010 están expresados en la Tabla 17 y en la Figura 37, donde el área sin vegetación tiene las siguientes superficies: caminos y carreteras con un área de 22.29 km², ocupando el 1.41% del total de la poligonal de estudio; área urbana con una superficie de 13.43 km² significando el 0.85% del total de la poligonal; los Cerros tienen una superficie de 568.31 km² representando el 35.93% del área total y los Esteros tienen un área de 103.47 km² siendo el 6.54% del total del área.. En cuanto a las zonas de vegetación en 2010 se tiene al matorral desértico micrófilo con un área de 529.67 km², ocupando el 33.49% del total del área de estudio, las dunas costeras tienen una superficie de 7.03 km² representando el 0.44% de la poligonal, la vegetación halófila xerófila tiene un área de 59.75 km², significando el 3.78% del área total, y por último, está el matorral sarcocaula con 12.35 km², abarcando el 0.78% del total del área de estudio. Donde podemos observar que el matorral desértico es la comunidad vegetal con mayor superficie.

Tabla 17. Clasificación Supervisada 2010

2010			
Área sin Vegetación	Área (km ²)	Vegetación	Área (km ²)
Caminos y carreteras (cc)	22.29	Matorral Desértico Denso (mdd)	137.93
% de la poligonal	1.41	% de la poligonal	8.72
Área Urbana (au)	13.43	Matorral desértico poco denso (mdpd)	391.74
% de la poligonal	0.85	% de la poligonal	24.77
Cerros (C)	568.31	Matorral Desértico Total (mdt)	529.67
% de la poligonal	35.93	% de la poligonal	33.49
Sin Vegetación Aparente (Esteros)	103.47	Dunas Costeras (vdc)	7.03
		% de la poligonal	0.44
		Veg Halófila Xerofila (vhx)	59.75
		% de la poligonal	3.78
		Matorral Sarcocaula (ms)	12.35
		% de la poligonal	0.78

Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 37. Clasificación Supervisada 2010



Fuente: Elaboración propia (2023)

El cambio de los caminos y carreteras y el área urbana es mucho más considerable en esta figura, de lo que podemos percibir en los años anteriores, donde el crecimiento se puede apreciar hacia las sierras, cercano a diferentes cerros y sobre zonas de vegetación, donde el suelo desnudo aumenta un poco en comparativa al año 2000.

2020

Los resultados del 2020 están expresados en la Tabla 15 y en la Figura 38, donde el área sin vegetación tiene las siguientes superficies: caminos y carreteras con un área de 29.84 km², ocupando el 1.89% del total de la poligonal de estudio; área urbana con una superficie de 22.29 km², significando el 0.89% del total de la poligonal; los Cerros y los Esteros tienen la misma superficie que los años anteriores. En cuanto a las zonas de vegetación en 1990 se tiene al matorral desértico micrófilo con un área de 462.51 km², ocupando el 29.24% del total de la zona de estudio, las dunas costeras tienen una superficie de 5.44 km² representando el 0.34% de la poligonal, la vegetación halófito xerófila tiene un área de 62.50 km², significando el 3.95% del área total, y por último, está el matorral sarcocaulo con 11.22 km², abarcando el 0.71% del

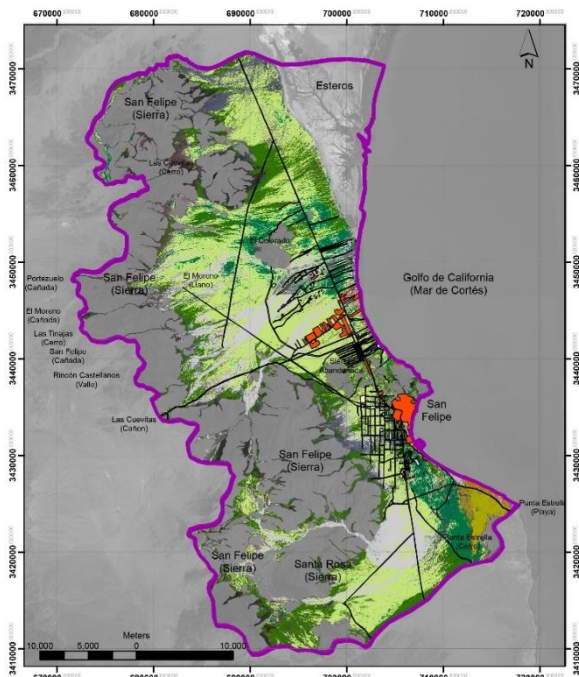
total del área de estudio. Donde podemos observar al matorral desértico como la comunidad vegetal de mayor superficie.

Tabla 18. Clasificación Supervisada 2020

2020			
Área sin Vegetación	Área (km ²)	Vegetación	Área (km ²)
Caminos y carreteras (cc)	29.84	Matorral Desértico Denso (mdd)	147.07
% de la poligonal	1.89	% de la poligonal	9.30
Área Urbana (au)	22.29	Matorral desértico poco denso (mdpd)	315.44
% de la poligonal	0.89	% de la poligonal	19.94
Cerros (C)	568.31	Matorral Desértico Total (mdt)	462.51
% de la poligonal	35.93	% de la poligonal	29.24
Sin Vegetación Aparente (Esteros)	103.47	Dunas Costeras	5.44
		(vdc)	
% de la poligonal	6.54	% de la poligonal	0.34
		Veg Halófito Xerofila (vhx)	62.50
		% de la poligonal	3.95
		Matorral Sacrocaule (ms)	11.22
		% de la poligonal	0.71

Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 38. Clasificación Supervisada 2020



SIMBOLOGÍA

- Mat. Desértico Micrófilo denso
- Mat. Desértico Micrófilo poco denso
- Veg. Dunas Costeras
- Veg. Halófito Xerofila
- Matorral Sacrocaule
- Suelo Desnudo
- Area Urbana
- Caminos y Carreteras
- Poligonal de Estudio

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la Figura 38. se aprecia un cambio en la zona de la Vegetación Halófila Xerofila, el cambio en esta vegetación se da sobre todo donde hubo más expansión del área urbana, que es más al Norte de la Poligonal, sin llegar a los esteros. Otro punto a resaltar son los caminos, carreteras y áreas urbanas más consolidadas. El suelo desnudo también aumenta en proporción.

Modelo Exploratorio de Regresión

Con este modelo se busca observar las relaciones existentes entre las coberturas de suelos y los fenómenos demográficos, obteniendo como resultados el valor crítico estadístico, obteniendo la probabilidad de la t, la r² y la misma correlación

Tabla 19. Coeficiente de regresión y el Valor Crítico del Estadístico (probabilidad de la t)

Regresión	mdm	vdc	ms	vhx	cc	au
pobtot	-1.72	-3.29	-1.86	-1.36	3.83	n
<u>p>(t)</u>	0.228	0.081	0.203	0.306	0.062	n
pob5mas_lihe	-0.76	-1.36	-0.95	-3.34	1.49	2.88
<u>p>(t)</u>	0.525	0.308	0.444	0.079	0.274	0.103
pea	-2.79	-7.52	-2.59	-0.8	11.28	6.68
<u>p>(t)</u>	0.108	0.017	0.122	0.506	0.008	0.022
pe_ianc	-1.67	-3.19	-1.77	-1.37	3.74	30.91
<u>p>(t)</u>	0.236	0.086	0.218	0.304	0.065	0.001
pocup	-3.04	-9.4	-2.88	-0.77	15.72	6
<u>p>(t)</u>	0.093	0.011	0.102	0.521	0.004	0.027
totvivparth	-2.53	-6.14	-2.39	-0.88	8.47	8.25
<u>p>(t)</u>	0.127	0.026	0.14	0.473	0.014	0.014
pder_ss_no	-2.05	-4.2	-1.25	-0.76	6.26	4.13
<u>p>(t)</u>	0.289	0.149	0.43	0.586	0.101	0.151
pder_ss_si	-1.25	-2.04	-0.8	-0.46	2.51	60.55
<u>p>(t)</u>	0.429	0.29	0.571	0.727	0.242	0.011
thog	-1.88	-3.62	-1.16	-0.71	5.09	4.88
<u>p>(t)</u>	0.311	0.171	0.453	0.608	0.123	0.129
pob_hog	-1.27	-2.08	-0.81	-0.47	2.56	41.21
<u>p>(t)</u>	0.424	0.285	0.566	0.72	0.237	0.015
la p(t)< 0.05 la variable es significativa, ** significativa, n= no datos						

Fuente: Elaboración propia (2023)

Con este estimador, la probabilidad de la t, se puede interpretar en el resultado, que si el número es menor a 0.05, es significativa la relación, representando que la variable “x” es significativa para el cambio de “y”, recordando que la “x” son los fenómenos demográficos, y la “y” son las coberturas de suelo; por lo tanto, es posible hacer suposiciones en cuanto a estas relaciones. Las relaciones que podrían llegar a ser significativas de acuerdo con esta estadística son en relación a las dunas costeras, con la población económicamente activa, la población ocupada y el total de viviendas particulares, los caminos y carreteras también muestran una relación con la pea, la población ocupada y el total de viviendas, lo mismo sucede con el área urbana. Con esto se puede suponer que la población económicamente activa tiene una repercusión en la degradación de las dunas costeras y en el aumento de caminos carreteras y áreas urbanas.

Tabla 20. Resultado conjunto de modelos, mostrando el coeficiente de determinación (R^2)

Regresión	<u>mdm</u>	<u>vdc</u>	<u>ms</u>	<u>vhx</u>	<u>cc</u>	<u>au</u>
pobtot	59%	84%	63%	48%	88%	n
pob5mas_lihe	22%	47%	30%	84%	52%	80%
pea	79%	96%	77%	24%	98%	95%
pe_ianc	58%	83%	61%	48%	87%	99%
pocup	82%	97%	80%	22%	99%	94%
totvivparth	76%	94%	74%	27%	97%	97%
pder_ss_no	80%	89%	60%	36%	97%	94%
pder_ss_si	61%	80%	38%	17%	86%	99%
thog	77%	85%	57%	33%	96%	91%
pob_hog	61%	81%	39%	1700%	86%	99%
la r2 explica el modelo en un % la Población explica el cambio en el tipo de vegetación, * la más significativa del grupo, n=No datos						

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la Tabla 20, la cual expresa la r2, explica por medio del porcentaje, si puede existir significancia entre la relación de los datos demográficos y los datos de cobertura de suelo,

entendiendo que el porcentaje más significativo muestra el modelo de la vegetación de dunas costeras, y el de caminos, carreteras y área urbana.

Tabla 21. Resultado conjunto de modelos, mostrando Correlación

Correlación	mdm	vdc	ms	vhx	cc	au
<u>pobtot</u>	-0.7723	-0.9185	-0.7966	-0.6942	0.9382	0.9981
<u>pob5mas lihe</u>	-0.4754	-0.6925	-0.556	-0.921	0.7265	0.8973
<u>pea</u>	-0.8922	-0.9822	-0.8777	-0.4944	0.9922	0.9783
<u>pe ianc</u>	-0.7638	-0.9142	-0.782	-0.6962	0.9354	0.999
<u>pocup</u>	-0.9069	-0.9889	-0.8976	-0.479	0.996	0.9733
<u>totvivparth</u>	-0.8727	-0.9745	-0.8604	-0.5275	0.9863	0.9856
<u>pder ss no</u>	-0.899	-0.9728	-0.7802	-0.6058	0.9875	0.9719
<u>pder ss si</u>	-0.781	-0.8982	-0.6239	-0.4164	0.9288	0.9999
<u>thog</u>	-0.8829	-0.964	-0.7575	-0.5771	0.9813	0.9796
<u>pob hog</u>	-0.7859	-0.9016	-0.63	-0.4234	0.9316	0.9997

Fuente: Elaboración propia (2023)

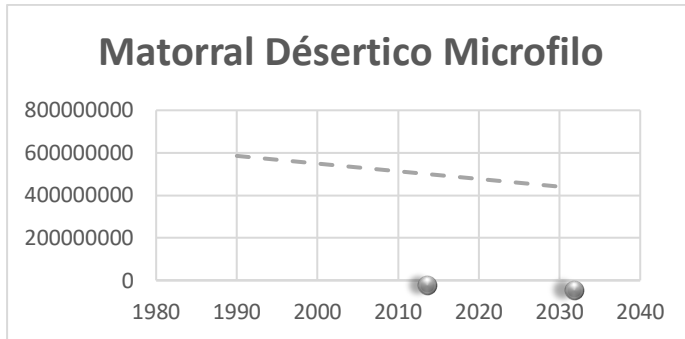
El valor más cercano al 1, es el de mayor correlación con la variable; por lo tanto, podría llegar a ser el más significativo, resaltando una vez más la vegetación de dunas costeras, los caminos, carreteras y al área urbana. El signo negativo señala que la relación es inversamente proporcional, es decir, que entre más crece el número del fenómeno demográfico, más se disminuye el número del área de la cobertura vegetal. En cambio, cuando no se encuentra el signo negativo, se implica una relación directa, entre más crece el fenómeno urbano, más crece la cobertura de suelo sin vegetación, que son los caminos, carreteras y el área urbana. Con las mismas áreas obtenidas en la clasificación supervisada, se elaboró el siguiente modelo de tendencias.

Modelo de Tendencias.

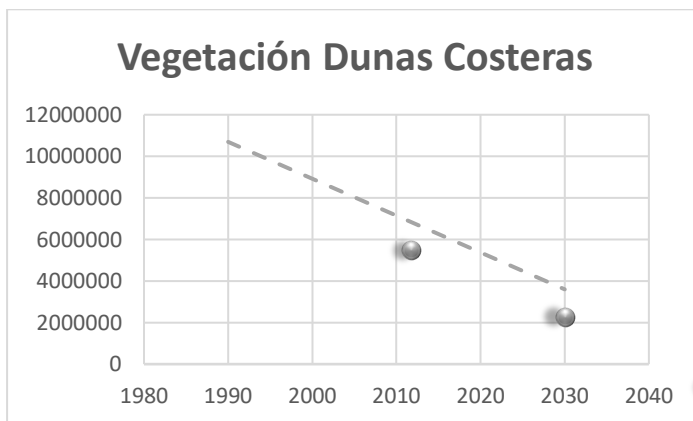
Las tendencias encontradas para el año 2030 es que la vegetación va hacia la baja, es decir hay una tendencia negativa, donde disminuye su área, mientras que las áreas construidas tienen una tendencia positiva, donde sus áreas están aumentando, estas tendencias se analizaron

por cobertura de suelo, como se observa en la Figura 39, empezando por la del Matorral desértico microfilo, Vegetación de Dunas Costeras, Vegetación Halófito Xerófila, Matorral Sacrocaule, Caminos y Carreteras y Área Urbana.

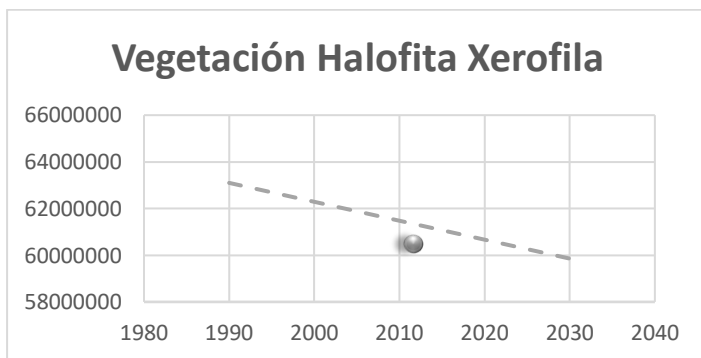
Figura 39. Gráficas y Tablas por cobertura vegetal de la tendencia para el 2030



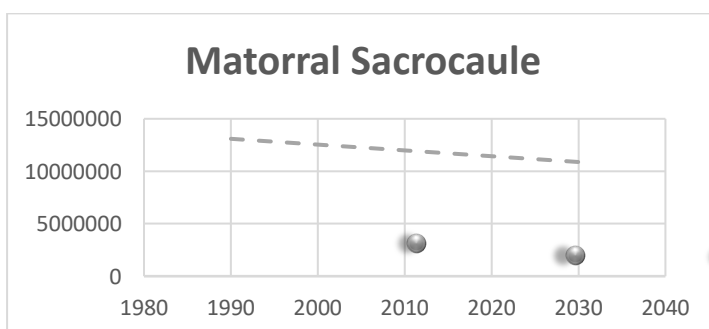
Periodo	Área (km ²)
1990	572.91
2000	560.13
2010	529.67
2020	462.51
2030	440.89



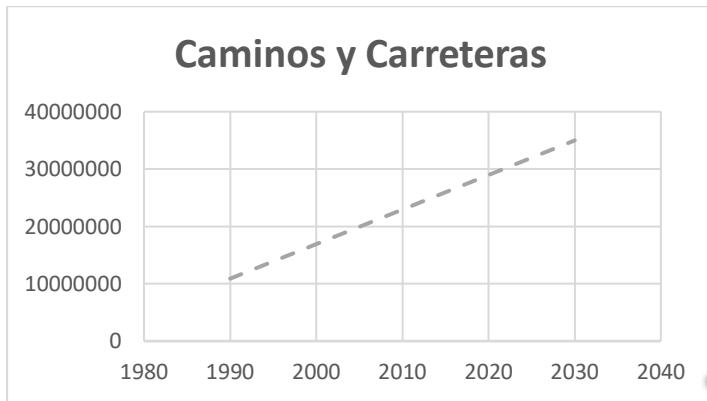
Periodo	Área (km ²)
1990	10.72
2000	8.95
2010	7.03
2020	5.44
2030	3.60



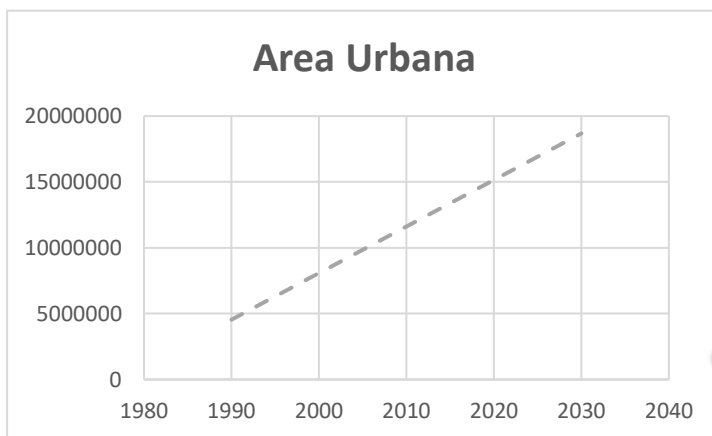
Periodo	Área (km ²)
1990	65.03
2000	60.26
2010	59.75
2020	62.50
2030	59.86



Periodo	Área (km ²)
1990	13.03
2000	12.45
2010	12.35
2020	11.22
2030	10.88



Periodo	Área (km ²)
1990	11.99
2000	15.58
2010	22.29
2020	29.84
2030	34.99



Periodo	Área (km ²)
1990	4.17
2000	7.74
2010	13.43
2020	14.05
2030	18.68

Fuente: Elaboración propia (2023)

Con la Figura 39. se puede apreciar tanto en las gráficas como en las tablas, la tendencia de que la vegetación disminuya y en el caso de la de dunas costeras esta propicia a su desaparición, por otra parte, las zonas construidas como el área urbana y los caminos y carreteras van a la alta, por lo que se puede asumir que estos van a seguir creciendo; por lo tanto la vegetación queda vulnerable a su deterioro si es que no se toman medidas de previsión para evitar este suceso de manera progresiva como ha pasado en las últimas décadas, ya que a pesar del crecimiento lento de San Felipe, donde sus cambios no son tan abruptos, esto no impide que la degradación y el cambio en las comunidades vegetales, estén sucediendo. Para seguir entendiendo el territorio y los lugares óptimos para realizar acciones que controlen la degradación de la vegetación dentro del área de estudio de San Felipe, se realizó el objetivo 3 de aplicación ambiental.

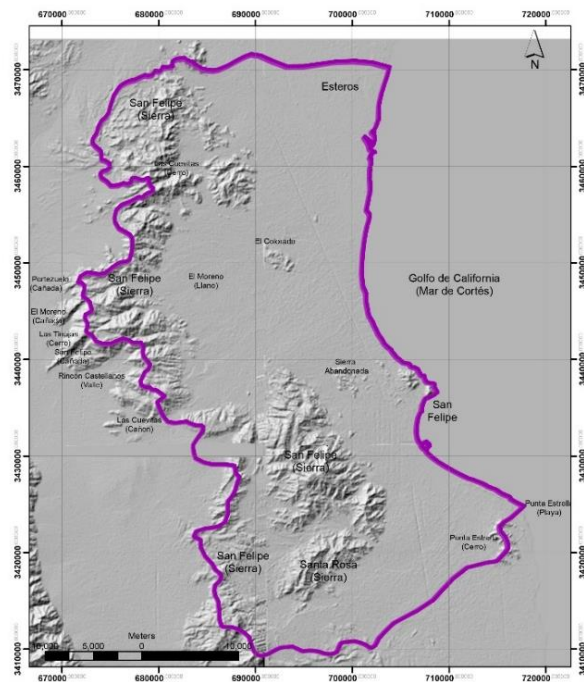
Multiescalaridad

Dentro de este objetivo se expresan los resultados obtenidos para la aplicación ambiental donde se encuentran las principales zonas para la colocación de la IV fundamental y urbana, esto se realizó por medio de la aplicación de los diferentes principios de la IV analizados, como multiescalaridad, conectividad y diversidad. Dentro de la multiescalaridad, se analizan los elementos que componen la IV fundamental y la urbana, por medio de la evaluación de la morfología, hidrología, clima y biología: flora y fauna. La conectividad es analizada por medio de la hidrología y la infraestructura construida como caminos y carreteras. La diversidad es analizada por medio de la flora y fauna óptimas para la aplicación de la IV. Los resultados obtenidos dentro de los diferentes principios, se expresan a continuación.

Morfología e Hidrología

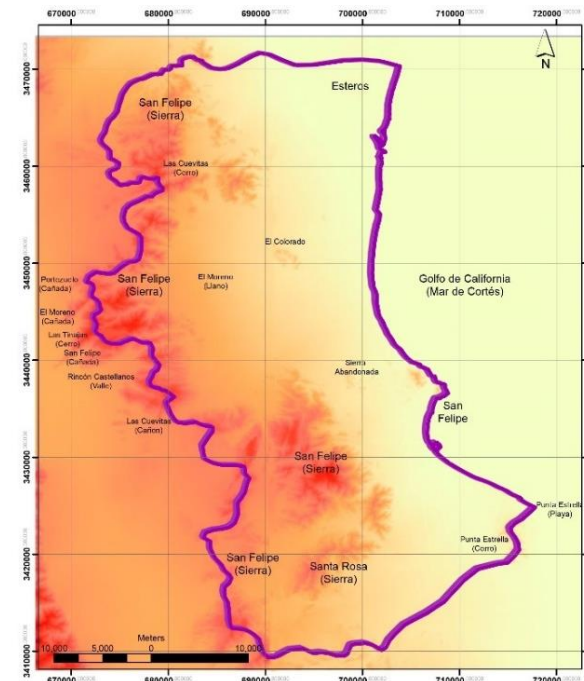
Los mapas obtenidos a partir del DEM, están expresados en las siguientes figuras, donde se puede apreciar la morfología, observando las principales formas de relieve relacionadas con las sierras de San Felipe, Santa Rosa y la Sierra Abandonada, así como los cerros las Cuevitas, el Colorado y Punta Estrella, además de los Esteros y el mar de Cortés (Golfo de California) (Ver Figura 40), otro punto a resaltar es la altimetría (Ver Figura 41), donde los colores más oscuros cercanos a los rojos representan los puntos más altos, mientras que los más claros llegando al amarillo, representan las zonas con menor elevación con respecto al nivel del mar. Por otro lado, también se resalta la hidrología junto con la morfología, (Ver Figura 42), donde se aprecian las formas de relieve, la dirección de las pendientes y los escurrimientos superficiales, donde se resaltan aquellos que conectan las sierras con el mar atravesando de manera transversal el mar de Cortés.

Figura 40. Mapa de Morfología



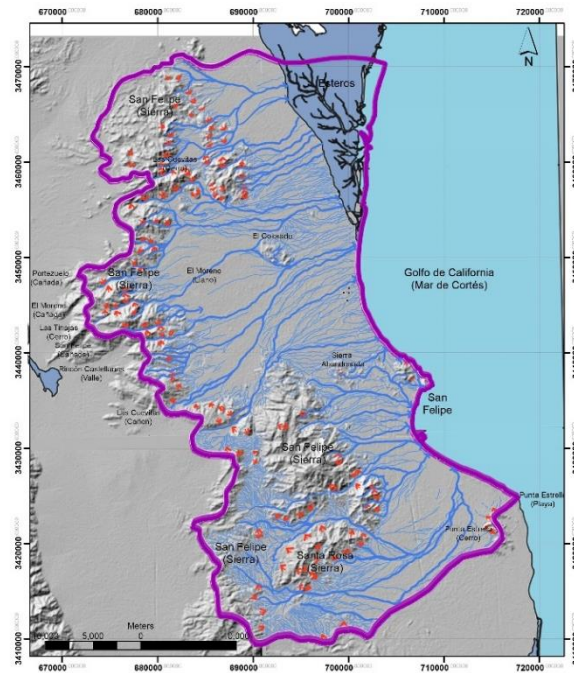
Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

Figura 41. Mapa de Altimetría



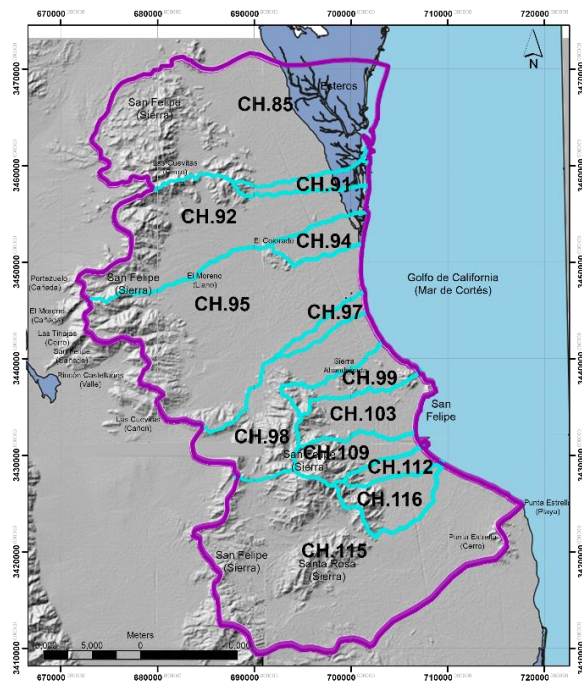
Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

Figura 42. Mapa de Dirección de pendientes e Hidrología



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

Figura 43. Mapa de Cuencas



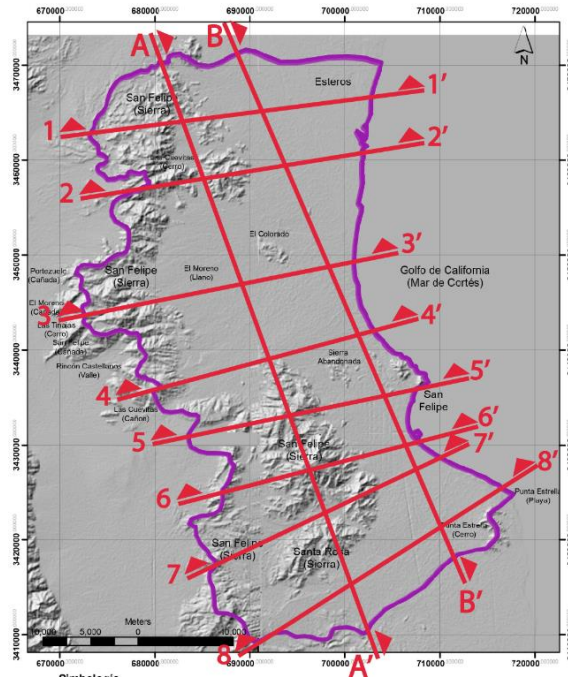
Fuente: Elaboración propia con base al CONABIO (2021)

Como se puede apreciar la poligonal de estudio está limitada por las sierras atravesando las partes más altas de estas, para así poder entender el comportamiento dentro del valle, con respecto a la morfología y las elevaciones encontradas al interior y a lo largo de la misma poligonal que no rebasan los 1300 msnm, sin embargo la zona de valle tienen pendientes muy ligeras con dirección de las sierras hacia el mar, como podemos observar en la última figura donde están resaltados los escurrimientos de acuerdo a la dirección de las pendientes, como estos escurrimientos nacen en las cimas de los cerros y de las sierras y terminan desembocando en las zonas de inundación, son los esteros y el mar de Cortés, logrando esa relación con las formas naturales dentro de la poligonal,

En cuanto a la última Figura que es el mapa de cuencas se pueden apreciar 13 cuencas diferentes, donde el CH significa Cuenca Hidrológica, y esta representada por un número, la primera CH es la 85, Esteros La Ramada, a partir de ahí tenemos, CH 91, Estero La Ramada, CH 92, Cerro El Moreno, CH 94, Estero El Primero, CH 95, Arroyo Las Almejas, CH97, Playa El Paraíso, CH 98, Playa Hawai, CH 99, Arroyo Kila, CH 103, Playa San Felipe, CH 112, San Felipe (localidad), CH 116, Laguna La Lagunita y la última es CH 115, Arroyo Las Amarillas. Las cuencas son las regiones naturales delimitadas por elementos hidrológicos determinando el comportamiento en su interior, es por eso que el entender sus límites y ver su forma también nos ayuda a entender cómo se desenvuelve el mismo territorio analizado. Así mismo, para seguir comprendiendo de una mejor manera el territorio, se realizaron los perfiles.

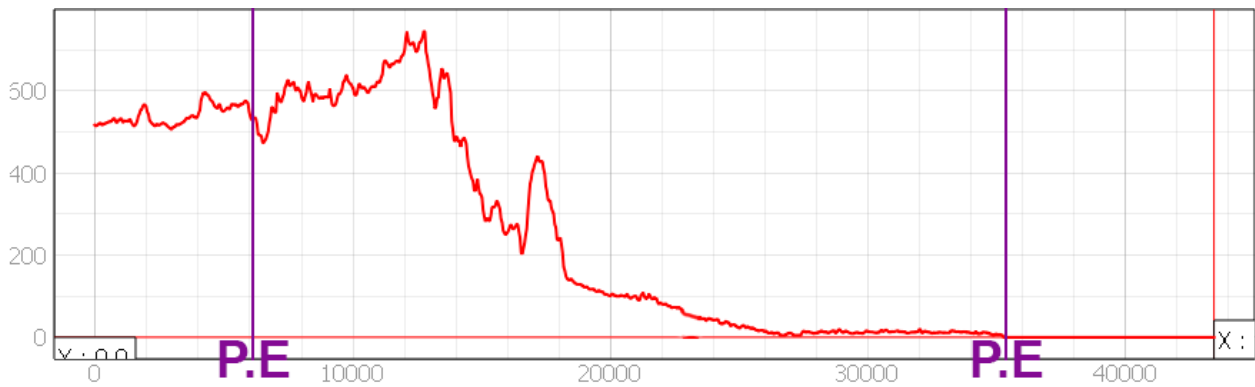
Perfiles, se obtuvieron como resultado 8 perfiles transversales (Ver Figura 44), representados por una numeración que va desde el 1 hasta el 8 con respecto al DEM dentro de la poligonal de estudio y tienen una longitud aproximada entre 2000 y 3000 m; del mismo modo también se obtuvieron 2 perfiles longitudinales (Ver Figura X). representados por las letras A y B, con una longitud aproximada entre 6000 y 7000m. Dentro de los perfiles se va a encontrar unas iniciales P.E. refiriéndose a la poligonal de estudio, esto para tenerla como referencia y así observar el comportamiento al interior de la misma.

Figura 44. Mapa de Perfiles



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

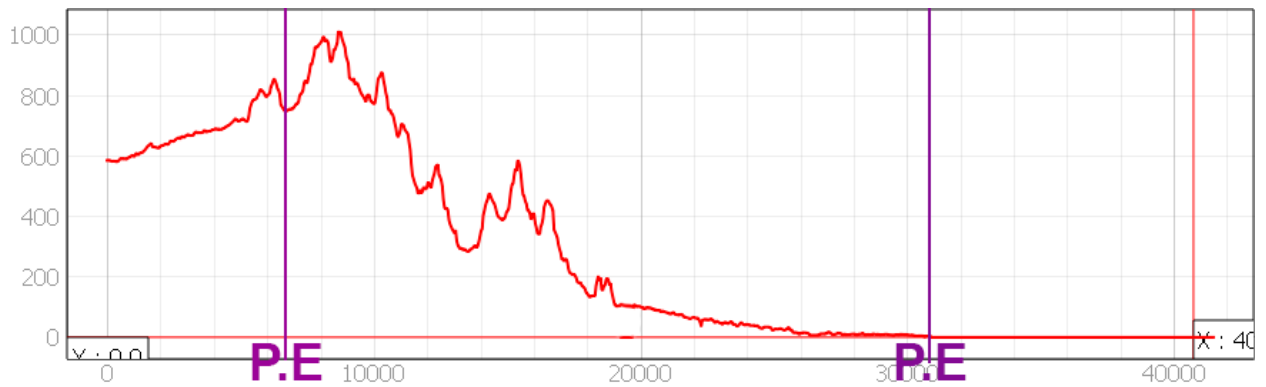
Figura 45. Perfil 1-1'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El Perfil 1-1', cruza por la sierra de San Felipe y los Esteros, tiene como altura máxima 798.64 metros sobre el nivel del mar (msnm) y como altura mínima -52.64, esto en la parte de zona de inundación comprendida por los Esteros.

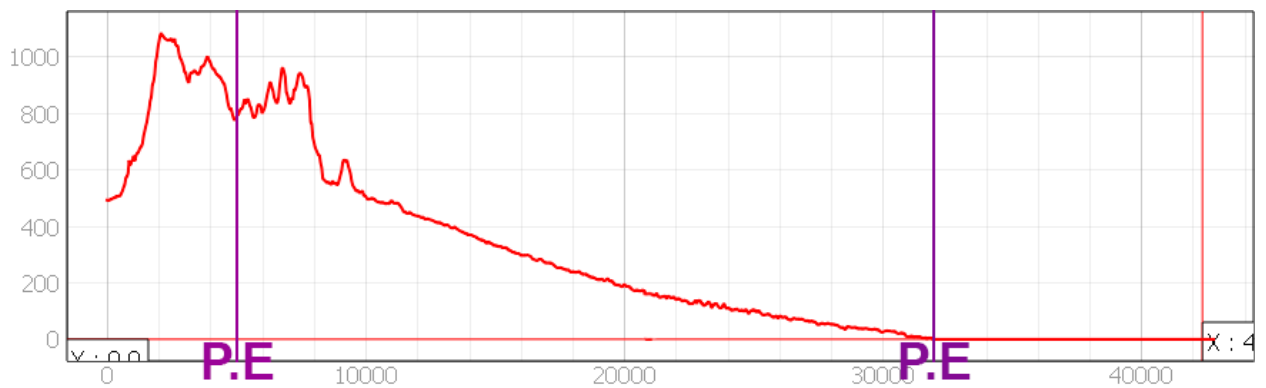
Figura 46. Perfil 2-2'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El perfil 2-2', pasa por la sierra de San Felipe, el cerro Las Cuevitas y también cruza por los Esteros, tiene una altitud máxima de 1084.47 msnm correspondiente a la sierra de San Felipe y una altitud mínima de -74.47, correspondiente a los Esteros.

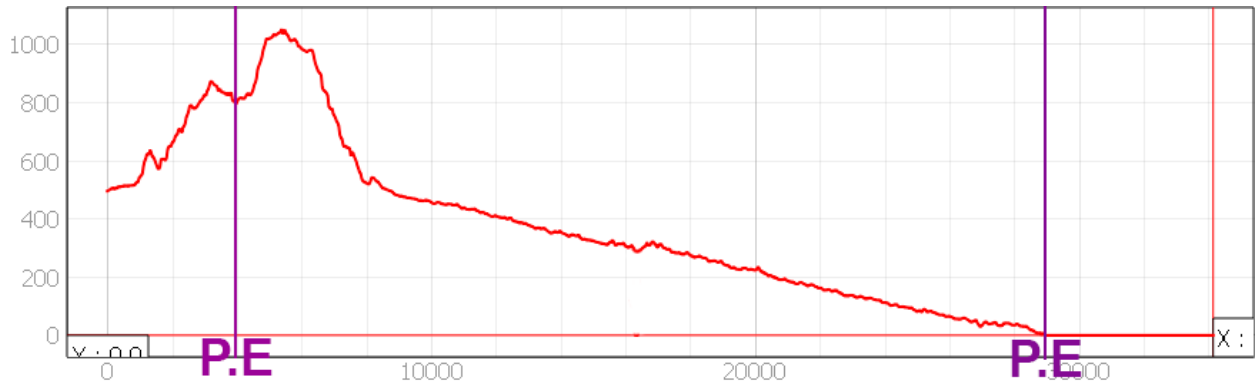
Figura 47. Perfil 3-3'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El perfil 3-3' pasa por la sierra de San Felipe y baja de manera gradual hasta llegar al Mar de Cortés, tiene una altitud máxima de 1161.55 msnm y una altitud mínima de 0 msnm

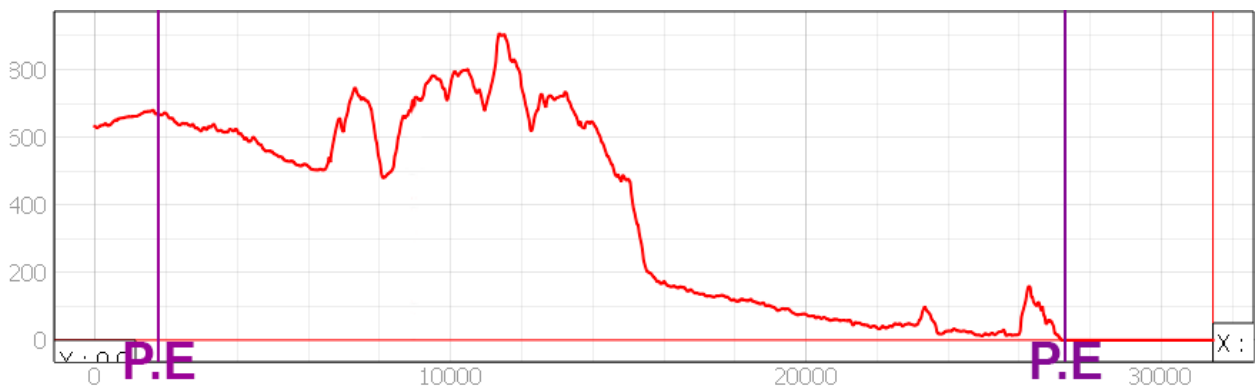
Figura 48. Perfil 4-4'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El Perfil 4 – 4', Atraviesa el cañón las Cuevitas y la sierra de San Felipe, hasta llegar al Mar de Cortés, tiene una altitud máxima de 1127.30 msnm hasta llegar a los 0 msnm, del Golfo de California.

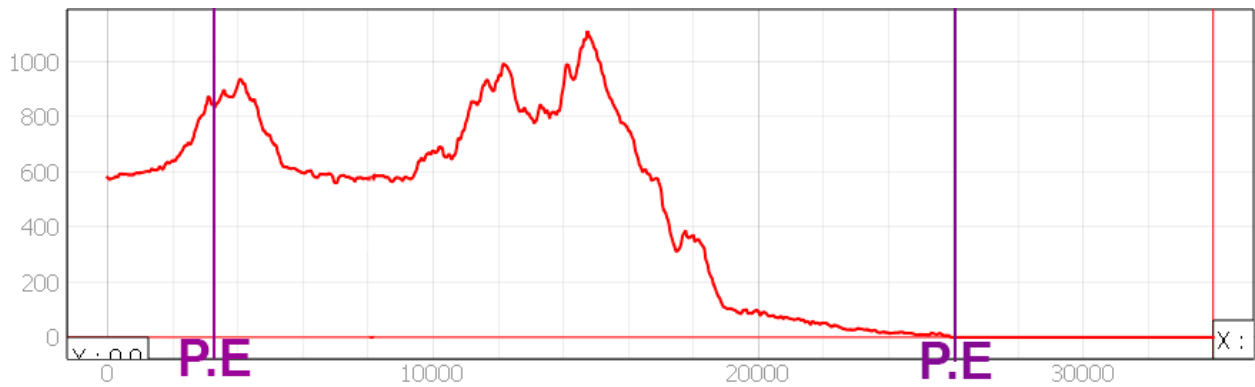
Figura 49. Perfil 5-5'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El Perfil 5-5', atraviesa la parte sur de la sierra de San Felipe, y justo antes de llegar al mar de Cortés pasa por la Sierra Abandonada hasta llegar al cerro Punta San Felipe, que colinda con el mar de Cortés. Tiene una altitud máxima de 972.07 msnm.

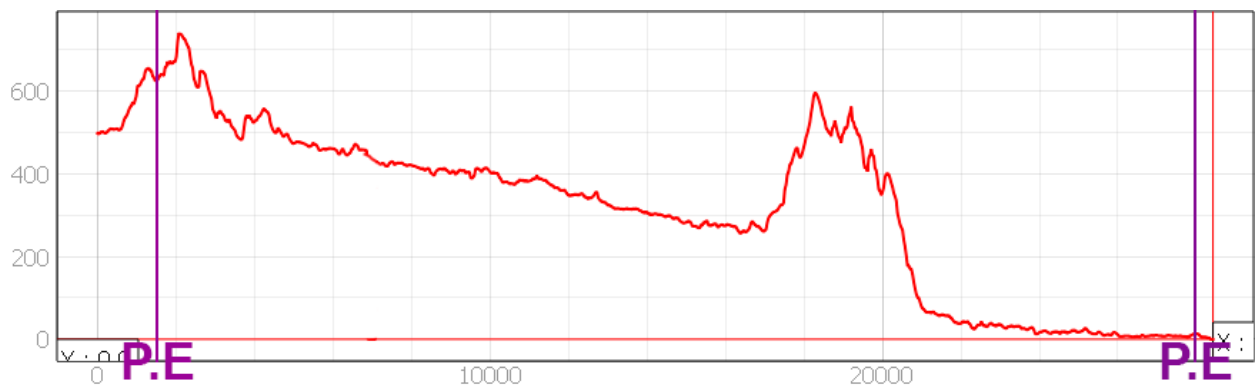
Figura 50. Perfil 6-6'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El Perfil 6 – 6', cruza la sierra de San Felipe, pasa a un llano, vuelve a cruzar la misma sierra hasta que baja a otro llano y desemboca en el mar, justo donde se encuentra la marina de San Felipe, tiene una altitud máxima de 1187.25 msnm.

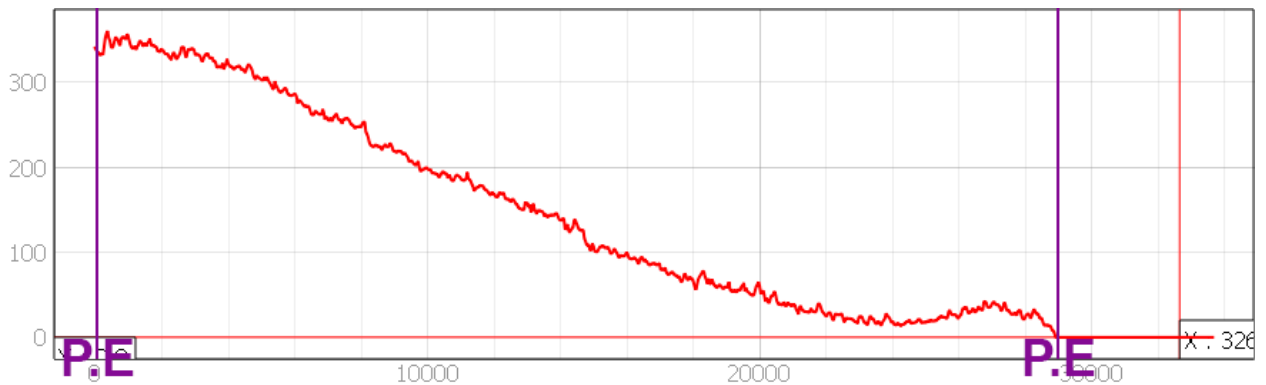
Figura 51. Perfil 7-7'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El perfil 7-7', atraviesa la sierra de San Felipe, baja por un llano hasta llegar a la sierra de Santa Rosa, donde vuelve a bajar al valle que desemboca en el mar de Cortés, tiene una altitud máxima de 791.14 msnm.

Figura 52. Perfil 8-8'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

El perfil 8 – 8', no cruza ningún cerro per se, apreciando su altitud máxima de 385.40 msnm, con una pendiente constante hasta llegar a los 0 msnm. A continuación, se presentan los perfiles longitudinales están representados por las letras A y B.

Figura 53. Perfil A-A'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

Este perfil atraviesa toda la poligonal desde la parte norte de la sierra de San Felipe, antes de los 1000m, atraviesa el llano el moreno, entre los 1000 y 3000m, empieza otra vez a subir por la parte sur de la misma sierra de San Felipe, llegando a su altura máxima de 1277.17 msnm hasta los 5000 m donde pasa a la sierra de Santa Rosa y vuelve a bajar al valle.

Figura 54. Perfil B-B'



Fuente: Elaboración propia con base al DEM (2023)

Este perfil realiza el corte longitudinal de la poligonal de estudio sin pasar por las sierras; por lo tanto, solo cruza el valle de San Felipe, inclusive pasa cerca de la carretera federal No.5, tomando en cuenta las variaciones de altura son muy abruptas, tomando en cuenta la altura máxima de este perfil es de 66.37 msnm y la mínima es de -4.37 m, todo esto en una longitud de 6000m. expresando que la pendiente es baja, al igual que las variaciones de altura.

El obtener los perfiles nos permite entender la morfología del área de estudio de una manera más precisa, debido a que se aprecia su comportamiento transversal y longitudinal, observando formas de relieve, pendientes y cambios abruptos en el territorio dentro de la distancia especificada. Para continuar entendiendo el territorio y realizar la correcta aplicación de la I.V. en el siguiente apartado se analiza el clima.

Análisis de temperaturas

El siguiente punto a obtener dentro del principio de multiescalaridad, es el clima, debido a que es un fenómeno meteorológico indispensable para entender el comportamiento ecosistémico del sitio; la información con respecto al clima obtenida en este trabajo es la temperatura, precipitación, dirección de vientos y radiación solar.

Temperatura y Precipitación

Se obtuvieron los datos climáticos, con respecto a la temperatura y a la precipitación en el área de estudio, se expresan los datos obtenidos en la estación climatológica San Felipe, con

Clave 2148, en concordancia con el análisis de tendencias realizado, se muestra la información de los años 1990, 2000, 2005, 2010, 2015, 2018, 2025 y 2030, donde los últimos 2 años corresponden a las tendencias. Los datos obtenidos son temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y precipitación; mencionados en las siguientes Tablas.

Tabla 22. Temperatura Máxima Extraordinaria en °C

Temperatura Máxima Extraordinaria en °C												
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1990	28.00	31.40	32.50	35.80	41.00			41.00	44.50	37.50	32.00	
2000	30.00	28.00	32.70	37.10	42.20	41.00	46.00	43.00	45.00	39.50	27.90	27.00
2005	30.00	24.00	33.50	33.80	40.00	42.60	42.00	42.00	39.50	38.00	32.10	26.20
2010	26.10	28.80	30.80	34.40	35.20	41.80	44.60	42.20	44.60	39.80	33.80	29.50
2015		31.40	36.60	35.40	33.90	41.00	41.60	44.00	39.20	38.30	32.00	26.10
2018	29.80	28.50	31.00	35.10	38.50	39.00	45.20	42.60	42.30	34.30	30.10	25.00
Tendencia												
2025	27.26	28.26	33.17	34.49	34.33	39.36	42.97	43.69	40.15	36.66	31.68	25.53
2030	27.00	28.15	33.26	34.28	33.22	38.80	42.67	44.02	39.51	36.33	31.77	25.14

Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA (s.f)

En la Tabla 22. Podemos apreciar la temperatura máxima extraordinaria está registrada es en Julio de 2000, con 46 °C y en cuanto a la tendencia se aprecia que en los meses de mayo, julio y septiembre la temperatura baja, mientras que en junio y sobre todo en agosto la tendencia de la temperatura es incrementar.

Tabla 23. Temperatura Máxima Promedio en °C

Temperatura Máxima Promedio en °C												
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1990	20.91	22.27	25.67	29.98	31.63			36.80	35.96	32.99	26.50	
2000	23.55	23.92	25.47	32.27	34.83	36.75	39.05	38.22	38.19	30.27	23.72	23.50
2005	22.59	21.84	26.39	28.98	32.35	35.40	38.29	37.42	36.37	31.38	26.88	21.85
2010	23.35	23.42	25.37	27.31	30.55	34.84	38.11	38.05	38.07	30.79	25.70	22.52
2015		25.75	28.81	29.40	28.91	35.63	36.74	38.87	36.93	32.88	24.68	20.58
2018	24.37	22.58	25.23	29.79	31.27	35.17	37.78	36.81	37.19	29.80	25.38	21.04
Tendencia												

2025	25.24	24.28	26.90	28.56	29.74	34.55	36.54	38.15	37.67	30.41	24.96	19.79
2030	25.80	24.54	27.10	28.28	29.25	34.22	36.07	38.27	37.82	30.16	24.83	19.11

Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA (s.f)

En la Tabla 23. Podemos apreciar a la temperatura máxima promedio, registrada en el mes de Julio, del año 2000, con 39.05 °C y en cuanto a la tendencia se aprecia que en los meses de mayo, julio y septiembre la temperatura baja, mientras que en junio y sobre todo en agosto la tendencia es incrementar la temperatura.

Tabla 24. Temperatura media mensual en °C

Temperatura media mensual en °C												
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1990	14.13	14.93	18.38	22.82	24.92			30.95	29.46	25.80	20.64	
2000	16.15	16.54	17.99	23.65	26.51	29.53	32.42	32.32	30.73	23.19	16.63	16.70
2005	16.41	16.18	19.56	22.02	25.53	29.11	32.54	31.92	30.40	24.91	20.69	15.65
2010	16.70	16.78	18.72	20.31	23.64	28.33	32.25	32.31	31.13	24.72	19.66	16.47
2015		19.45	22.44	22.22	22.86	29.36	31.13	32.93	31.03	26.96	19.00	14.03
2018	18.81	16.43	19.49	23.99	26.78	30.94	33.82	32.80	31.70	24.60	19.96	15.39
Tendencia												
2025	18.95	18.52	21.19	22.33	24.62	30.35	32.73	33.39	32.02	25.38	19.41	14.15
2030	19.60	19.00	21.66	22.28	24.51	30.64	32.83	33.70	32.36	25.47	19.41	13.67

Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA (s.f)

En cuanto a la temperatura media mensual, la más baja registrada, es en enero de 1990, con 14.13°C, mientras que la más alta está en julio del 2018 con 33.82 °C, en cuanto a las tendencias, en enero, febrero y marzo, va la alza la temperatura, en abril mayo junio y julio se disminuyen las temperaturas, en agosto, septiembre, octubre vuelven a ir al alza y en noviembre y diciembre van a la baja.

Tabla 25. Temperatura Mínima Extraordinaria en °C

Temperatura Mínima Extraordinaria en °C												
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1990	0.0	0.5	7.0	10.0	13.0			20.0	18.0	13.5	7.0	

2000	2.0	6.0	3.0	8.0	12.8	18.0	21.0	23.0	18.0	11.0	5.0	5.0
2005	2.8	7.5	9.8	11.2	13.0	16.6	23.0	21.5	16.8	14.0	5.0	4.0
2010	5.9	5.4	7.1	7.1	10.0	18.7	20.1	22.2	18.7	14.3	2.2	4.0
2015		9.1	11.1	12.1	15.0	17.5	23.0	22.0	23.0	17.5	8.0	2.3
2018	5.8	3.6	5.7	13.7	15.7	24.6	26.1	25.0	22.6	16.7	9.0	5.9
Tendencia												
2025	9.15	8.31	8.76	12.51	14.62	23.37	25.82	24.48	23.06	17.65	7.07	4.04
2030	10.51	9.10	9.16	13.09	14.99	24.77	26.86	25.07	24.01	18.50	7.35	3.97

Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA (s.f)

La temperatura mínima extraordinaria encontrada en el área de estudio es de 0 °C en enero de 1990, mientras que las tendencias, en enero, febrero y marzo, va la alza la temperatura, en abril mayo junio, julio y agosto la temperatura va a la baja, en septiembre y octubre vuelven a ir al alza y en noviembre y diciembre vuelven a ir a la baja.

Tabla 26. Temperatura Mínima promedio en °C

Temperatura Mínima Promedio en °C												
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1990	7.34	7.58	11.08	15.65	18.22			25.10	22.96	18.60	14.77	
2000	8.75	9.16	10.51	15.03	18.18	22.30	25.79	26.43	23.26	16.12	9.53	9.93
2005	10.22	10.52	12.74	15.06	18.71	22.82	26.79	26.42	24.44	18.44	14.49	9.46
2010	10.05	10.14	12.06	13.31	16.72	21.81	26.39	26.57	24.19	18.65	13.61	10.42
2015		13.14	16.06	15.03	16.80	23.08	25.52	26.98	25.14	21.05	13.31	7.48
2018	13.25	10.28	13.75	18.19	22.28	26.72	29.86	28.79	26.20	19.41	14.53	9.73
Tendencia												
2025	12.65	12.76	15.48	16.09	19.51	26.14	28.92	28.62	26.37	20.35	13.86	8.50
2030	13.40	13.48	13.64	11.89	16.49	27.05	29.59	28.26	25.81	18.34	12.50	8.21

Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA (s.f)

La temperatura mínima promedio registrada en el área de estudio es en enero de 1990 con 7.34°C sin embargo la tendencia observada en este mes es que la temperatura va aumentando, al igual que en febrero y marzo, mientras que en abril mayo, junio, julio y agosto la temperatura tiende a bajar, en septiembre y octubre vuelve la tendencia al alta y en noviembre y diciembre la tendencia baja una vez más.

Tabla 27. Precipitación total mensual en mm.

Lluvia total mensual en mm												
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1990	12.1	0	0	0	0			7.5	11.7	33	0	
2000	0	0	6	0	0	0.3	7	0	0	76.4	0	0
2005	22.4	31.9	8.5	0	0	0	0	25	0	0	0	0
2010	12	0	8.2	2.6	0	0	2.4	0	0	9.5	0	0
2015	1.3	0	13.5	0	0	4.9	0.5	1.5	10.6	0	2.7	3.6
2018	0	6	0	0	0	0	6.9	0	4.3	145.2	0	14.6

Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA (s.f)

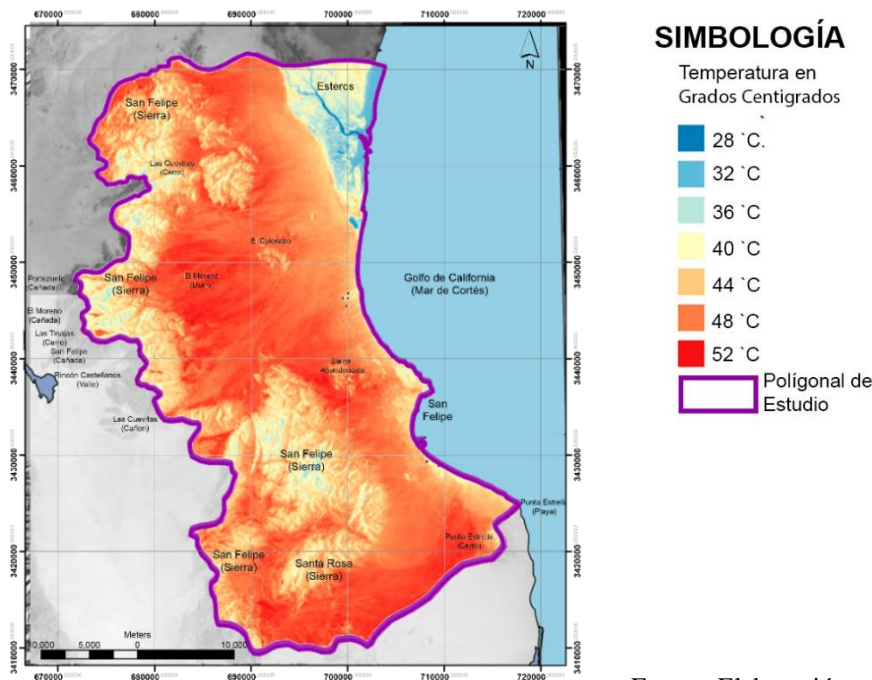
En cuanto a la precipitación no se obtuvo la tendencia debido a lo irregular y esporádico de los datos registrados en cuanto a la lluvia podemos observar cómo evento extraordinario 145.2 mm en octubre de 2018, sin embargo, esta cantidad de lluvia no había sucedido, sin embargo, octubre es el mes donde se registran mayores precipitaciones, y por el contrario en el mes de mayo no se registra precipitación alguna.

Una vez analizada la precipitación y la temperatura pasamos al análisis de los vientos dominantes.

Dirección De Vientos

Por otra parte, está la dirección de los vientos de acuerdo a Metrored, en febrero de 2023 a las 6:00 pm. los vientos corren de dirección de oeste a este, es decir del océano pacifico hacia el mar de Cortés, estos vientos topan con la sierra de San Felipe y suben hacia el norte, y la mayoría de los vientos que viene sobre el Golfo de California viene de dirección Norte a Sur.

Figura 56. Mapa de Radiación Solar



Fuente: Elaboración propia con base a Landsat 8 (2020)

En la Figura 56. podemos apreciar el resultado de mapa de calor donde las temperaturas debajo de los 36 °C solo se encuentran en algunas zonas de barrancas dentro de las sierras y sobre todo en zona de los esteros, donde se aprecian los colores azules más brillantes representando temperaturas de 36°C, 32°C y 38°C, en el área urbana se aprecian las temperaturas entre 40°C y 44°C, mientras que las zonas de mayor radiación solar con temperaturas entre 48°C y 52°C son las zonas más planas donde se encuentran los llanos y las planicies, donde el sol incide de manera directa. El siguiente punto a desarrollar es el de la flora y fauna.

Distribución de Flora y Fauna

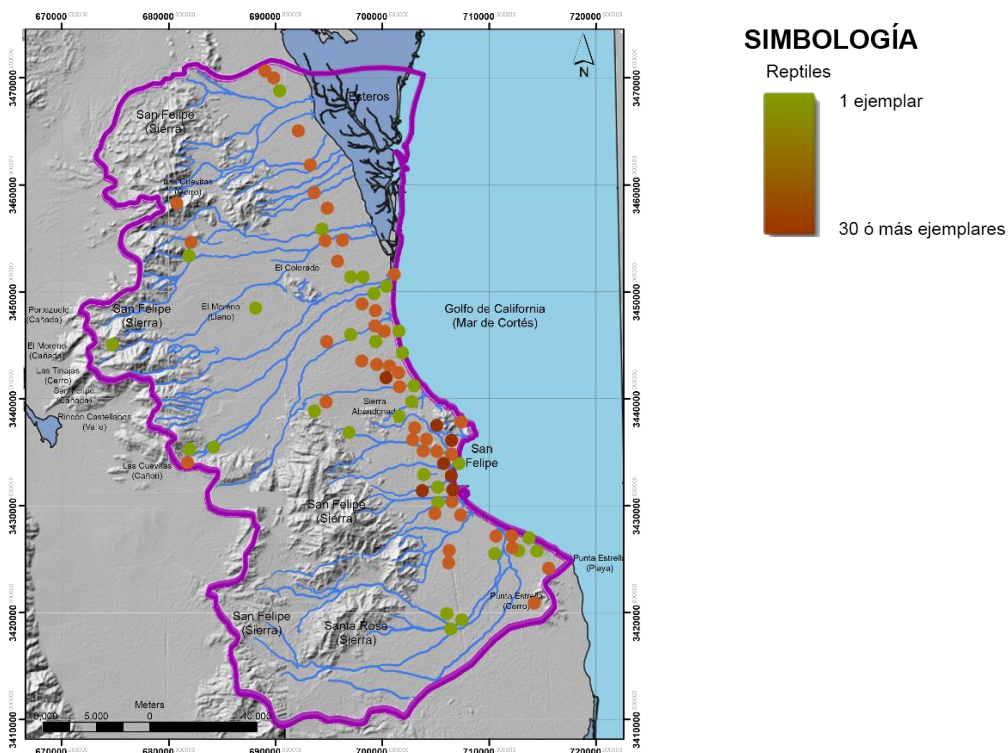
En este apartado se expresa el tipo de flora y fauna encontradas en el área de estudio de acuerdo a CONABIO (2021), donde se ubican las especies encontradas, además de que en el Anexo 3, se puede apreciar el listado con el nombre científico y nombre común de todas las especies localizadas en esta zona.

En cuanto a la fauna en CONABIO (2021), se puede encontrar en las cuencas del área de estudio que existen sobre todo especies de mamíferos, reptiles y aves, ubicando solo una especie de anfibio el *Bufo punctatus*, siendo una Anura (rana o sapo). Otro punto a destacar es que no existen mamíferos terrestres, reptiles o anfibios en peligro de extinción, solo una especie

cerca de las zonas urbanas, y contiguo a escurrimientos principales y en zonas planas de valle o llano, mientras en menor grado también existen dispersos sobre el mar de Cortés y sobre las sierras.

Se encontraron 32 especies de reptiles, pertenecientes a 10 familias (ver anexo 3) distribuidos a lo largo de la poligonal como se aprecia en la Figura 58. Los subgrupos biológicos son camaleones, geckos, iguanas, lagartijas, lagartos, boas, cobras, coralillos, culebras, pitones, serpientes, víboras.

Figura 58. Mapa de distribución de reptiles

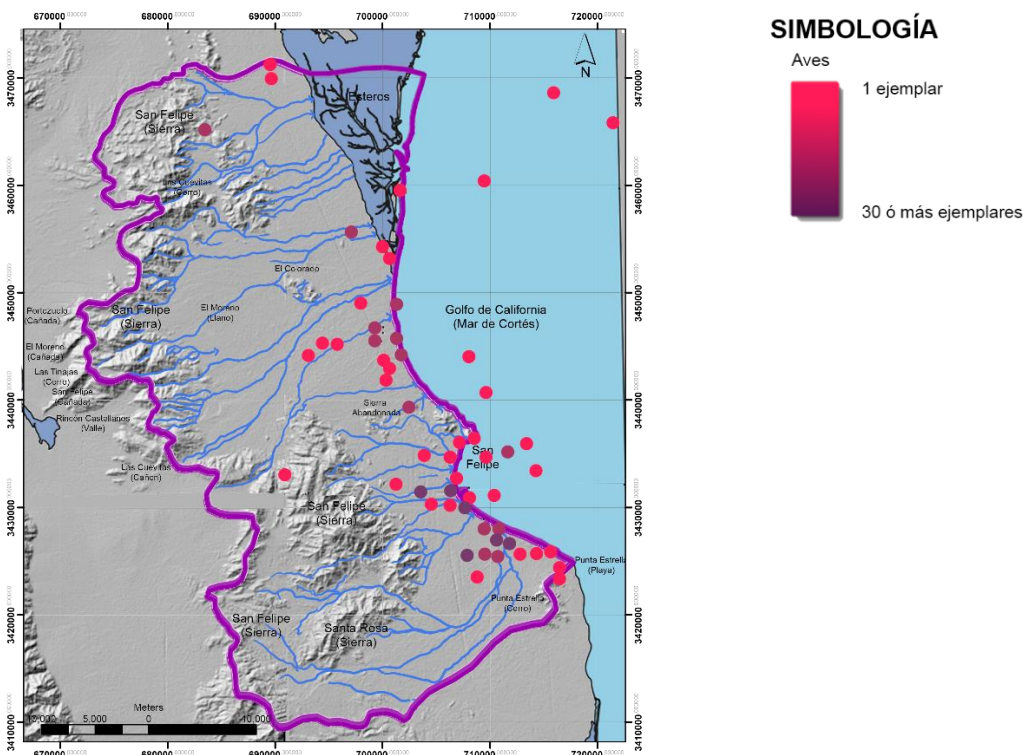


Fuente: Elaboración propia con base a CONABIO (2021)

En el mapa de distribución se expresa donde fueron localizadas las especies de reptiles en el área de estudio (Ver Anexo 3). los puntos más claros expresados por verdes, indican que solo fue visto un ejemplar, mientras que los puntos más oscuros expresados por cobres, se encontraron más de 30 ejemplares. En la Figura 58. se observa a la mayor cantidad de reptiles encontrados en un eje longitudinal, localizado donde atraviesa la carretera Federal No. 5. Teniendo una mayor concentración sobre las zonas urbanas y del lado del mar de Cortés, sin embargo, también se puede apreciar visualizaciones existentes a lo largo de la sierra.

Se encontraron 185 especies de aves, (ver anexo 3) distribuidos a lo largo de la poligonal como se aprecia en la Figura 59. Los subgrupos biológicos son águilas, zopilotes, halcones, aves oceánicas, búhos, lechuzas, tapacaminos, chachalacas, guajolotes, codornices, gallinas, tinamúes, kiwis, cigüeñas, flamencos, garzas, colibrís, como calandrias, tordos, como chipes, como coas, quetzales, carpinteros, tucanes, momotos; como gaviotas, como gorriones, canarios; como matracas, saltaparedes, carboneros, perlitas, como mosqueros; como playeros, chorlos, como saltarines, víreos; como tangaras, cardenales, rascadores; como zorzales, azulejos, mirlos, cenizos, mulatos, cincos; cuervos, urracas, charas, gansos, patos, gavias, zambullidores, golondrinas, alondras, grullas, lavanderas, bisbitas, capulineros, chinitos, estorninos, palomas, cucus y correcaminos.

Figura 59. Mapa de distribución de aves

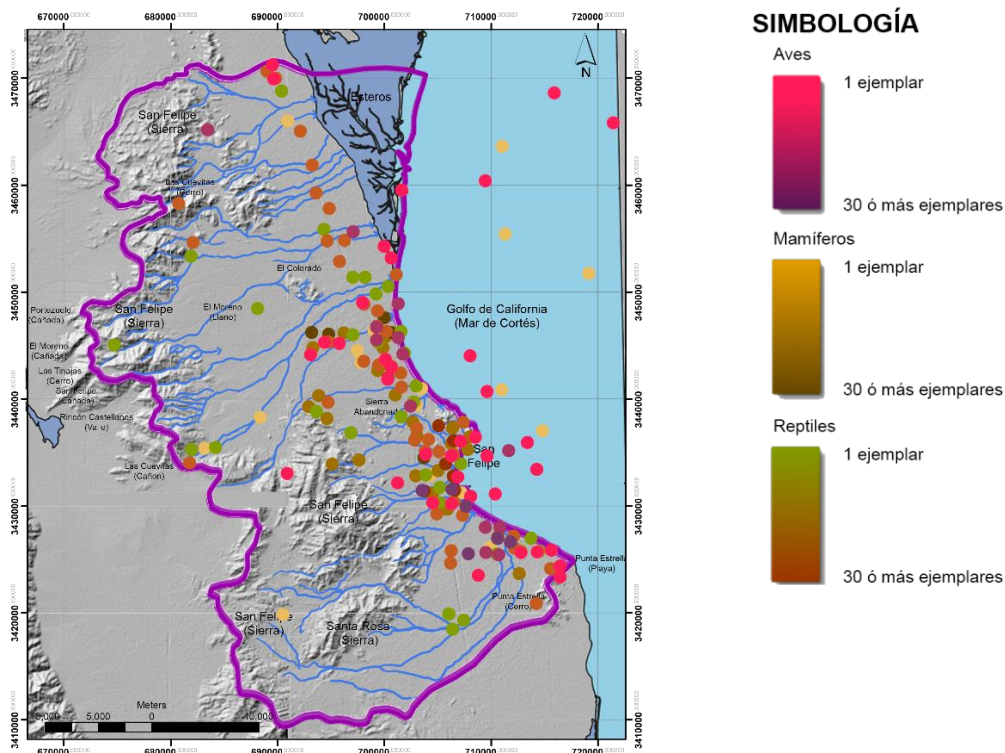


Fuente: Elaboración propia con base a CONABIO (2021)

En el mapa de distribución se expresa donde fueron localizadas las especies de aves en el área de estudio (Ver Anexo 3) los puntos más claros indican que solo fue visto un ejemplar, mientras que los puntos más oscuros se encontraron más de 30 ejemplares. En la Figura 59. se muestran también que las aves están localizadas en mayor medida sobre el eje longitudinal de la carretera, pero a diferencia de los reptiles no se distribuyen tan uniformemente y su mayor

concentración esta al sur de las áreas urbanas de San Felipe. Resaltando su presencia cercana a los escurrimientos y sobre el mar de Cortés y de manera muy dispersa sobre las sierras. A continuación, se presenta el mapa de distribución de Fauna, donde están los tres tipos de fauna encontrados: mamíferos, reptiles y aves.

Figura 60. Mapa de Distribución de Fauna



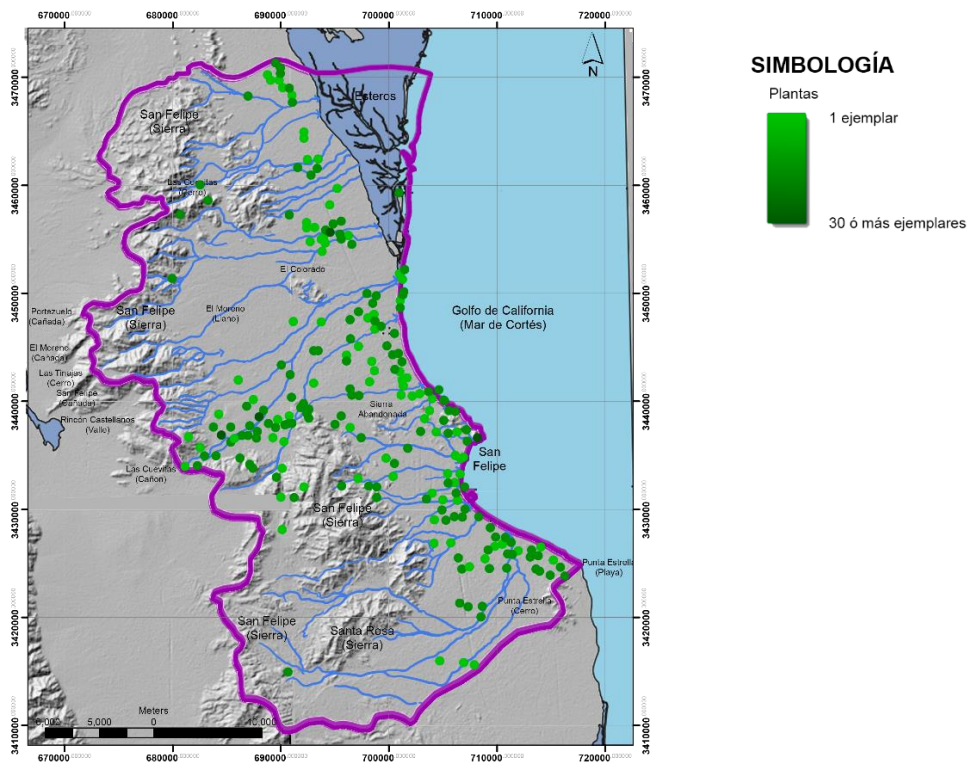
Fuente: Elaboración propia con base a CONABIO (2021)

En el mapa de distribución de Fauna (Figura 60), se encuentran toda la fauna localizada por CONABIO (2021), incluyendo mamíferos, reptiles y aves, donde podemos observar su distribución, encontrando tanto mamíferos como aves sobre el Golfo de California, y en una menor densidad sobre las sierras en la parte oriente de la poligonal. Teniendo la mayor concentración sobre el eje de la carretera Federal No. 5, y sobre todo cercano al área urbana y a distintos escurrimientos, donde su presencia es mayor.

Del mismo modo que se encontraron la distribución de especies animales sobre el área de estudio, también se obtuvo la localización de las especies de vegetales, de acuerdo a CONABIO (2021), expresando su distribución por número de especies, como se aprecia en la Figura 60

Se encontraron 209 especies de plantas, pertenecientes a 49 familias, (Ver anexo 3), distribuidas a lo largo de la poligonal (ver Figura 61). Estas especies son sobre todo plantas con flores, con semillas y con frutos, como acantos, aceitunas, ajonjolís, albahacas, chías, fresnos, hierbabuenas, jacarandas, jazmines, mejoranas, mentas, olivos; como acelgas, amarantos, betabeles, biznagas, bugambilias, claveles, epazotes, espinacas, huauhzontles, jojotas, nopales, quelites, quinoas, saguaros, trigos serracenos, tunas, verdolagas, xoconostles; como achiotes, algodón, baobabs, cacao, ceibas, flor de Jamaica, flor de manita, jonote, malvas, pochotes; como agapantos, ajos, azafranes, cebollas, espárragos, gladiolas, magueyes, orquídeas, patas de elefante, sábilas, vainillas, yucas; como ahuejotes, álamos, árboles del caucho, coca, flores de la pasión, granadas chinas, lino, mandioca, maracuyás, nanches, nochebuena, ricino, sauces, semillas de linaza, violetas; como alcachofas, campanitas, cempasúchil, crisantemos, dalias, estrellas de agua, gerberas, girasoles, lechugas, manzanilla, margaritas, senecios; como alfalfa, cacahuates, chícharos, ejotes, frijoles, garbanzos, guajes, habas, jícamas, lentejas, mezquites, tamarindos; como almendras, amates, capulines, cerezas, chabacanos, ciruelas, duraznos, frambuesas, fresas, higos, manzanas, marihuana, matapalos, membrillos, peras, rosas, zarzamoras; como arándanos, árboles del chicle, argán, avellanas del Brasil, azáleas, belenes, camelias, chicozapotes, ébanos, karités, kiwis, madroños, mameyes, ocotillos, zapotes; como aretes, eucaliptos, flores de cepillo, granadas, guayabas; como arúgulas, berros, brócolis, coles, coliflores, kales, mastuerzos, moringas, mostazas, papayas, rábanos; como begonias, calabazas, chayotes, melones, pepinos, sandías; como berenjena, camotes, chiles, floripondios, jitomates, papas, petunias, pimientos, tabacos, toloaches, tomates; como borrajas, heliotropos, nomeolvides, palomillas de tintes; como café, flores de mayo, gardenias; caobas, copales, limas, limones, naranjas, mandarinas, mangos, maples, nueces de la India, pirúles, pistaches, rudas, toronjas, zapotes blancos; como cereales, heno, juncos, pastos terrestres, piña, tules; como gobernadoras, guayacanes; como hortensias; como muérdagos, sándalos. También se encontraron sin flores, con semillas, sin frutos como abetos, araucarias, cedros, cícadas, cipreses, efedras, ginkgos, pinos, secuoyas. Por último, están las plantas sin flores, sin semillas, con esporas: antoceros, hepáticas, musgos.

Figura 61. Mapa de Distribución de Flora



Fuente: Elaboración propia con base a CONABIO (2021)

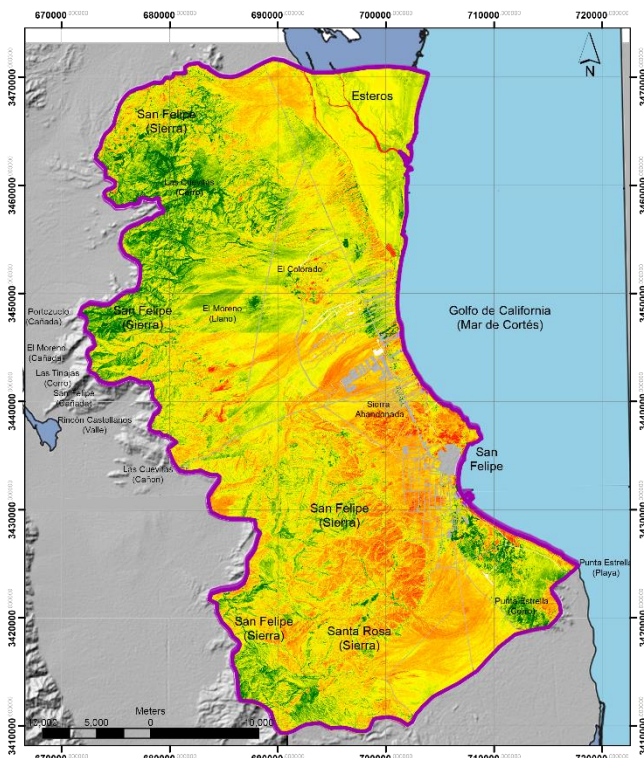
La flora muestreada por CONABIO (2021), está distribuida en mayor medida por el eje de la carretera federal No.5, sin embargo, también existe un eje transversal con un mayor número de ejemplares, este eje va de Oeste a Este, donde se encuentra el cañón de las Cuevas y la sierra de San Felipe, pasando por la sierra Abandonada, hasta llegar al Golfo de California. Otro punto relevante a resaltar es la presencia de especies de flora cercanas a los escurrimientos. Para obtener de una manera más certera la distribución de las especies vegetales dentro del área de estudio se realizó el NDVI, con la imagen satelital más reciente, la Landsat 8 del 2020.

De la distribución de vegetación de acuerdo al NDVI, se obtuvieron dos resultados, por una parte, el general, que te arroja por default el programa y por otro lado la reclasificación para obtener donde está la vegetación más vigorosa.

NDVI General

El NDVI general, representado en la Figura 62, es el que el programa asigna de forma predeterminada al hacer el proceso de álgebra de mapas y esta expresado en un rango del -1 al 1, donde el -1 es donde no existe presencia de vegetación, mientras que el 1 o cercano al 1, es donde está la vegetación más vigorosa.

Figura 62. NDVI general



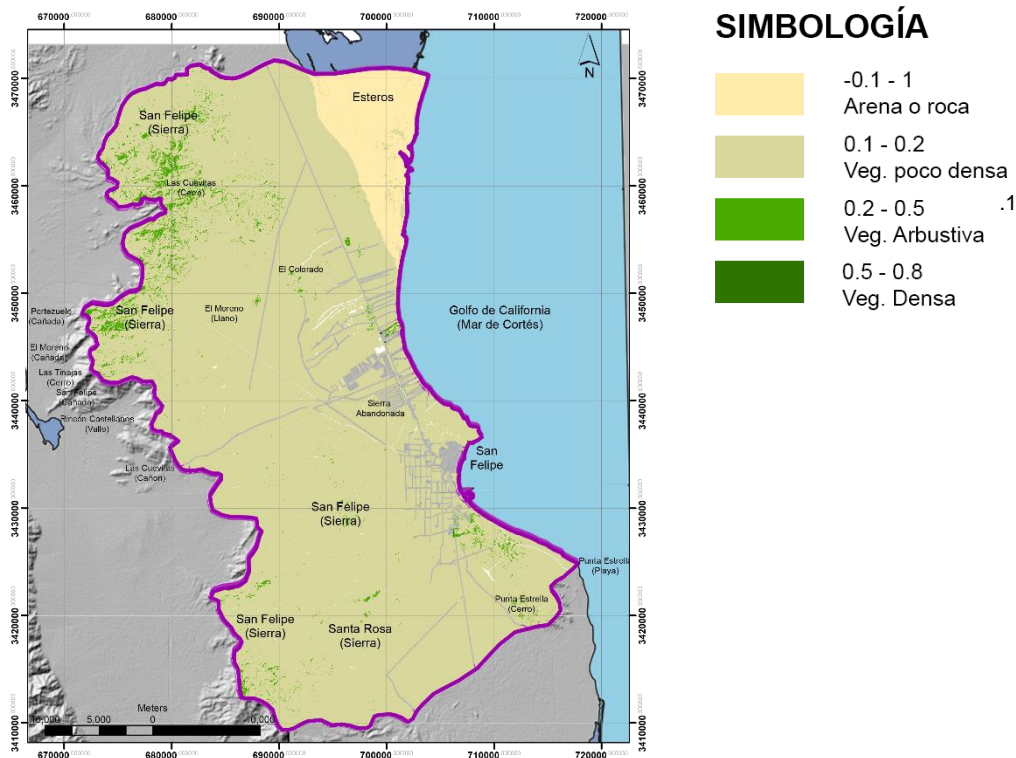
Fuente: Elaboración propia con base en LANDSAT 8

En la Figura 62. se observa el gradiente representando a la vegetación, donde el -1 es expresado por naranja, el cual resalta sobre todo en zonas donde hay agua, zonas urbanas y algunas partes de los cerros; este expresa que no hay vegetación, el amarillo es el gradiente medio, el cual señala la presencia de vegetación dispersa y está distribuido a lo largo de la poligonal y por último está el verde, que señala la presencia de vegetación más vigorosa y se encuentra sobre todo en la parte Noroeste de la poligonal por la sierra de San Felipe y el cerro de las Cuevitas, en la parte Suroeste atrás de la sierra de San Felipe y de la sierra Santa Rosa y en la parte Sureste debajo de la marina y en el cerro Punta Estrella.

NDVI clasificado

El NDVI clasificado se dividió en 4 rangos de acuerdo a la USGC donde el primer rango va de - 0.1 a 0.1 y representa arena o roca, el segundo rango varia de 0.1 al 0.2 y representa la vegetación poco densa, el tercer rango va de 0.2 a 0.5 y representa vegetación arbustiva y del 0.5 al 0.8, representa vegetación densa (Ver Figura 63).

Figura 63. NDVI clasificado



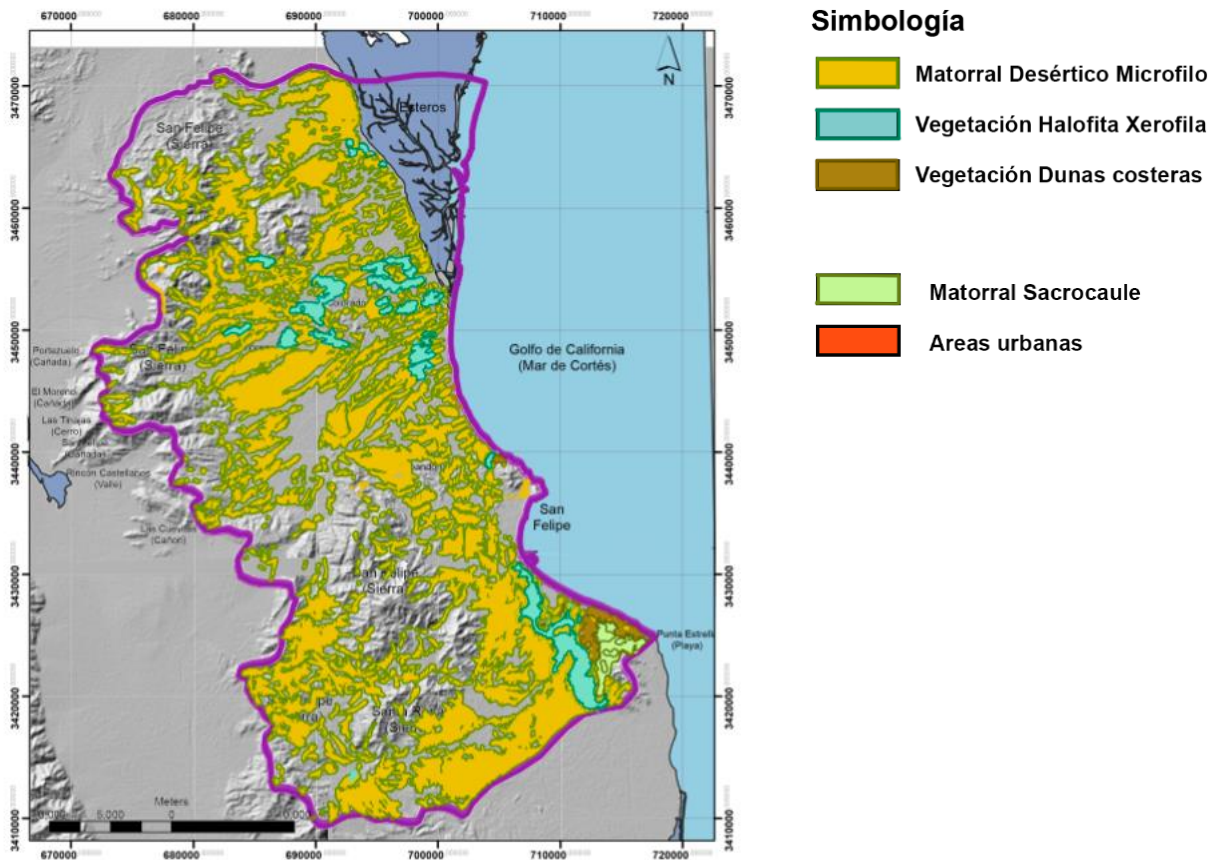
Fuente: Elaboración propia con base en LANDSAT 8

En la Figura 63, se puede apreciar el NDVI general donde los lugares que resalta más la vegetación, es como vegetación arbustiva y vegetación densa se encuentran en las mismas zonas, pero con menor intensidad, estas son al Noroeste, Sureste y Suroeste de la poligonal. La vegetación poco densa está distribuida a lo largo de toda la poligonal y la presencia de arena y roca se encuentra principalmente en los esteros. Con esta información, se procede a realizar la IV fundamental.

IV Fundamental

En esta IV se obtuvieron los lugares donde se encuentra la vegetación existente dentro del área de estudio como se aprecia en la Figura 64, la cual es capaz de proveer beneficios naturales tanto al sitio como a los seres humanos.

Figura 64. IV fundamental.



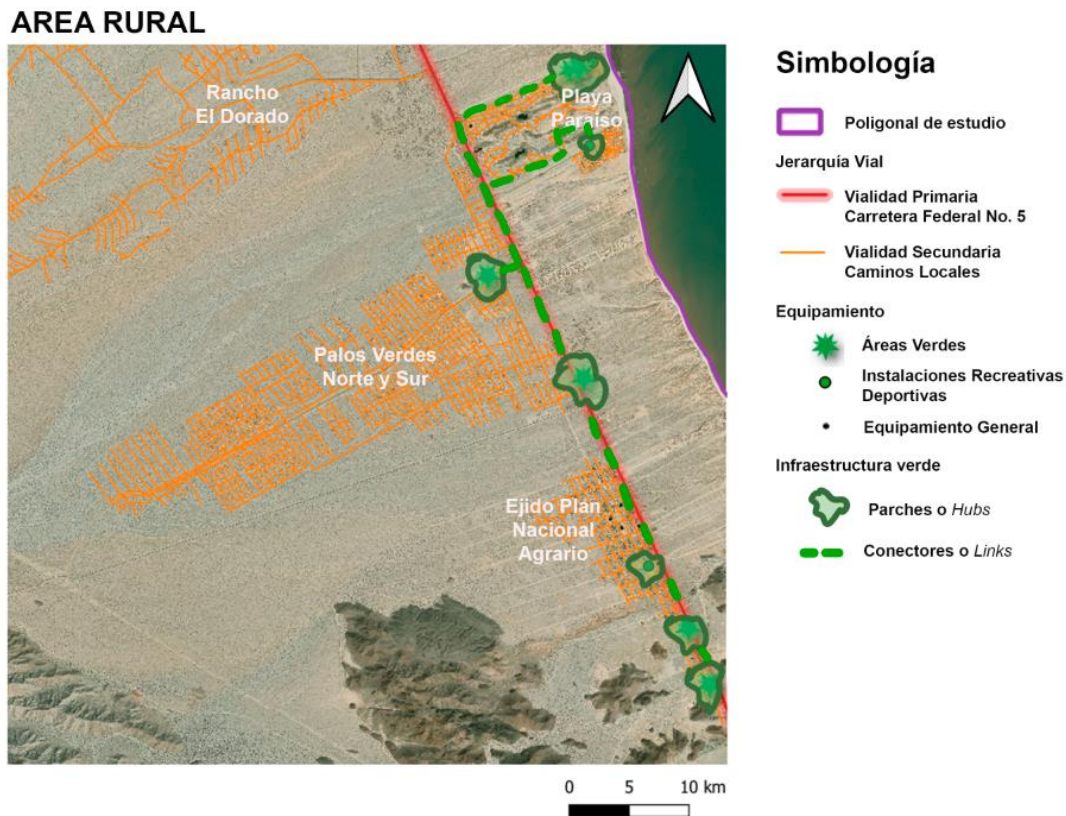
Fuente: Elaboración propia

Los elementos analizados para determinar donde se encuentra la IV, son el mapa resumen de vegetación, la clasificación supervisada 2020, el NDVI 2020 y la distribución de flora, los cuales están representados en la Figura 64. por un color amarillo con contorno verde, tomando en cuenta que en este apartado se analizan principalmente los parches o *hubs*, y en el principio de conectividad se analiza de una manera más detallada las conexiones o *links*. Siendo los parches aquellas zonas donde existe vegetación incluyendo todos los ecosistemas existentes, matorral desértico microfilo, vegetación halófito xerófila, vegetación de dunas costeras, matorral sarcocaula, ya que debido a las características del sitio son las encargadas de proveer los servicios ecosistémicos en estas zonas los cuales también se traspasan a las zonas urbanas.

IV Urbana

Para cambiar de escala dentro de este principio de multiescalaridad, se toman en cuenta los elementos que conforman el sistema de áreas verdes dentro de la principal localidad analizada, la cual es San Felipe, donde se identifican la localización de áreas verdes, el equipamiento relacionado con las mismas, así como el sistema de transporte, representado por la jerarquía vialidad, como se observa en la Figura 65.

Figura 65. IV Rural

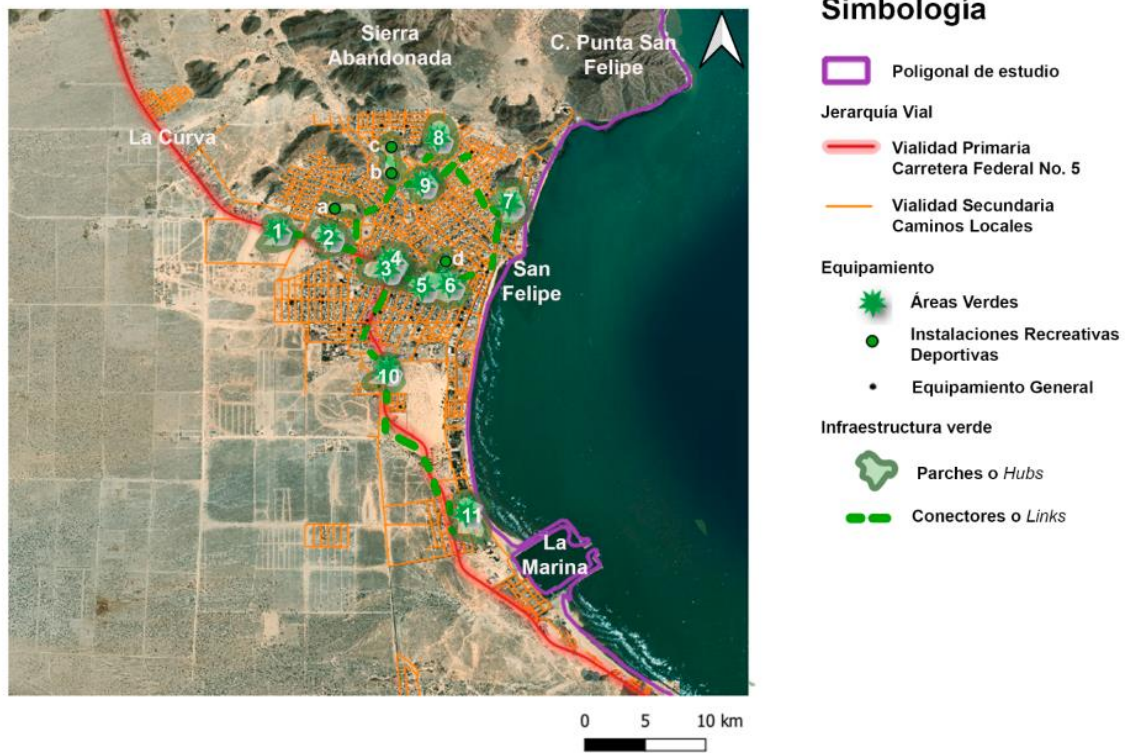


Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

La Figura 65, se determina como área rural de acuerdo al ámbito del equipamiento señalado en la carta de INEGI (2008), donde se pueden encontrar 2 escuelas, 2 mercados y 1 templo, además de 5 áreas verdes y 2 instalaciones recreativas – deportivas; en esta escala estos los parches o *hubs*, que conforman la IV urbana y tienen por conectores o *links*, la vialidad, tanto primaria como secundaria. Del mismo modo se obtuvo la IV urbana, donde se encuentra la localidad de San Felipe, B.C. como se observa en la Figura 66, donde también se analizó el tipo de área verde o infraestructura recreativa - deportiva marcado en el INEGI (2008), las cuales están representadas en la Tabla 25.

Figura 66. IV urbana






AREA URBANA











Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

En la Figura 66. de acuerdo con INEGI (2008) se encuentran 11 áreas verdes, identificadas por números y 4 infraestructuras recreativo – deportiva, identificadas por letras minúsculas, de estas zonas con apoyo de Google Earth se reconocieron el tipo de área verde o instalaciones pertenecientes a la carta de INEGI, teniendo la siguiente tabla.

Tabla 28. Tipos de Áreas Verdes en la zona urbana.

Id. No.	Tipo	Imagen planta	Imagen en alzado
1	Camellón		
2	Instalaciones Deportivas		
3 y 4	Camellón / Distribuidor vial		
5	Parque urbano Parque Hayward		
6	Parque Vecinal		
7	Instalación deportiva Estadio de Beisbol		





Id. No.	Tipo	Imagen planta	Imagen en alzado
8	Parque de usos múltiples Rosendo Cortés Gallegos		 <p data-bbox="879 517 1278 595">Imagen recuperada de https://crisolvirtual.wordpress.com</p>
9	Parque vecinal		 <p data-bbox="879 887 1198 965">Imagen recuperada de https://nicelocal.com.mx/</p>
10	Camellón		
11	Instalaciones recreativas y deportivas privadas “Playa Club”		

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2023)

De los 11 tipos de áreas verdes en las zonas urbanas, 4 son distribuidores viales como glorietas o camellones, 3 son instalaciones deportivas y 4 son parques vecinales, de usos múltiples y urbanos, tomando en cuenta que para formar parte de una IV, la presencia de vegetación y de agua es un requisito indispensable, el área 7, correspondiente al estadio de Beisbol, no podía formar parte de esta IV, del mismo modo, las zonas correspondientes a los distribuidores viales, pasarían a formar parte de la conectividad, siendo conectores en lugar de

parches. Del mismo modo se analizaron las instalaciones deportivas ubicadas en la Figura 66 y representadas en la Tabla 29.

Tabla 29. Tipos de Instalaciones deportivas en la zona urbana.

Id. No.	Tipo	Imagen en alzado
a	No encontrada	
b	No encontrada	
c	Cancha de Basquetbol	
d	No encontrada	

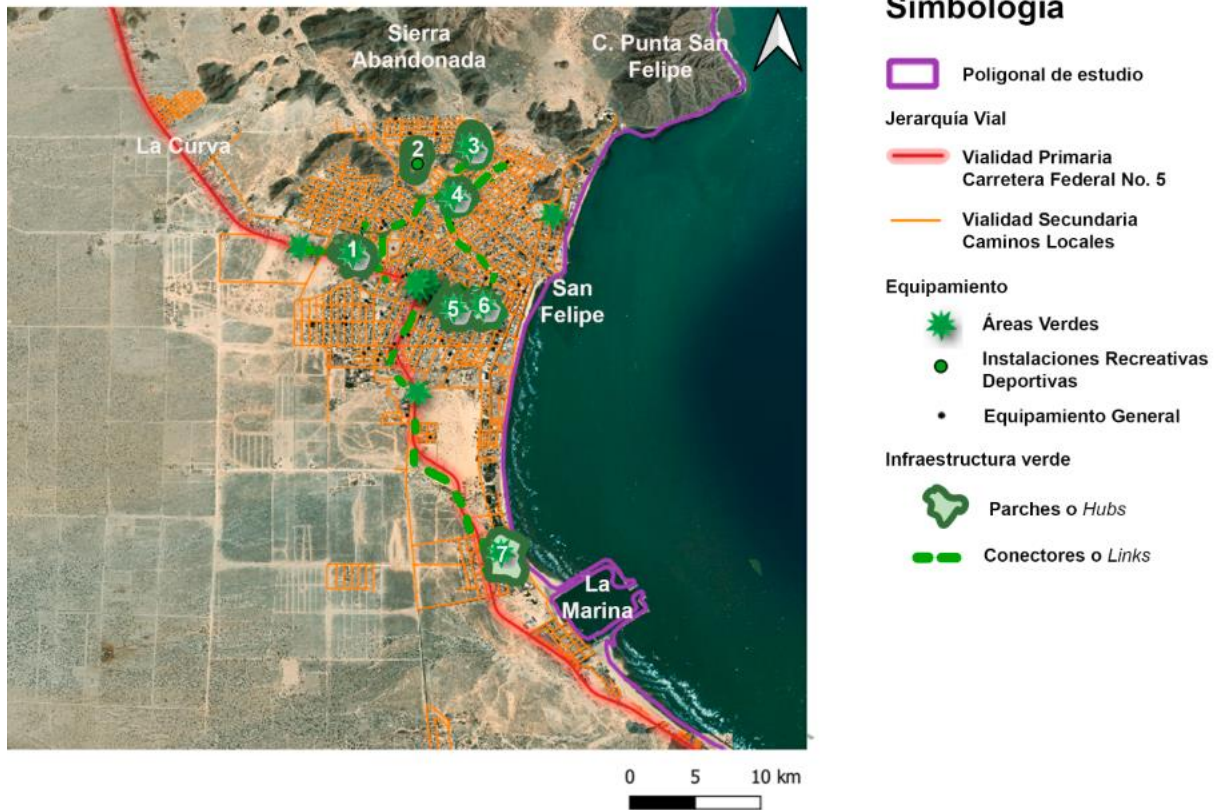
Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2023)

En cuanto a las instalaciones deportivas ubicadas por INEGI, y referenciadas en la Figura 67 el único espacio exclusivo para el deporte es la letra c, la cancha de basquetbol, los demás espacios no representan un uso exclusivo para el deporte, como se aprecia en la Tabla 29, sin embargo, si se aprecian diversos terrenos baldíos que se pueden destinar a este uso, sin tener ninguna estructura formal establecida, inclusive algunos son terrenos particulares. Por las

cualidades de estos espacios, no podrían formar parte de la IV urbana, debido a que no proveen los servicios ecosistémicos necesarios, a menos de que se llegaran a adaptar; por lo tanto, la IV urbana quedó con 7 parches, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 67. IV urbana en el proyecto

AREA URBANA



Fuente: Elaboración propia (2023)

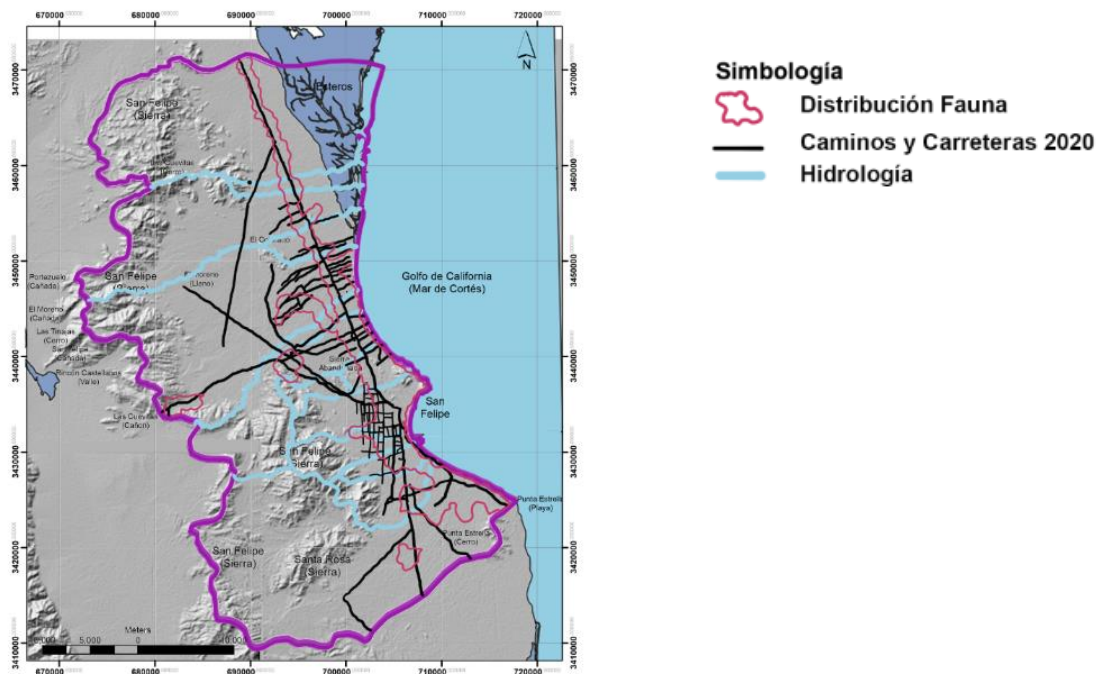
Los espacios ubicados en la Figura 67 son aquellos que sí cuentan con el potencial necesario para formar parte de la IV urbana, sobre todo de los parches. Tomando en cuenta que estos se conectan mediante la vialidad principal, la Carretera Federal No. 5 y las vialidades locales. Gracias a las diferentes escalas se pueden conectar la IV fundamental con la urbana y la rural; para entender de una mejor manera esta conexión en el área de estudio, se desarrolló el siguiente principio: Conectividad.

Conectividad

Con la conectividad se busca encontrar las conexiones, por medio de los elementos existentes, como son la hidrología y los caminos y carreteras, a este caso se le añadió la distribución de fauna, y lo que buscan conectar son los parches determinados en la IV fundamental, y que a su vez estas conexiones se unan con la IV urbana encontrada en el apartado anterior.

Al unir los mapas de hidrología, caminos y carreteras y distribución de fauna tenemos la Figura 68, como la base para encontrar a los conectores, la cual al sobreponerla con los parches de la IV. Fundamental, se obtiene la Figura 69, donde los *Hubs*, son los espacios que se busca conectar; por lo tanto, al utilizar las conexiones de la Figura 68, se obtiene la figura 70, mostrando los parches conectados, y la red planeada que conforma a la IV.

Figura 68. Conexiones



Fuente: Elaboración propia (2023)

En la Figura 70, podemos observar la IV completa, donde sobresalen las conexiones obtenidas gracias a la hidrología, en azul punteado son las partes que no tienen vegetación, el verde punteado son los escurrimientos con vegetación aledaña. Por otra parte, en naranja se resaltan las conexiones entre zonas de vegetación utilizando los caminos y carreteras; En rojo punteado resalta el corredor de fauna, donde se encuentran las zonas de distribución de la misma. Estos lugares de conexión también sirven para establecer relación entre las zonas naturales y las áreas rurales y urbanas, para de este modo poder aprovechar los beneficios ecosistémicos de la IV. Tomando en cuenta que uno de los puntos focales de la IV es la vegetación existente aunado a la presencia de agua; por lo tanto, se realiza el siguiente apartado, el de diversidad, donde se hace un análisis de las principales especies existentes en el área de estudio, las cuales se califican con un instrumento y se determina si son idóneas o no, para formar parte de la IV.

Diversidad

Para determinar la diversidad se utilizó el instrumento de Radhakrishnan et al. (2019) donde se calificaron las especies de CONABIO (2023), utilizando la distribución de flora, son 209 especies pertenecientes al matorral desértico micrófilo, matorral sarcocaulé, vegetación halófila xerófila, y vegetación de dunas costeras. La primera hace referencia a aquella vegetación de hojas diminutas, el matorral sarcocaulé es aquella vegetación de tallos gruesos, la vegetación halófila xerófila, se encuentra en suelo con sales (halófila) y presenta escasez de agua (xerófila), y la última, la vegetación de dunas costeras puede ser aquella vegetación halófila, herbácea o matorrales arbustivos localizada sobre dunas.

De las 209 especies calificadas, se obtuvieron 138 herbáceas, 56 arbustos, 12 árboles y 3 enredaderas, como se aprecia en la Tabla 30, donde se expresan el nombre de la especie y la calificación obtenida por cada una. Las especies más compatibles para formar parte de la IV son aquellas con calificaciones más altas, mientras que aquellas con calificaciones más bajas son las menos compatibles. En este análisis se calificó a las 209 especies de CONABIO, la calificación máxima es de 18 y la calificación mínima de 7, la media obtenida es de 12, y el promedio es de 13 puntos.

Tabla 30. Calificación de especies para IV.

Herbaceas					
Nombre científico	Calif.	Nombre científico	Calif.	Nombre científico	Calif.
<i>Abronia villosa</i>	16	<i>Chylismia claviformis peirsonii</i>	12	<i>Gilia austrooccidentalis</i>	13
<i>Abronia villosa villosa</i>	16	<i>Coreocarpus parthenioides</i>	12	<i>Hedeoma martirensis</i>	13
<i>Achyronychia cooperi</i>	11	<i>Coreocarpus parthenioides</i>	12	<i>Hesperocallis undulata</i>	13
<i>Agave (Agave) deserti</i>	14	<i>Cottisia gracilis</i>	12	<i>Hieracium fendleri</i>	16
<i>Allionia incarnata</i>	13	<i>Cryptantha angustifolia</i>	10	<i>Hilaria rigida</i>	17
<i>Allium eurotophilum</i>	15	<i>Cryptantha costata</i>	11	<i>Hymenopappus filifolius</i>	14
<i>Amaranthus fimbriatus</i>	11	<i>Cryptantha holoptera</i>	8	<i>Hypericum anagalloides</i>	12
<i>Amaranthus palmeri</i>	14	<i>Cryptantha maritima</i>	10	<i>Johnstonella angustifolia</i>	10
<i>Ambrosia carduacea</i>	12	<i>Cylindropuntia bigelovii</i>	13	<i>Linanthus melingii</i>	12
<i>Anaphalis margaritacea</i>	14	<i>Cylindropuntia tesajo</i>	13	<i>Lotus rigidus</i>	11
<i>Antirrhinum cyathiferum</i>	13	<i>Dalea purpusii</i>	12	<i>Lotus strigosus</i>	12
<i>Aphyllon cooperi</i>	10	<i>Descurainia obtusa</i>	12	<i>Lupinus arizonicus</i>	16
<i>Argythamnia serrata</i>	9	<i>Dicoria canescens</i>	12	<i>Lupinus arizonicus arizonicus</i>	16
<i>Aristida adscensionis</i>	10	<i>Didymodon australasiae</i>	12	<i>Lupinus arizonicus lagunensis</i>	16
<i>Aristida californica</i>	11	<i>Ditaxis lanceolata</i>	12	<i>Lupinus arizonicus setosissimus</i>	16
<i>Asclepias albicans</i>	13	<i>Dithyrea californica</i>	15	<i>Lupinus sparsiflorus</i>	14
<i>Astragalus insularis</i>	9	<i>Drymaria holosteoides crassifolia</i>	12	<i>Lyrocarpa coulteri</i>	10
<i>Astragalus insularis harwoodii</i>	9	<i>Echinocereus mombergerianus</i>	14	<i>Lyrocarpa coulteri palmeri</i>	10
<i>Astragalus magdalenae</i>	17	<i>Encelia farinosa</i>	12	<i>Malperia tenuis</i>	12
<i>Atriplex barclayana</i>	11	<i>Encelia farinosa phenicodonta</i>	12	<i>Mammillaria dioica</i>	14
<i>Baileya pleniradiata</i>	14	<i>Encelia frutescens</i>	14	<i>Mammillaria tetrancistra</i>	14
<i>Bebbia juncea aspera</i>	12	<i>Encelia ravenii</i>	12	<i>Marina parryi</i>	11
<i>Boerhavia wrightii</i>	12	<i>Enneapogon desvauxii</i>	10	<i>Mentzelia adhaerens</i>	8
<i>Bouteloua barbata</i>	11	<i>Erigeron divergens</i>	14	<i>Mentzelia aspera</i>	8
<i>Brassica tournefortii</i>	10	<i>Eriogonum inflatum</i>	15	<i>Mentzelia desertorum</i>	12
<i>Camissonia californica</i>	14	<i>Eriogonum reniforme</i>	14	<i>Mentzelia involucrata</i>	10
<i>Camissonia cardiophylla</i>	14	<i>Eriogonum thurberi</i>	13	<i>Mentzelia involucrata megalantha</i>	10
<i>Camissonia claviformis</i>	12	<i>Errazurizia megacarpa</i>	14	<i>Mentzelia longiloba</i>	10
<i>Camissonia claviformis peirsonii</i>	12	<i>Euphorbia eriantha</i>	13	<i>Mohavea confertiflora</i>	14
<i>Cannabis sativa</i>	8	<i>Euphorbia pediculifera</i>	12	<i>Nemacaulis denudata</i>	14
<i>Caulanthus lasiophyllus</i>	13	<i>Euphorbia pediculifera pediculifera</i>	12	<i>Nicolletia occidentalis</i>	11
<i>Cenchrus palmeri</i>	10	<i>Euphorbia polycarpa polycarpa</i>	12	<i>Nicolletia trifida</i>	11
<i>Chaenactis carphoclinia</i>	13	<i>Euphorbia setiloba</i>	12	<i>Nolina bigelovii</i>	14
<i>Chenopodium album</i>	11	<i>Fagonia densa</i>	12	<i>Oenothera deltoides</i>	12
<i>Chorizanthe rigida</i>	12	<i>Fagonia pachyacantha</i>	12	<i>Oenothera deltoides deltoides</i>	12
<i>Chylismia claviformis</i>	12	<i>Funastrum hirtellum</i>	12	<i>Oligomeris linifolia</i>	8

Herbaceas		Arbusto			
Nombre científico	Calif.	Nombre científico	Calif.		
				<i>Hibiscus denudatus</i>	13
<i>Ottleya strigosa</i>	11	<i>Abutilon palmeri</i>	17	<i>Hoffmannseggia microphylla</i>	10
<i>Palafoxia arida</i>	12	<i>Acalypha californica</i>	16	<i>Horsfordia newberryi</i>	11
<i>Palafoxia arida arida</i>	12	<i>Adenophyllum porophylloides</i>	15	<i>Hyptis emoryi</i>	14
<i>Penstemon eximius</i>	13	<i>Allenrolfea occidentalis</i>	13	<i>Justicia californica</i>	16
<i>Perityle emoryi</i>	14	<i>Ambrosia dumosa</i>	9	<i>Krameria bicolor</i>	8
<i>Phacelia affinis</i>	10	<i>Ambrosia ilicifolia</i>	12	<i>Krameria grayi</i>	9
<i>Phacelia crenulata</i>	11	<i>Ambrosia salsola pentalepis</i>	12	<i>Larrea tridentata</i>	14
<i>Phoradendron californicum</i>	7	<i>Asclepias subulata</i>	13	<i>Lophocereus schottii</i>	14
<i>Pilostyles thurberi</i>	7	<i>Atriplex canescens laciniata</i>	11	<i>Lycium brevipes</i>	12
<i>Plantago ovata</i>	13	<i>Atriplex polycarpa</i>	12	<i>Lycium brevipes brevipes</i>	12
<i>Plantago ovata fastigiata</i>	13	<i>Bahiopsis parishii</i>	13	<i>Opuntia engelmannii engelmannii</i>	14
<i>Pleurocoronis pluriseta</i>	10	<i>Brandegea bigelovii</i>	11	<i>Opuntia polyacantha</i>	15
<i>Poa fendleriana</i>	14	<i>Croton californicus</i>	11	<i>Petalonyx thurberi</i>	13
<i>Proboscidea altheifolia</i>	13	<i>Cylindropuntia californica</i>	12	<i>Psilostrophe cooperi</i>	14
<i>Pseudorontium cyathiferum</i>	12	<i>Cylindropuntia echinocarpa</i>	12	<i>Psorothamnus emoryi</i>	14
<i>Schismus barbatus</i>	10	<i>Cylindropuntia ganderi ganderi</i>	12	<i>Psorothamnus emoryi emoryi</i>	14
<i>Sibara brandegeana</i>	10	<i>Cylindropuntia munzii</i>	12	<i>Psorothamnus schottii</i>	11
<i>Sibara laxa</i>	10	<i>Cylindropuntia ramosissima</i>	12	<i>Senna armata</i>	11
<i>Sphaeralcea orcuttii</i>	14	<i>Cylindropuntia sanfelipensis</i>	13	<i>Senna covesii</i>	16
<i>Stephanomeria pauciflora</i>	12	<i>Dalea cliffortiana</i>	10	<i>Simmondsia chinensis</i>	16
<i>Tiquilia palmeri</i>	13	<i>Datura discolor</i>	12	<i>Sphaeralcea ambigua</i>	16
<i>Tiquilia plicata</i>	12	<i>Descurainia pinnata</i>	14	<i>Stegnosperma halimifolium</i>	13
<i>Trichoptilium incisum</i>	12	<i>Ephedra trifurca</i>	14	<i>Stillingia spinulosa</i>	10
<i>Trifolium wigginsii</i>	13	<i>Euphorbia misera</i>	12	<i>Suaeda moquini</i>	15
<i>Triteleopsis palmeri</i>	13	<i>Fouquieria splendens</i>	14	<i>Suaeda nigra</i>	15
<i>Viguiera deltoidea</i>	12	<i>Fouquieria splendens splendens</i>	14	<i>Tetracoccus fasciculatus hallii</i>	10
		<i>Frankenia palmeri</i>	16	<i>Thamnosma montanum</i>	13
				<i>Wislizenia refracta</i>	12

Arboles		Enredadera	
	Calif.		Calif.
<i>Acacia greggii</i>	15	<i>Cucurbita palmata</i>	12
<i>Acacia greggii greggii</i>	15	<i>Passiflora palmeri</i>	13
<i>Bursera hindsiana</i>	16	<i>Phaseolus filiformis</i>	13
<i>Bursera microphylla</i>	16		
<i>Olneya tesota</i>	18		
<i>Pachycereus pringlei</i>	16		
<i>Parkinsonia microphylla</i>	14		
<i>Pinus (Pinus) jeffreyi</i>	13		
<i>Prosopis glandulosa</i>	14		
<i>Psorothamnus spinosus</i>	14		
<i>Salix bonplandiana</i>	14		

Fuente: Elaboración propia con base a CONABIO (2023)

En la Tabla 30. Se aprecian las calificaciones obtenidas por especie, de acuerdo a Radhakrishnan et al. (2019). De manera general podemos observar que las especies con mayor compatibilidad para formar parte de la IV de San Felipe, son aquellas que tienen una

calificación de 16, 17 y 18, mientras que las menos compatibles para formar parte de esta IV son las que tienen calificaciones de 7,8 y 9 puntos como se puede apreciar en la Tabla 31.

Tabla 31. Especies más y menos compatibles con la IV.

Calificaciones más altas de 16, 17 y 18 puntos	Calificaciones más bajas de 7, 8 y 9 puntos
<p><i>Abronia villosa</i>, <i>Abronia villosa villosa</i>, <i>Abutilon palmeri</i>, <i>Astragalus magdalanae</i>, <i>Bursera hindsiana</i>, <i>Bursera microphylla</i>, <i>Distichlis palmeri</i>, <i>Frankenia palmeri</i>, <i>Hieracium fendleri</i>, <i>Hilaria rigida</i>, <i>Justicia californica</i>, <i>Lupinus arizonicus</i>, <i>Lupinus arizonicus arizonicus</i>, <i>Lupinus arizonicus lagunensis</i>, <i>Lupinus arizonicus setosissimus</i>, <i>Olneya tesota</i>, <i>Pachycereus pringlei</i>, <i>Prosopis pubescens</i>, <i>Senna covesii</i>, <i>Simmondsia chinensis</i> y <i>Sphaeralcea ambigua</i>.</p>	<p><i>Ambrosia dumosa</i>, <i>Argythamnia serrata</i>, <i>Astragalus insulares</i>, <i>Astragalus insularis harwoodii</i>, <i>Cannabis sativa</i>, <i>Cryptantha holoptera</i>, <i>Krameria bicolor</i>, <i>Krameria grayi</i>, <i>Mentzelia adhaerens</i>, <i>Mentzelia aspera</i>, <i>Oligomeris linifolia</i>, <i>Phoradendron californicum</i>, <i>Pilostyles thurberi</i>.</p>

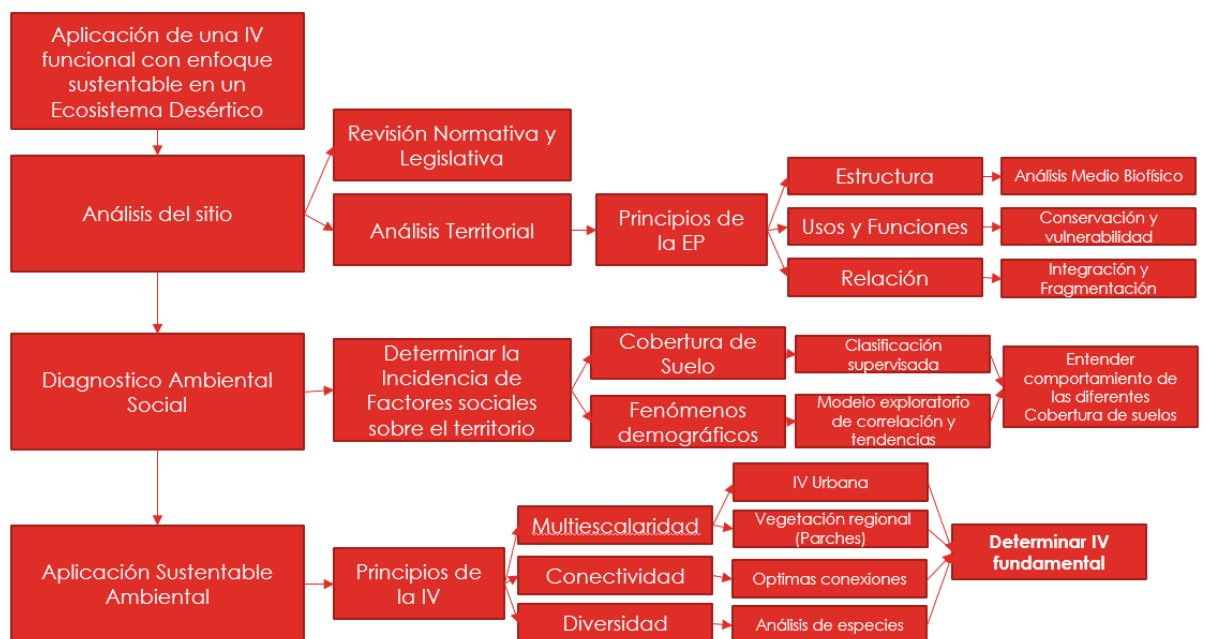
Fuente: Elaboración propia con base a CONABIO (2023)

Con la aplicación de este principio se concluye lo propuesto en la parte metodológica de la presente investigación y se procede con la descripción del modelo para la elaboración de una IV funcional y sustentable en un paisaje desértico.

MODELO DE INFRAESTRUCTURA VERDE (IV)

El objetivo general de esta investigación es “Generar un modelo sustentable de planeación del paisaje territorial que contenga los principios de la EP y de la IV, para el desarrollo de una IV funcional, en un paisaje desértico, utilizando al caso de estudio, San Felipe, B.C”. Tomando en cuenta que un modelo de planeación es la abstracción de la realidad representada en un proceso, el cual determina los diferentes pasos a seguir para lograr el objetivo planteado (Flores y Gómez, 2008). Del mismo modo, los autores expresan que los modelos de planeación deben ser explicables, predecibles, generales, unificadores, originales, simples, reales, probables y verificables. Tomando esto en consideración se realiza el modelo de IV (ver Figura 71).

Figura 71. Modelo de IV



Fuente: Elaboración Propia

El modelo de IV explica los pasos a seguir para poder plantear una IV funcional de manera general a pesar de que en este trabajo se aplica en un ecosistema desértico. Para aplicarlo el primer paso es el análisis al sitio, donde se realiza tanto el análisis normativo y legislativo para ver las normas y leyes que inciden directamente en la aplicación del proyecto y por otra parte es el análisis territorial, en el cual se utilizan los principios de la EP para

entender el territorio, estructura, usos y funciones y relación; la estructura se tomó como el análisis del medio biofísico que sirve para entender lo que está sucediendo en el área de estudio; en los usos y funciones se determinan el uso de conservación y la vulnerabilidad, es decir las áreas propias para conservarse y las áreas consideradas como un riesgo para la existencia asentamientos humanos; en la relación se determinó la integración o fragmentación del paisaje del área de estudio, basado en el análisis de vegetación.

El segundo paso es el diagnóstico ambiental social, se determinó si existe o no incidencia entre los factores demográficos y el cambio en la cobertura de suelo, para realizarlo se analiza la cobertura de suelo por medio de una clasificación supervisada digital, la cual se cruza con los factores demográficos por medio de un análisis exploratorio de correlación y tendencias, esto se realiza para poder obtener el comportamiento de las diferentes coberturas de suelo con respecto a la demografía.

El tercer paso es la aplicación sustentable ambiental, la cual se realiza siguiendo los principios de la IV, multiescalaridad, conectividad y diversidad. Con la multiescalaridad obtenemos la IV urbana y la vegetación regional en el área de estudio; La conectividad, como su nombre lo indica establece las conexiones óptimas que debe de haber en la IV, para consolidar la red. Uniendo la IV urbana con la vegetación regional más las conexiones, es cuando se puede obtener la IV fundamental. Tomando en cuenta que de lo más relevante para la IV es la vegetación, aunado a la presencia de agua, se busca determinar la vegetación ideal de la IV, por medio de la Diversidad, es por esto que la unión de estos tres principios nos lleva a obtener la IV en la subcuenca de San Felipe, Baja California.

Con este modelo se logra cumplir el objetivo general planteado, sin embargo, posteriormente se explican las recomendaciones pertinentes para complementar este trabajo y lograr la aplicación de la IV.

CONCLUSION

Se logró el Objetivo General, planteando el modelo territorial de Infraestructura Verde (IV) funcional y sustentable, por medio de un análisis territorial (objetivo 1), un diagnóstico ambiental social (objetivo 2) y una aplicación sustentable (objetivo 3), para poder realizar un sistema completo. Tomando en cuenta que la IV no solo son parches y corredores por separado, si no, que es todo un sistema, (Ferreira y Monteiro, 2021), por lo tanto, se planteo dentro de un subsistema natural que es la subcuenca d, de la cuenca A, perteneciente a la RH4 donde se encuentra San Felipe, y que por sí sola tiene características naturales que convergen de manera armoniosa y de este modo la IV se adapte y funcione adecuadamente dentro del sistema general, por lo que es primordial entender este sistema.

En este caso el sistema se empieza a entender por medio del análisis territorial, encontrando las zonas de conservación y vulnerabilidad, que permiten delimitar el crecimiento urbano en lugares donde no es riesgoso para los habitantes y la vegetación no tiene rasgos sobresalientes para su conservación, logrando así que no se interrumpa la producción de servicios ecosistémicos.

En este trabajo se optó por utilizar la metodología de McHarg (2000) en lugar de la de Unidades de Paisaje del POE (P.O., 2014) para entender el territorio en la escala deseada dentro de un subsistema completo como lo es la subcuenca d; debido a que las Unidades de Paisaje en el P.O. (2014) están basadas en la división territorial de la tenencia del suelo, es decir, la Unidad de Paisaje que pertenece al área de estudio es la 2.2.F.6.4.b-4, la cual comprende 6 áreas referentes a la propiedad del suelo, como ejidos, fraccionamientos y ranchos, siendo estas delimitaciones realizadas por intervención humana, tomando en cuenta que la naturaleza no conoce fronteras y se buscaba ser parte de un sistema natural para la aplicación de la IV en San Felipe, la metodología de Mc Harg, permitió el análisis del subsistema completo.

Otra de las razones por la que no se utilizaron las Unidades de Paisaje del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es la disparidad de los años de la normativa, considerando que la zona de estudio se elaboró en 1993 y el POEGT es del 2014, implicando un problema para su aplicación debido a que el orden lógico es ir de lo general a lo particular; para encontrar en la normativa local las líneas de acción a seguir, por lo tanto, su aplicación se vuelve complicada si la escala local esta desactualizada.

Con el análisis territorial realizado en San Felipe, se pudieron abordar diversos aspectos ambientales, utilizando los principios de la EP, estructura, usos y funciones y relación, por medio de un análisis cartográfico esto con el fin de entender el comportamiento del territorio, encontrar los usos y funciones de conservación y vulnerabilidad, además de la relación en el área de estudio, para así tener el contexto general del funcionamiento del sistema y de esta manera se obtuvo la primera base de lo que es la IV en San Felipe, a la cual se le sobrepusieron los hallazgos encontrados en los siguientes apartados y de esta manera se obtuvieron los lugares idóneos para que la IV fundamental se pueda consolidar.

Con la estructura de McHarg (2000) y los principios de la EP se daba una buena idea de cómo funciona el territorio, sin embargo, el panorama no estaba completo para poder plantear una IV sustentable en San Felipe, debido a que faltaba detalle en algunos datos del medio biofísico, además de solo abordar un pilar de la sustentabilidad, y se quedaba a una escala muy grande en su aplicación, tomando esto en consideración se completó la metodología al utilizar los principios de la IV, buscando más detalle en temas del medio biofísico como es el clima, para que esta tuviera un sustento más completo, ampliando los temas ambientales, tomando el social por primera vez y bajando de escala para entender cómo podría empezar a aplicarse esta IV con las especies idóneas.

Dentro de los hallazgos encontrados dentro del primer objetivo, resalta el principio de la estructura natural, donde se revela una notoria diversidad en los elementos biofísicos característicos de la región, empezando por la topografía existiendo el estero, las sierras y áreas arenosas, además del área urbana que proporciona servicios turísticos y comerciales, en el clima se evidencia la parte extremosa característica del desierto. En la Geología la variación en la formación de las sierras y del desierto en cuanto a la clase de roca y las eras geológicas indican la importancia histórica del paisaje además de las zonas más vulnerables por la presencia de fallas y fracturas. En la hidrología subterránea se hace evidente la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la tendencia a la salinización del agua por la cercanía con el mar de Cortés. La vegetación resalta la biodiversidad existente en la cobertura vegetal que varía desde matorrales desérticos hasta vegetación halófila xerófila, con algunas áreas modificadas por las actividades humanas. Una vez que se consiguió este contexto general del sitio, se utiliza como base para obtener los usos y funciones del área de estudio, que en este caso son la conservación ambiental y la vulnerabilidad.

Al obtener las aptitudes de conservación y vulnerabilidad en la subcuenca de San Felipe, se desarrolló el segundo principio de la EP planteado, el de usos y funciones; donde se encontraron aquellas zonas más propicias a conservarse y las áreas más vulnerables para el emplazamiento de asentamientos urbanos. Con el uso de conservación se obtuvieron 5 zonas donde las más apta para conservarse son las sierras, seguida por las faldas de los cerros y las planicies donde se encuentra vegetación natural, la cual también se busca conservar; la que no es apta para conservación es la zona urbana. En cuanto a la vulnerabilidad las zonas de mayor riesgo de asentamiento humanos se encuentran en las puntas de los cerros, donde tienen mayor pendiente y presencia de fallas y fracturas de carácter geológico. Con base a este análisis realizado se logró comprender la vocación territorial al identificar las zonas con mayor propensión a conservarse y las de mayor vulnerabilidad ambiental, necesarias para lograr una gestión sostenible del territorio.

En el último apartado del análisis territorial se desarrolló el principio de relación, donde se encontró la existencia de una fragmentación en el paisaje en cuanto a la vegetación natural, por la presencia de elementos que cortan la continuidad de la misma, aunado a que las comunidades vegetales en el área de estudio son poco densas, se crean polígonos irregulares; sin embargo, existe una coherencia notable entre los tipos de comunidades vegetales existentes, (Matorral desértico microfilo, Vegetación de Dunas Costeras, Vegetación Halófila Xerófila, Matorral Sacrocaule) la cual la IV busca conservar, al evitar la introducción de especies que terminen con esta cohesión y al restaurar aquellos puntos de fragmentación que dividen los polígonos con la vegetación adecuada al tipo de comunidad, logrando un sistema de IV funcional.

El segundo objetivo aborda el diagnóstico ambiental social, donde se aplicó el principio de la IV de integración, el cual de acuerdo a Benedict y McMahon (2012), busca tomar más de un factor en consideración para entender las interrelaciones en el paisaje; por lo que se utilizaron las coberturas de suelo en cuatro décadas (1990, 2000, 2010 y 2020) y los factores demográficos en los mismos periodos de tiempos, esto es para observar si puede o no haber correlación entre estos factores. Debido a la información con la que se armaron las bases de datos, se obtuvo de un modelo exploratorio con sesgo, no obstante, los resultados nos ayudan a entender diversas pautas del comportamiento del territorio, sin ser totalmente determinante, ayuda a ser una guía, explicando las relaciones más fuertes entre variables, obteniendo como modelos significativos la correlación entre las dunas costeras y las áreas urbanas, caminos y carreteras, por lo tanto,

nos explica que las dunas costeras son las áreas más propensas a degradarse, siendo el ecosistemas más frágil al impacto humano, por lo tanto, dentro de la IV se vuelven un punto clave a proteger para que puedan seguir proveyendo los servicios ecosistémicos, como los de regulación.

Para resolver el tercer objetivo, la aplicación sustentable ambiental, se tomaron en cuenta los principios de la IV, multiescalaridad, conectividad y diversidad. En la multiescalaridad, Ferreira, y Monteiro (2021), proponen un método multicriterio para el diseño de IV, integrando los componentes ambientales y sociales, los cuales fueron de utilidad para complementar el análisis territorial a mayor detalle y de esta manera ya poder determinar con mayor precisión las áreas que forman parte de la IV fundamental y urbana, en esta última se encontraron 11 áreas verdes y 4 espacios recreativos deportivos, de acuerdo a INEGI (2008), las cuales al momento de analizarlas se acotaron a 7 parches, los cuales se busca unir con la IV fundamental y que de esta manera provean los servicios ecosistémicos necesarios.

Para encontrar los parches que forman parte de la IV fundamental se utilizó el mapa resumen de vegetación, la clasificación supervisada 2020, el NDVI 2020 y la distribución de flora y de esta manera encontrar aquellos patrones donde los factores convergen esto aunado a las zonas de conservación determina aquellas áreas fundamentales para formar los parches de la IV de San Felipe los cuales contribuyen a la adaptación de la localidad ante el Cambio Climático, favoreciendo la recarga de acuíferos y a la reproducción del ciclo del agua de manera sustentable (López y Benitez, 2022), resaltando uno de los motivos mas relevantes para la consolidación de esta IV.

Dentro del principio de conectividad se tomó en cuenta el trabajo de Corrales, et al. (2019), debido a que analiza la conectividad ecológica tomando en cuenta un factor extra que no todos los autores mencionan que es el de los flujos biológicos de las especies, debido a que la mayoría de los autores estudian la conectividad únicamente con estructuras hidrológicas como los escurrimientos y estructuras urbanas como las carreteras. Sin embargo, al tomar en cuenta los flujos biológicos de las especies de fauna, se refuerza el carácter de conservación del sitio y al mismo tiempo fortalece el sistema y los servicios ecosistémicos que el mismo va a proveer. Por lo tanto, se utilizaron los elementos de la hidrología, los caminos y carreteras y la distribución de fauna, para determinar la conectividad en San Felipe, llevando a afianzar las

relaciones existentes con los parches encontrados en el principio de multiescalaridad, dando como resultado la IV funcional y sustentable.

El último principio abordado en este trabajo es el de diversidad, donde se utilizó el instrumento desarrollado por Radhakrishnan, et al. (2019), quienes plantean una metodología que ayuda a seleccionar de una manera adecuada las especies vegetales que formarán parte de la IV, tomando en cuenta los requerimientos de agua propios para el sitio, debido a que la presencia del agua es el elemento más relevante para desarrollar una IV, debido a que sin ella ninguna especie podría desarrollarse, por lo tanto se busca encontrar aquellas especies cuyo requerimiento de agua sea acorde a San Felipe, siendo uno de los puntos que califica el instrumento de los autores. La intención de la selección de estas especies es encontrar aquellas que proveerán mejores beneficios ambientales, económicos y sociales, entre más alto sea la calificación de cada especie, es más benéfica y por lo tanto, más propicia a formar parte de la IV. En el caso de este estudio de las 209 especies calificadas, la máxima calificación es 18 y la mínima es de 7; por lo tanto, se tomaron como especies más benéficas aquellas con calificaciones de 16, 17 y 18 puntos, como las bruceras, lupinos y órganos, siendo especies llamativas con más de un uso en el paisaje y con utilidad para los humanos y bajo requerimiento de agua.

En conclusión, la aplicación de los principios de IV, como son multiescalaridad, conectividad y diversidad han permitido identificar las áreas clave para la implementación de la IV fundamental y urbana, reforzando el análisis ambiental y el diagnóstico ambiental social, esto por la adición de diferentes elementos, como la morfología, hidrología, clima y biodiversidad, logrando entender de esta manera, las características distintivas del territorio, desde las elevaciones de las sierras hasta los escurrimientos que conectan las sierras con el mar. Gracias a este enfoque integral se sientan las bases para una efectiva aplicación de una IV fundamental en el caso de San Felipe, debido a que se aprovechan las características naturales propias del sitio obtenidas en los parches encontrados y se optimiza la conectividad ecológica en beneficio de la sustentabilidad ambiental y el bienestar de la comunidad local

Para terminar, se puede afirmar, que la integración de los datos encontrados dentro de la aplicación ambiental, sumada al análisis y al diagnóstico, permite cerrar el modelo que logra una IV funcional y sustentable siguiendo los principios de la EP y de la IV, debido a que buscan una mejora en la planificación local de San Felipe, e integran de una manera efectiva al

crecimiento urbano con la conservación del entorno natural, al utilizar la IV. Al mismo tiempo, se plantean una serie de recomendaciones que fortalecer esta propuesta y ayudaran a complementar la aplicación de la IV en San Felipe, B.C.

RECOMENDACIONES

Para que la aplicación del “Modelo de IV Sustentable” sea posible se debe de completar con los elementos que por materia de tiempo no se realizaron en este trabajo, los cuales van en dos sentidos, el primero es en materia de sustentabilidad, la aplicación social y económica, y el segundo es en lo referente a los principios de la IV que no se abordaron, por lo tanto, se realizan las siguientes recomendaciones:

En cuanto a la sustentabilidad:

Abordar el eje social de una manera más directa con los actores involucrados por medio de encuestas y entrevistas.

Abordar el eje económico, obteniendo el costo que implica la aplicación de la IV, así como entender los beneficios financieros que la IV puede atraer para los habitantes de la región.

En cuanto a los principios de la IV que no fueron tratados en esta investigación como multifuncionalidad, continuidad, gobernanza y aplicabilidad:

Con la multifuncionalidad se busca a la IV para tener un óptimo diseño basado en diferentes ciencias que lo respalden y se complementen entre sí como la Biología, EP, Arquitectura de paisaje, Geografía e Ingeniería civil y de esta manera pueda aprovecharse al máximo proveyendo a los habitantes de la localidad los servicios ecosistémicos propios de la IV traducido en los beneficios económicos, sociales y ambientales (Benedict y Mc Mahon. 2012; Monteiro, et al., 2020).

Con la continuidad se busca garantizar el buen funcionamiento de la IV no solo de manera inmediata, sino a corto, mediano y largo plazo, planteando metas y monitoreando resultados, donde la comunidad pueda obtener los beneficios de la IV mejorando su calidad de vida obteniendo sistemas ecológicos sanos (Benedict y Mc Mahon. 2012; Monteiro, et al., 2020).

En la gobernanza se busca la comunidad pueda realizar actividades a escala regional, para esto es indispensable la implicación de actores gubernamentales y de los líderes de la propia comunidad (Benedict y Mc Mahon. 2012; Monteiro, et al., 2020).

En el principio de aplicabilidad, revisar la regulación del uso de suelo regional y urbano para que este no se interponga con la conservación de las áreas naturales, así como la revisión de la cuestión económica debido a que muchas veces restaurar los sistemas naturales termina saliendo más caro que proteger terrenos y al mismo tiempo buscar su compatibilidad con los planes de ordenamiento ecológico vigentes (Benedict y Mc Mahon. 2012; Monteiro, et al., 2020).

REFERENCIAS

- Abraham, E.M. y Salomón, M. (2014) El desierto como espacio de oportunidad: desertificación versus desarrollo sustentable. *Ciencia e investigación*, 64(1), 59 - 66.
- Abunyewah, M., Erdiaw-Kwasie, M. O., Acheampong, A. O., Arhin, P., Okyere, S. A., Zanders, K., ... & Lassa, J. (2023). Understanding climate change adaptation in Ghana: The role of climate change anxiety, experience, and knowledge. *Environmental Science & Policy*, 150, 103594.
- Advani, N. K. (2023). Assessing species vulnerability to climate change, and implementing practical solutions. *Biological Conservation*, 286, 110284.
- Alanís de la Roja, J.A., y Cuenca Lara, R.A. (2020). Inventario Nacional y Forestal de Suelos. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). INFyS – CONAFOR (cnf.gob.mx)
- Antrop, M. (2013). A brief history of landscape research. *The Routledge companion to landscape studies*, 1, 12-22.
- Arboit, M. E., & Maglione, D. S. (2018). Situación actual y cambios recientes en los índices de vegetación (vis) en ciudades forestadas con climas secos. Caso área metropolitana de Mendoza, Argentina. *Urbano*, 18-35.
- 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.
- Avalos, H. C., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta ecológica*, (83), 5-71.
- Belmeziti, A., Cherqui, F., y Kaufmann, B. (2018). Improving the multi-functionality of urban green spaces: Relations between components of green spaces and urban services. *Sustainable cities and society*, 43, 1-10.

- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2012). Green infrastructure: linking landscapes and communities. Island press.
- Benedict, M. A., y McMahon, E. T. (2002). Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewableresourcesjournal*, 20(3), 12-17.
- Bissonnette, J. F., Dupras, J., Messier, C., Lechowicz, M., Dagenais, D., Paquette, A., ... & Gonzalez, A. (2018). Moving forward in implementing green infrastructures: Stakeholder perceptions of opportunities and obstacles in a major North American metropolitan area. *Cities*, 81, 61-70.
- Bocco, G. (2003). Carl Troll y la ecología del paisaje. *Gaceta ecológica*, (68), 69-70.
- Bollo Manent, M., Hernández Santana, J. R., Vieyra, A., & Bocco Verdinelli, G. (2019). México y su complejo sistema de planificación territorial. *Perspectives on rural development*, 2018(2), 67-84.
- Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. D. R. D. L., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1603-1617.
- Camarena Berruecos, P. (2012). Proyecto de IV: ejercicio de integración transdisciplinaria en la UNAM. *Bitácora arquitectura*, (25).
- Campos, C. M., y De Pedro, M. C. (2001). La vida en las zonas áridas. El desierto mendocino. Mendoza. Zeta Editores.
- Cantó, M. T.. (2014). La planificación y gestión de la IV en la Comunidad Valenciana. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, (43), 215-234.
- Cantú, P. C. (2012). El axioma del desarrollo sustentable. *Revista de Ciencias Sociales*, (137).
- Cárdenas, L. A. (1999). Definición de un marco teórico para comprender el concepto de desarrollo sustentable. *Revista de Urbanismo*, (1).

- Cladera, M. P., Cirer, C. R., Munar, J. A., Trias, L. R., y Bauçà, F. C. (2015). La función del paisaje como activo social y su uso como factor de producción. In *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación* (pp. 1183-1192). Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio.
- Coelho, A. L. N., & Correa, W. D. S. C. (2013). Surface temperature sensor TIRS/Landsat-8: methodology and applications/Temperatura de superficie celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicacoes. *Revista Geográfica Acadêmica*, 7(1), 31-46.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, s.f.). Información Estadística Climatológico. Mapa Interactivo. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2020). Principales indicadores forestales, Ciclo 2015 – 2020, Principales indicadores forestales Ciclo 2015 – 2020 – CONAFOR (cnf.gob.mx)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2021). Geoportal. Recuperado de <http://geoportal.conabio.gob.mx/>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2023). Biodiversidad Mexicana. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral>
- Congedo, Luca, (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Corrales, L., Brenes, C., Betbeder, J., y Fung, E. (2019). Evaluación de la IV y conectividad ecológica en el cantón de Curridaba.

- De Groot, R. S., Wilson, M. A., y Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.
- De Vitoria-Gasteiz, A. (2014). La IV urbana de Vitoria-Gasteiz. Documento de propuesta.
- Delgadillo - Rodríguez, J., y Macías - Rodríguez, M. Á. (2002). Componente florístico del desierto de San Felipe, Baja California, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (70), 45-65.
- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2020). Programa Sectorial Derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de DOF - Diario Oficial de la Federación
- Diario Oficial de la Federación, (DOF, 2016). Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente. Promulgación 28 de Enero de 1988
- Diario Oficial de la Federación, (DOF, 2021a). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Promulgación 28 de Noviembre de 2016.
- Diario Oficial de la Federación, (DOF, 2021b). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Promulgación 07 de Diciembre de 2001.
- Environmental System Research Institute ESRI (1999). ArcGis Desktop 10.5.0.6491. CA: Environmental Systems Research Institute.
- Etter, A. (1991). Introducción a la ecología del paisaje: Un marco de integración para los levantamientos ecológicos.
- FAO. 2019. El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América del Sur – Panorama. Santiago de Chile. 72 pp. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

- Fernández Christlieb, F. (2014). El nacimiento del concepto de paisaje y su contraste en dos ámbitos culturales: el viejo y el nuevo mundo. *Perspectivas sobre el paisaje*. Barrera Lobatón, Susana y Monroy Hernández, Julieth. Ed. Serie Perspectivas Ambientales, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia y Jardín Botánico José Celestino Mutis. Pág55-79.
- Ferreira, J. C., Monteiro, R., & Silva, V. R. (2021). Planning a green infrastructure network from theory to practice: The case study of Setúbal, Portugal. *Sustainability*, 13(15), 8432.
- Ferreyro, A., y Longhi, A. L. D. (2014). Metodología de la investigación. Encuentro Grupo Editor.
- Foladori, G., y Tommasino, H. (2000). El concepto de desarrollo sustentable treinta años después. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 1.
- Folch, R., y Bru, J. (2017). Ambiente, territorio y paisaje. Valores y valoraciones. Barcelona: Barcino.
- Flores, M. C., & Gómez, D. O. (2008). Algunos modelos de planeación. *Revista Ciencia Administrativa*, 34.
- Forman R.T y Godron M.(1986). *Landscape Ecology*. Estados Unidos de América. John Wiley and Sons, Inc.
- Gàndara, A. S. (2011). Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable. Instituto Nacional de Ecología.
- García Mora, T. J., y Mas, J. F. (2008). Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. *Investigaciones geográficas*, (67), 7-19.
- Google Earth (2023). Imágenes de San Felipe, Baja California. Versión 9.186.0.0. Recuperado el 12 de abril de 2023, de <https://earth.google.com/web/>

Guía Metodológica. Estudios del Paisaje (2012). *Valencia. España*.

Haro-Martínez, A. A., & Taddei-Bringas, I. C. (2014). Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental. *Economía, sociedad y territorio*, 14(46), 743-767.

Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4). México D. F DF: McGraw-Hill Interamericana.

Hincks, S., Carter, J., & Connelly, A. (2023). A new typology of climate change risk for European cities and regions: Principles and applications. *Global Environmental Change*, 83, 102767.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI, s.f.). Mapas. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (1985a). Carta de Efectos Climáticos Mayo - Octubre [Digitalizada]. Escala 1:250 000. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (1985b). Carta de Efectos Climáticos Noviembre – Abril. [Digitalizada]. Escala 1:250 000. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2008). Carta Topográfica [Digitalizada]. Escala 1:50 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>. Consultado el 22 de Agosto de 2019.

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

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2009). Guía para la interpretación de la cartografía uso suelo y vegetación.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2013 – 2018). Carta Topográfica [Digitalizada]. Escala 1:50 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>. Consultado el 22 de Agosto de 2019.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2013 – 2018). Carta Topográfica [Digitalizada]. Escala 1:50 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>. Consultado el 22 de Agosto de 2019.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2014). Diccionario de Datos Edafológicos Escala 1:250 000 (versión 3).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2020). Población. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2021). Marco geoestadístico, diciembre 2021. [Digitalizada]. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (s.f. a). Edafología. México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (s.f. b). Uso de Suelo y Vegetación. México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (s.f.) Uso de Suelo y Vegetación. México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, (1981). Carta de Hidrología Subterránea. [Digitalizada]. Escala 1:250 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, (1982). Carta Geológica. [Digitalizada]. Escala 1:250 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, (1982). Carta Geológica. [Digitalizada]. Escala 1:250 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, (1998). Carta de Edafología [Digitalizada]. Escala 1:250 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.
- IPiera, M. R. (1969). La planificación territorial. Ciudad y Territorio Estudios Territoriales (CyTET), (1), 7-12.
- Jáuregui, E., & Cruz Navarro, F. (1980). Algunos aspectos del clima de Sonora y Baja California: Equipatas y surgencias de humedad. Investigaciones geográficas, (10), 143-180.
- Jim, C. Y. (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. *Cities*, 21(4), 311-320.
- Jiménez- Jiménez, S.I. (20/03/2016). Combinación RGB con bandas del satélite Landsat 5 y 7. Recuperado de: <https://www.hidraulicafacil.com/2016/03/Com.Landsat7.html>
- Jiménez-Orocio O., M. I. Espejel-Carbajal y P. Peña-Garcillán. 2015. Flora de las playas y dunas costeras de México. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto HJ007. México, D. F
- León Mata, G. D. de, A. Pinedo Álvarez y J. H. Martínez Guerrero (2014), “Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 84, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 42-53, [dx.doi.org/10.14350/ig.36568](https://doi.org/10.14350/ig.36568).
- Li, J., Wang, Y., Ni, Z., Chen, S., & Xia, B. (2020). An integrated strategy to improve the microclimate regulation of green-blue-grey infrastructures in specific urban forms. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122555.
- Li, L., Collins, A. M., Cheshmehzangi, A., & Chan, F. K. S. (2020). Identifying enablers and barriers to the implementation of the Green Infrastructure for urban flood management: A comparative analysis of the UK and China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 54, 126770.

- Liu, W., Holst, J., y Yu, Z. (2014). Thresholds of landscape change: a new tool to manage green infrastructure and social–economic development. *Landscape ecology*, 29(4), 729-743.
- López, J. A. S., y Benítez, R. G. (2022). IV. Conceptualización y análisis normativo de México. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 24(1), 105-128.
- Magaña, P. (2009). La vida en los desiertos mexicanos. *Ciencias*, (084).
- Martinez. M. S. (2013). ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Norte-Centro Sitio Experimental La Campana-Aldama Aldama, Chih., México.
- Martínez Valderrama, J. (2017). ¿Qué sabemos de? Los desiertos y la desertificación. Madrid: Libros de la Catárata.
- Massolo, L. A. (2015). Introducción a las herramientas de gestión ambiental. Series: Libros de Cátedra.
- 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
- Meerow, S. (2020). The politics of multifunctional green infrastructure planning in New York City. *Cities*, 100, 102621.
- Mell, I. C. (2008, June). Green infrastructure: concepts and planning. In *FORUM ejournal* (Vol. 8, No. 1, pp. 69-80).
- Meteored (2023). Mapa de Vientos. Recuperado de <https://www.meteored.mx/mapas-meteorologicos/viento-mex.html>

- Monteiro, R., Ferreira, J. C., y Antunes, P. (2020). Green infrastructure planning principles: An integrated literature review. *Land*, 9(12), 525.
- Moreno, S. (2007). El debate sobre el desarrollo sustentable o sostenible y las experiencias internacionales de desarrollo urbano sustentable. *Recuperado de http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/164083/404773/file/Documento_29_Desarrollo_sustentable.pdf*.
- Morláns, M. C. (2005). Introducción a la Ecología del Paisaje. rea ecológica. Catamarca: Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.
- NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems and U.S./Japan ASTER Science Team (2019). *ASTER Global Digital Elevation Model V003* [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Accessed 2022-05-31 from <https://doi.org/10.5067/ASTER/ASTGTM.003>
- Navarrete, A.A., Checa-Artasu, M. M., Larrucea Garritz, A., Sunyer Martín, P., Castellanos Arenas, M., González Márquez, J. J., y Fajardo Pulido, M. C. (2019). Legislación y paisaje. Un debate abierto en México.
- Naveh Z. y Lieberman A.S. (1984). *Landscape Ecology, theory and application*. Nueva York, Estados Unidos: Editorial Springer.
- Nuñez C. (2022). Que es un desierto y que vida tiene?. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/desiertos>
- Ochoa González, Y., & Ojeda-Revah, L. (2017). Conservación de vegetación para reducir riesgos hidrometeorológicos en una metrópoli fronteriza. *Estudios fronterizos*, 18(35), 47-69.
- Odum, E. P., y Warrett, G. W. (2006). *Fundamentos de Ecología*. 5a. Edición. Thomson. México.

Ojeda, L. Espejel, I., (2014), Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos, la visión de Baja California. El Colegio de la frontera del Norte. ISBN: 978-607-479-144-0, México.

Ojeda, L. Espejel, I., (2014), Cuando las áreas verdes se transforman en paisajes urbanos, la visión de Baja California. El Colegio de la frontera del Norte. ISBN: 978-607-479-144-0, México.

Perdinan, Prabowo Tjahjono, R. E., Dwi Infrawan, D. Y., Aprilia, S., Adi, R. F., Basit, R. A., Wibowo, A., & Wijanarko, K. (2023). Translation of International Frameworks and National Policies on Climate Change, Land Degradation, and Biodiversity to Develop Integrated Risk Assessment for Watershed Management in Indonesia.

Periódico Oficial del Estado de Baja California, (P.O. B.C. 2014). Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, POEBC 2014, Tomo CXXI, No 34, Número especial. 03 de julio de 2014

Periódico Oficial del Estado de Baja California, P.O. (2000). El Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del municipio de Mexicali, recuperado de: <http://www.mexicali.gob.mx/sitioimip/?seccion=Servicios&serv=PLANES%20Y%20PROGRAMAS>

Periódico Oficial del Estado de Baja California, P.O. (2006). Directrices generales de desarrollo urbano del rancho El Dorado y del centro cívico y cultural de San Felipe Municipio de Mexicali Territorial de la Zona Metropolitana de Mexicali. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del municipio de Mexicali, recuperado de: <http://www.mexicali.gob.mx/sitioimip/?seccion=Servicios&serv=PLANES%20Y%20PROGRAMAS>

Periódico Oficial del Estado de Baja California, P.O. (2012). El Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Mexicali. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del municipio de Mexicali, recuperado de:

<http://www.mexicali.gob.mx/sitioimip/?seccion=Servicios&serv=PLANES%20Y%20PROGRAMAS>

Pons, B. G. (2016). El valor económico de la IV: estrategias para una planificación sostenible de las ciudades en vías de desarrollo. In *VIII Congreso Internacional de Ordenación del Territorio: nuevos tiempos, nuevos objetivos. Fuerteventura 25, 26 y 27 de mayo de 2016* (pp. 323-348). Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio FUNDICOT.

Posada, K. (2020). Caracterización del Paisaje Natural para la consolidación de IV en San Felipe Baja California [Tesis de maestría no publicada]. Universidad Autónoma de Baja California.

Posada, K., Arias-Vallejo, A. M., & Olivar, E. O. V. (2023). Conservación y Vulnerabilidad de un Ecosistema Desértico: Basada en la Planificación Ecológica del Paisaje, en San Felipe, BC México. *Proyección. Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial*, 17(34), 25-46.

Programa de Desarrollo Regional de la Frontera Norte (PDRFN, 2013). Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda Dirección General de Desarrollo Regional. Recuperado de Programa Regional para el Desarrollo del Norte (senado.gob.mx)

Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 2025 (PDUCPM, s.f.). recuperado de Microsoft Word - 0. Indice.doc (mexicali.gob.mx)

Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali al 2025 (PDUCP s.f.); Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del municipio de Mexicali, recuperado de: <http://www.mexicali.gob.mx/sitioimip/?seccion=Servicios&serv=PLANES%20Y%20PROGRAMAS>

Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de San Felipe B.C., Municipio de Mexicali, para el 2030, PDUCP San Felipe B.C. 2030, (PDUCP, 2013), Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del municipio de Mexicali

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD,2020). Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Programa de Ordenamiento General del Territorio, (POGT,2016). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POETG) | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2019-2024 (PNDUOT,2019). Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Programa Especial Derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Recuperado de Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021. 2024 | Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

QGIS 3.22.4-Białowieża (2021). Sistema de Información Geográfica QGIS. Proyecto de Fundación Geoespacial de código abierto. <https://qgis.org/en/site/>.

Quiroz, D. E. (2018). Implementación de IV como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en ciudades mexicanas, hoja de ruta.

Radhakrishnan, M., Kenzhegulova, I., Eloffy, M. G., Ibrahim, W. A., Zevenbergen, C., & Pathirana, A. (2019). Development of context specific sustainability criteria for selection of plant species for green urban infrastructure: The case of Singapore. *Sustainable Production and Consumption*, 20, 316-325.

Real Academia de la Lengua Española, RAE (2014). Planeamiento, recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=TJaBKLn>

Real Academia de la Lengua Española, RAE (2021). planificación, recuperado de: <https://dle.rae.es/planificaci%C3%B3n>

Real Academia de la Lengua Española, RAE (2023). principio, recuperado de: <https://dle.rae.es/principio?m=form>

- Roitman, S. (2008). Planificación Urbana y Actores sociales intervinientes: El Desarrollo de Urbanizaciones Cerradas. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 1 - 16.
- Rosete Vergés, F. A., Enríquez Hernández, G., & Aguirre von Wobeser, E. (2013). El componente del riesgo en el Ordenamiento Ecológico del Territorio: el caso del Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe. *Investigaciones geográficas*, (80), 07-20.
- Ružička, M., & Mišovičová, R. (2013). Landscape ecological planning-Landep I. *Nitra: UKF Nitra*.
- Salata, S., Formica, P., Taysum, A., Tu, D., y Campbell, P. I. (2019). Ecologically-compatible Urban Planning.
- Secretaría de Marina Armada de México, (SEMAR s.f.). Recuperado de: <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioSanfelipe.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2010). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POETG). Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg>
- Selman, P. (2006). *Planning at the landscape scale*. Routledge.
- Selman, P. (2009). Planning for landscape multifunctionality. *Sustainability: science, practice and policy*, 5(2), 45-52.
- Sobrinho, J., Garrocho, C., & Graizbord, B. (2018). Ciudades sostenibles en México: una propuesta conceptual y operativa.
- StataCorp (1985 – 2013). Stata 13, Statistics/Data Analysis.

- Tesser Obregón, C. E. E. (2000). Algunas reflexiones sobre los significados del paisaje para la geografía.
- Thompson, G.F., Steiner, F.R.,(1997). *Ecological Design and Planning*, Estados Unidos de América: Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- Torres, C. R., Vega, J. A. A., & León, E. P. (2019) Buenas prácticas de la IV: su aportación como red estratégica de planeación. *Terr@ Plural*, 13(1), 153-175.
- Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta ecológica*, (68), 71-84.
- Troyo Diéguez, E., Mercado Mancera, G., Cruz Falcón, A., Nieto Garibay, A., Valdez Cepeda, R. D., García Hernández, J. L., & Murillo Amador, B. (2014). Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México. *Investigaciones geográficas*, (85), 66-81.
- Trueba, J. J. G. (2012). Carl Troll y la geografía del paisaje: vida, obra y traducción de un texto fundamental. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.
- Union Europea, (2014). Construir una IV para Europa. *Recuperado de: <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>*.
- United States Geological Survey, USGS. (2019). Imagery Landsat L8 OLIS/TIRS. escene LC80380382019145LGN00. En Earthexplorer. United States Department of the Interior (Ed.).
- United States Geological Survey, USGS. (2019a). Imagery Landsat L8 OLIS/TIRS. escene LC80380392019145LGN00. En Earthexplorer. United States Department of the Interior (Ed.).
- Universidad Francisco Marroquin, (2008). Planeación, Planeamiento y Planificación. Departamento de Educación Guatemala, Guatemala. Recuperado de planeación - planeamiento - planificación - Departamento de Educación Departamento de Educación (ufm.edu)

- Valdés, P., & Foulkes, M. D. (2016). La IV y su papel en el desarrollo regional aplicación a los ejes recreativos y culturales de resistencia y su área metropolitana. *Cuaderno urbano. Espacio, cultura, sociedad*, 20(20), 45-70.
- Valderrama, J. M. (2018). Los desiertos y la desertificación. Los libros de la catarata.
- Vasiljević, N., Radić, B., Gavrilović, S., Šljukić, B., Medarević, M., & Ristić, R. (2018). The concept of green infrastructure and urban landscape planning: a challenge for urban forestry planning in Belgrade, Serbia. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 11(4), 491.
- Weißhuhn, P. (2019). Regional assessment of the vulnerability of biotopes to landscape change. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00771.
- Westreicher, G. (2020). *Gestión*. Economipedia.com
- Xu, L., Gao, G., Wang, X., & Fu, B. (2023). Distinguishing the effects of climate change and vegetation greening on soil moisture variability along aridity gradient in the drylands of northern China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 343, 109786.
- Yang, J., & Wang, Z. H. (2017). Planning for a sustainable desert city: The potential water buffering capacity of urban green infrastructure. *Landscape and Urban Planning*, 167, 339-347.
- Zhang, Z., Meerow, S., Newell, J. P., & Lindquist, M. (2019). Enhancing landscape connectivity through multifunctional green infrastructure corridor modeling and design. *Urban Forestry & Urban Greening*, 38, 305-317.
- Zonneveld, I. S. (1990). Scope and concepts of landscape ecology as an emerging science. In *Changing landscapes: an ecological perspective* (pp. 3-20). Springer, New York, NY.