

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE**



***Caracterización del Paisaje Natural para la  
consolidación de Infraestructura verde  
en San Felipe, Baja California.***

**T E S I S**

que para obtener el grado de

**MAESTRO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

Presenta

**POSADA VILLAR KARLA**

Directora de Tesis

**DRA. ADRIANA MARGARITA ARIAS VALLEJO**

**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA**

**JUNIO DEL 2020**

## 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. Asimismo 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 9 de Septiembre de 2020

Karla Posada Villar



Nombre y firma del estudiante

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de tesis se pudo realizar gracias a distintas instancias y personas que me brindaron tanto apoyo económico como emocional y de conocimiento, por medio de sus consejos y sabiduría; lo cual me motivo a poder avanzar y terminar en tiempo y forma.

En primer lugar quiero agradecer a las instituciones que me ayudaron a consolidar mi formación académica:

Empezando por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), gracias al programa de Becas Nacionales, que me permitieron financiar mi estancia en el Estado de Baja California, municipio de Mexicali para así ser parte del Programa de Maestría y Doctorado en Planeación y Desarrollo Sustentable (MYDPDS).

Este programa es impulsado por la Facultad de Arquitectura y Diseño y el Instituto de Investigaciones Sociales gracias a los cuales pude estudiar e investigar acerca de un concepto que me apasiona, el cual es el Paisaje, que viene desde mi grado de licenciatura como Arquitecta Paisajista, en un ecosistema diferente al que estaba acostumbrada a trabajar, un ecosistema desértico.

Gracias a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), como la máxima casa de estudios del estado la cual fomenta la investigación en temas de interés y aptitud de cada persona.

De manera particular quiero agradecer a aquellas personas relevantes en mi vida y en mi formación, sin los cuales este proyecto no hubiera sido posible:

En primer lugar a mis padres, Fernando Posada Vélez y Araceli de la Soledad Villar y Borja, quienes siempre han creído en mi persona y en mi capacidad, me han apoyado de manera incondicional durante todas las etapas de mi vida, tanto las fáciles como aquellas increíblemente difíciles, convirtiéndose en mi motor y fuerza principal para hacer las cosas, gracias a ese amor tan grande que me demuestran día con día; liberándome las alas para poder volar hacia donde la vida me lleve y gracias a Dios me junto con el camino de la investigación en un tema que realmente me apasiona, por lo que sin ellos habría sido imposible realizar este sueño.

De una manera especial quiero agradecer a mi hermana María Fernanda Posada Villar, sin ella no hubiera sido capaz de escribir una sola palabra, ella me dio mensajes de aliento y regaños cuando eran necesarios, me impulso a continuar, se convirtió en mi mejor

amiga y mi confidente, mi paño de lagrimas y mi fuerza para seguir en esta vida; sin ella no estaría hoy aquí, porque fue el pilar que me hacía falta, me permitió encontrar la fuerza que tengo dentro de mi persona para salir adelante e investigar, para no rendirme ante la vida y concluir esta etapa, gracias a ella hoy puedo tener una satisfacción más en mi vida de que he cerrado un ciclo de los muchos que me faltan por vivir.

A la Dra. Adriana Margarita Arias Vallejo, quien es mi directora de tesis y desde el primer momento entendió el tema que quería estudiar, ayudándome a defenderlo y a sustentarlo con bases sólidas, enseñándome conceptos nuevos de manera paciente y amable. Me brindo su apoyo en los momentos que más lo necesite sin siquiera darme cuenta también me dio su amistad y gracias a su guía, su paciencia, su aptitud como docente, su entendimiento de las personas y su conocimiento, es que hoy soy capaz de ponerle un punto final a este trabajo de investigación.

A los coordinadores de este programa, el Dr. Osvaldo Leyva Camacho y el Dr. Jorge Augusto Arredondo Vega, quienes forman parte de mi comité tutorial, ellos me brindaron su guía y apoyo por medio de consejos, lecturas, clases y palabras de aliento.

A todos mis compañeros de posgrado que estuvimos juntos durante este viaje, pero en especial quiero agradecer a Ana Gladys Peinado, que gracias a ella pude descubrir lo que tenía dentro de mí y trabajar en ello, gracias a su amistad tuve un apoyo sólido en la universidad, aprendí de su cultura y lo grande que es ella como persona.

A mis amigos de cañas y a mis mejores amigos Margarita Arámburo y Luis Serrano, quienes estuvieron en mi vida desde el primer mes que me mude a Mexicali, gracias a su amistad no estuve sola en ningún momento, me ayudaron cada vez que se los pedía, sin siquiera dudar un segundo, me motivaron a avanzar y a terminar.

Sobre todo quiero agradecer a la vida y a Dios por lo afortunada que soy al tener a personas tan especiales en mi lado y guiando mi camino.

## RESUMEN

### **“Caracterización del Paisaje Natural para la consolidación de Infraestructura verde en San Felipe, Baja California.”**

Este estudio busca caracterizar el paisaje natural de San Felipe, B.C. para poder plantear una estrategia de Infraestructura verde que forme los lineamientos de una política pública ambiental. Como conceptos rectores se utilizan: Paisaje, Ecología de Paisaje, Planeación e Infraestructura verde; la Ecología de Paisaje es la disciplina que explica como actuar en el paisaje de forma multiescalar, teniendo como principios: 1.estructura, 2.usos y funciones, 3.relación y 4.dinámica; se utilizan los primeros tres como elementos fundamentales de la planeación sustentable, de acuerdo a estos se plantean los objetivos particulares y se desarrolla la metodología del proyecto, ahondando en la temática ambiental del área de estudio, analizada por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se analiza la estructura de la zona, con el método de sobreposición ponderada de Mc Harg (2000), de acuerdo a sus valores de conservación y vulnerabilidad. Los usos y funciones se obtienen por medio de las Unidades de Paisaje donde resaltan los servicios ecosistémicos. La relación es con base en la vegetación, utilizando la clasificación supervisada y el Índice de Vegetación Normalizada (NDVI); sumando los resultados de cada apartado se encuentra el lugar idóneo para la implementación de la Infraestructura verde, consolidando las bases necesarias para conformar los lineamientos estratégicos de una política pública en materia ambiental.

**Palabras clave:** Paisaje, Ecología de Paisaje, Planeación, Planeación Sustentable, Infraestructura verde

## SUMMARY

### **"Characterization of the Natural Landscape for the consolidation of Green Infrastructure in San Felipe, Baja California"**

The principal aim of this study is characterize the natural landscape of San Felipe, B.C. in order to propose a green infrastructure strategy that is the guidelines of an environmental public policy. As guiding concepts: Landscape, Landscape Ecology, Planning and Green Infrastructure; Landscape Ecology is the discipline that explains how to act in the landscape, in a multiscale level, having as principles: 1.structure, 2.uses and functions, 3.relationship and 4.dynamic; the first three are used as fundamental elements of sustainable planning, according to these are proposed the particular objectives and the methodology of the project deeping into the environmental theme, which is analyzed through Geographic Information Systems (GIS) in a multiscale. The structure of the area is analyzed, using Mc Harg's (2000), weighted overposition method, according to the site conservation and vulnerability values. Uses and functions are obtained through landscape units where ecosystem services stand out. The relationship is based on vegetation, using supervised classification and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); the results of each section give as a product the ideal place for the implementation of the Green Infrastructure, consolidating the necessary bases that make up a public policy in environmental matters.

**Key words:** Landscape, Landscape Ecology, Planning, Sustainable Planning, Green Infrastructure

## Índice

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Declaración de Originalidad                                                               | I  |
| Agradecimientos                                                                           | II |
| Resumen                                                                                   | IV |
| Summary                                                                                   | V  |
|                                                                                           |    |
| Introducción                                                                              | 1  |
| 1. La Problemática del Paisaje Natural en Áreas Desérticas                                | 2  |
| 1.1.Preguntas y Objetivos                                                                 | 4  |
| 1.2.Objetivo General                                                                      | 5  |
| 1.3.Justificación                                                                         | 5  |
| 1.4.Hipótesis                                                                             | 7  |
| 2. Conceptualización Teórica del Paisaje y su Planeación                                  | 7  |
| 2.1.El Paisaje. Cronología a través del tiempo                                            | 8  |
| 2.1.1.Servicios Ecosistémicos                                                             | 14 |
| 2.2.Ecología de Paisaje. La conexión que faltaba                                          | 15 |
| 2.2.1. Conservación                                                                       | 18 |
| 2.2.2. Vulnerabilidad                                                                     | 18 |
| 2.3.Planeación y el paisaje                                                               | 19 |
| 2.4.Infraestructura verde y sus beneficios                                                | 24 |
| 2.4.1 Infraestructura verde como elemento de planeación                                   | 28 |
| 3. Análisis de los estudios de paisaje y su planeación                                    | 29 |
| 3.1.Estudio de Paisaje: actuar sobre el entorno del paisaje                               | 29 |
| 3.2.Evaluación de Paisaje: utilidad y aptitud del paisaje                                 | 31 |
| 3.3.Casos Análogos: de lo nacional a lo internacional en el estudio de paisaje            | 32 |
| 3.4.Propuesta metodológica para el estudio de paisaje                                     | 37 |
| 3.4.1.Guía metodológica para estudios de paisaje (2012)                                   | 37 |
| 3.4.2.Ian Mc Harg (2000)                                                                  | 38 |
| 3.5.Propuesta metodológica con base en la Ecología de Paisaje                             | 39 |
| 3.5.1. F.Li, et al. (2005)                                                                | 40 |
| 3.6.Propuesta metodológica para la identificación de elementos para Infraestructura verde | 41 |
| 3.6.1. Agencia Ambiental Europea (2014)                                                   | 41 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. Metodología para la caracterización del paisaje en San Felipe, B.C.                          | 43  |
| 4.1.Propuesta metodológica                                                                      | 43  |
| 4.2.Analizar la estructura del paisaje natural de San Felipe, B.C.                              | 49  |
| 4.2.1. Delimitación de la poligonal de estudio                                                  | 50  |
| 4.2.2. Análisis e identificación de los componentes del medio natural.                          | 53  |
| a) Topografía                                                                                   | 53  |
| b) Clima                                                                                        | 56  |
| c) Geología                                                                                     | 59  |
| d) Hidrología                                                                                   | 62  |
| e) Edafología                                                                                   | 64  |
| f) Uso de suelo                                                                                 | 66  |
| g)Vegetación                                                                                    | 67  |
| h)Formas de relieve                                                                             | 69  |
| i) Pendientes                                                                                   | 71  |
| 4.2.3. Idoneidad intrínseca para conservación                                                   | 72  |
| 4.2.4. Idoneidad intrínseca para vulnerabilidad                                                 | 77  |
| 4.3.Describir los usos y funciones que presenta el paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C. | 81  |
| 4.3.1. Imágenes Satelitales                                                                     | 81  |
| 4.3.2. Unidades de Paisaje                                                                      | 84  |
| 4.4.Analizar la relación existente entre paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.           | 87  |
| 4.4.1. Clasificación de Imágenes Satelitales                                                    | 88  |
| 4.4.2. NDVI                                                                                     | 92  |
| 5. Resultados                                                                                   | 95  |
| 5.1. Análisis e identificación de los componentes del medio natural.                            | 96  |
| a) Topografía                                                                                   | 97  |
| b) Clima                                                                                        | 98  |
| c) Geología                                                                                     | 101 |
| d) Hidrología                                                                                   | 103 |
| e)Edafología                                                                                    | 105 |
| f) Uso de suelo                                                                                 | 107 |
| g)Vegetación                                                                                    | 108 |
| h)Formas de relieve                                                                             | 110 |
| i) Pendientes                                                                                   | 111 |
| 5.1.1. Idoneidad intrínseca para conservación                                                   | 112 |
| 5.1.2. Idoneidad intrínseca para vulnerabilidad                                                 | 115 |
| 5.2.Describir los usos y funciones que presenta el paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C. | 116 |
| 5.2.1. Unidades de Paisaje                                                                      | 116 |
| 5.3.Analizar la relación existente entre paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.           | 133 |

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.1. Resumen de Vegetación                                                                                                          | 134 |
| 5.4. Proponer una estrategia para incluir la zonificación de Infraestructura verde dentro de los lineamientos de una política pública | 136 |
| 5.4.1. Zonificación de Infraestructura verde basada en los principios de la Ecología de Paisaje en San Felipe, B.C.                   | 136 |
| 5.4.2. Infraestructura verde de San Felipe B.C. como estrategia dentro de los lineamientos de las políticas públicas                  | 140 |
| 6. Conclusiones                                                                                                                       | 143 |
| 7. Referencias                                                                                                                        | 146 |

## **Introducción**

Este trabajo de investigación busca consolidar una Infraestructura verde por medio de la caracterización del paisaje natural en San Felipe, Baja California, todo desde un enfoque de Ecología de Paisaje. En el campo problemático se abordan las razones por las cuales existe una falta de integración entre el área natural y urbana, además de cómo es que la falta de espacios verdes y el abastecimiento de agua resultan en un problema de acuerdo a las políticas públicas existentes sobre San Felipe, B.C., La justificación profundiza en porque son necesarios los espacios verdes como parte de una infraestructura que fortalezca la relación entre el espacio natural y el construido.

En este estudio se plantean las preguntas y objetivos, así como el marco teórico que explica los principales conceptos a tratar, los cuales giran en torno al paisaje, Ecología de Paisaje, planeación e Infraestructura verde. El siguiente apartado, es el Estado del Arte con los últimos trabajos que se han elaborado con relación al tema de estudio y la aplicación de metodologías de paisaje, Ecología de Paisaje e Infraestructura verde. Con base en el Estado del Arte donde se analizaron los diferentes autores que lograban objetivos similares, se aborda el marco metodológico, el cual está dividido en dos partes, la primera consiste en plasmar la propuesta metodológica que se realizó tomando en cuenta los objetivos particulares donde se plantean las actividades, herramientas y productos que se van a necesitar para lograrlos. La segunda parte del marco metodológico es la aplicación de la metodología, donde se explica el uso de la herramienta que permite obtener la base para acercarse al objetivo particular deseado.

Los resultados, son el siguiente apartado de esta investigación, donde se expone lo encontrado en la aplicación metodológica, además que expresan el objetivo general deseado; es decir, se plantean la propuesta de integración de la Infraestructura verde en San Felipe, B.C. dentro de las políticas públicas ambientales; la cual cumple con todos los requerimientos planteados, así como las consideraciones y recomendaciones generales que se identificaron a lo largo de esta investigación y fortalecen el presente trabajo.

## **1. La Problemática del Paisaje Natural en Áreas Desérticas**

A nivel mundial uno de los problemas principales a los que se enfrenta el paisaje natural es el crecimiento humano desmedido y por lo mismo, la falta de planificación de las ciudades produce un impacto que va a afectar el entorno, ya que se busca dar soluciones al problema inmediato que es la habitabilidad humana sin tomar en cuenta el impacto que está ocurriendo sobre el territorio, por lo que este no se integra de una manera óptima al paisaje. Con esto en consideración, San Felipe, B.C. no es la excepción, ya que no existe una caracterización del paisaje circundante al pueblo y mucho menos una integración entre ellos. La solución que se podría obtener por medio del elemento natural que es la vegetación, dentro del área urbana es traducida como espacio verde. Los espacios verdes urbanos son aquellos espacios abiertos dentro de las ciudades que contienen vegetación y los servicios ambientales que ofrecen corresponden a aquellos que brinda el ecosistema; es decir, servicios ecosistémicos. (Belmeziti, Cherqui y Kaufmann, 2018).

Dentro de los diversos retos que puede presentar San Felipe, B.C. se encuentra latente el de los espacios verdes, de acuerdo a las políticas públicas existentes, tanto anteriores como actuales; un ejemplo es el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de San Felipe, Municipio de Mexicali para el 2030 (PDUCP, 2013). El cual puntualiza que la falta de espacios verdes forma parte de la problemática ambiental junto con la contaminación en el agua, contaminación en el suelo, contaminación en el aire. No obstante, en los planes anteriores como en el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de San Felipe, Baja California 1993 y Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali 2005, no aborda la falta de integración con el entorno, ni la falta de espacios verdes como un problema que se debe solucionar, solo se menciona de manera superficial.

El tratamiento de las áreas verdes, se vuelve relevante para elevar la calidad de vida de los habitantes, así como la mejora ambiental que las mismas conllevan, como menciona Rendón (2010), éstas áreas además de ser ornamentales tienen importancia ecosistémica, de salud y habitabilidad urbana, porque optimizan la calidad de aire, conforman nichos de vida, propician la recreación y proveen sombras; no obstante, el tratamiento de planificación, consolidación y sostenimiento de estas zonas, no puede ser del mismo modo que el de un jardín tipo inglés o inclusive que un parque urbano en la capital del país o en zonas semitropicales, puesto que las condiciones que conforman San Felipe, B.C. son particulares,

como un clima árido, ecosistema desértico y el estar rodeado por sierras y mar, además de ser parte de un Área Natural Protegida como lo es La Reserva del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, donde el paisaje circundante cobra gran relevancia y debe ser considerado. Aunado a esto, los espacios verdes tienen una relación directa con un recurso natural de vital importancia para la vida humana, como es el agua. De este recurso se están utilizando pozos para abastecer del vital líquido a estas áreas, lo que modifica los mantos freáticos y reduce su disponibilidad, permitiendo que las zonas dentro del área urbana que estén conformadas por algún tipo de vegetación, deban ser observadas de manera particular para que no utilicen un gasto superior de agua para su mantenimiento.

Al estudiar el área urbana, se puede observar un déficit en los espacios verdes que presenta San Felipe, ya que estos espacios incluyen únicamente: un parque de barrio con una superficie de 4488.00 m<sup>2</sup>, el arroyo de Santa Catarina con arbolado de Eucaliptos con una superficie de 3655 m<sup>2</sup> y un corredor arbolado con una longitud de 657 m, ubicado cerca de la dársena, (PDUCP, 2013). Esto en conjunto representa 1.89 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, el cual se encuentra por debajo de los parámetros normativos tanto nacionales como se indica en el Sistema Normativo de Equipamiento Urbano de SEDESOL (SNEU) que es 4 m<sup>2</sup> por habitante, como internacionales de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 9m<sup>2</sup>por habitante y la Organización de Naciones Unidas (ONU) menciona 12 m<sup>2</sup> por habitante; por lo que no se pueden aprovechar los beneficios ambientales y recreativos que estos espacios ofrecen.

En cuanto al recurso hídrico, el Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali 1995-2000 (POE,1995-2000), explica que en San Felipe, B.C. se está explotando el acuífero que es de tipo libre costero, el cual cuenta con la perforación de 6 pozos con un gasto de hasta 122 l/seg., este manto es sobreexplotado a tal grado, que presenta intrusión de agua de mar debido a que el nivel estático ha disminuido considerablemente y reitera lo que menciona El Plan de Ordenamiento de 1993 (Periódico Oficial, 1993), que el suministro de agua potable es para cubrir la necesidad de 10 000 habitantes, tomando en cuenta que para el Censo del 2010 San Felipe tenía una población de 16702 habitantes. En el PDUCP (2013), menciona que el abasto de agua potable se da con 6 pozos del arroyo Huatamote, de capacidad de bombeo de 168 lps y un tanque colector con capacidad de 1000 m<sup>3</sup>, 7 tanques de almacenamiento de 13 800 m<sup>3</sup>, útiles para 22 hrs, este servicio tiene cobertura para el 93% de la población total con 7802 tomas para una población de 17664 habitantes. Para lograr esta

cobertura con la dotación de este servicio, se da por sistemas independientes y por transporte vehicular; es decir, pipas de agua como sucede en los campos turísticos de la zona sur. No obstante, la utilización del agua y el mantenimiento de estos espacios están íntimamente ligados, ya que al no ser diseñados de una manera adecuada y con especies propias de cada lugar, los requerimientos de agua se elevan considerablemente. Si se toma en cuenta que San Felipe, B.C. es un lugar donde el abastecimiento de agua tiene complicaciones, como tuberías en mal estado por materiales obsoletos y la salinización que presenta en sus mantos por la sobreexplotación, este recurso se vuelve de gran importancia para su cuidado y manejo.

Aunado a los problemas de falta de espacios verdes, disponibilidad del agua, se encuentra la falta de un manejo adecuado dentro de las políticas públicas el tema de integración entre el puerto y su entorno. Tomando en cuenta que por su ubicación privilegiada al estar rodeado de diversos paisajes como mar, sierra y desierto, San Felipe, B.C. presenta potencial para lograr la integración de las áreas naturales al elemento urbano: el puerto. Esta integración se pretende lograr por medio de la vegetación y dentro de la justificación se explica la relevancia de la integración de este paisaje al interior de la ciudad.

## **1.1. Preguntas y Objetivos**

### **Pregunta General**

¿Cuáles son los elementos fundamentales<sup>1</sup> aplicables a la planificación sustentable de la Infraestructura verde para integrar el paisaje natural con el urbano en San Felipe, B. C., desde el enfoque de la Ecología del Paisaje?

### **Preguntas particulares**

¿Cómo es la estructura del paisaje natural de San Felipe, B.C.?

¿Cuáles son los usos y funciones que presenta el paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.?

¿Qué relación existe entre los espacios naturales y urbanos de San Felipe, B.C.?

¿Cuáles son las zonas potenciales para integración de la infraestructura verde como estrategia dentro de los lineamientos de las políticas públicas, basada en los principios de la Ecología del Paisaje en San Felipe, B.C.?

---

<sup>1</sup> Los elementos fundamentales aplicables a la planeación sustentable se refiere a los principios de la Ecología de Paisaje, sobre todo aquellos que se utilizan en esta investigación, los cuales son: 1. estructura, 2. Usos y funciones 3. Relación, aplicados al paisaje. (Forman y Gordon, 1986)

## **1.2. Objetivo General**

Analizar los elementos fundamentales aplicables a la planeación sustentable de la Infraestructura verde para integrar el paisaje natural con el urbano en San Felipe, B. C., desde el enfoque de la Ecología del Paisaje.

### **Objetivos particulares**

Analizar la estructura del paisaje natural de San Felipe, B.C.

Describir los usos y funciones que presenta el paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.

Analizar la relación existente entre paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.

Proponer las zonas potenciales para integración de la infraestructura verde como estrategia dentro de los lineamientos de las políticas públicas, basada en los principios de la Ecología del Paisaje en San Felipe, B.C.

## **1.3. Justificación**

La belleza y riqueza del paisaje natural que tiene San Felipe, B.C. es innegable, como mencionan Amoros y Pérez (2010). El corredor turístico de San Felipe, B.C. se caracteriza por sus atributos naturales que son un atractivo que se aúna a otros que tiene la región, como las ciudades, la ruta del vino, costas y actividades como el avistamiento de ballenas; además de tener como uno de sus atributos principales ser costa de un mar patrimonial: el Golfo de California. El PDUCP (2013) hace mención de esto cuando describe que las áreas de importancia ecológica son los paisajes escénicos marinos, el paisaje desértico, las islas del Golfo de California, el Valle de los Gigantes, las playas y las dunas costeras, que forman parte de La Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.

El poblado de San Felipe, B.C. está rodeado de todo este atractivo natural, por lo que se vuelve relevante para la integración a la ciudad y el mismo PDUCP(2013) hace referencia en la descripción del paisaje urbano con sus llanuras desérticas, el frente marítimo y sus cerros, así como el perfil horizontal que se encuentra fragmentado y extendido frente a la zona urbana de San Felipe, B.C. sin embargo no dan una respuesta sólida dentro de las políticas públicas existentes para solucionar el problema de la falta de integración entre el atractivo natural circundante con la imagen urbana de la localidad, a pesar de que la conformación del paisaje es de gran relevancia.

Considerando los atributos de San Felipe, B.C. el elemento paisaje se debe integrar a la ciudad, sobre todo con un elemento natural como lo es la vegetación; elemento que también conforma parte importante de la imagen urbana dentro de las ciudades. Este elemento natural puede tener diferente vocación como Ojeda y Espejel (2014) mencionan, ya que se puede tomar como Infraestructura verde<sup>2</sup>, ecosistema urbano, espacios públicos<sup>3</sup> espacios recreativos-construidos<sup>4</sup>, que a su vez son un indicador de la calidad de vida de la población.

La Infraestructura verde conlleva una serie de beneficios ambientales, sociales y económicos, que favorecerán al puerto de San Felipe, B.C. para lograr la integración con su paisaje circundante. Entre los beneficios sociales se encuentran la salud física, mental, comunitaria, conectar a las personas con la naturaleza, educación ambiental, preservación y fomento de valores culturales, éticos y espirituales. Los beneficios ambientales son la modulación del clima urbano, reducción de las emisiones de gases efecto invernadero, mejorar la calidad del aire, reducir la contaminación por ruido, estabilizar el suelo urbano, favorecer la recarga de los acuíferos, mejorar la calidad del agua y contribuir a la conservación de la biodiversidad. Dentro de los beneficios económicos resalta la generación de ingresos directos, ofrece a los residentes servicios recreativos a bajo costo o gratuitos, reduce costos de manejo de agua pluvial, contaminación atmosférica y el control de la misma, así como un bajo consumo energético y poca emisión de gases de efecto invernadero (Ojeda y Espejel, 2014).

Por los beneficios ambientales, económicos, sociales, el potencial en el paisaje escénico es la razón por la cual se desea realizar el estudio del paisaje en San Felipe, B.C. caracterizarlo e integrarlo dentro de las políticas públicas existentes, para así lograr consolidar una Infraestructura verde que ligue el paisaje natural con el urbano y a su vez ayude a resolver problemas ambientales como la falta de abastecimiento de agua potable.

Con base en lo planteado dentro de la problemática y la justificación, la pregunta general, preguntas particulares y objetivo general y objetivos particulares, dan pie al desarrollo de una hipótesis, que marca las bases para las etapas posteriores de la presente investigación.

---

<sup>2</sup> Infraestructura verde: red interconectada de recursos naturales como humedales, zonas arboladas, espacios con especies nativas Ojeda y Espejel (2014).

<sup>3</sup> Espacios públicos: parque regional, urbano, parque de distrito o vecindario, Ojeda y Espejel (2014).

<sup>4</sup> Espacios recreativos-construidos: jardín vecinal, parque de barrio, parque urbano, Ojeda y Espejel (2014).

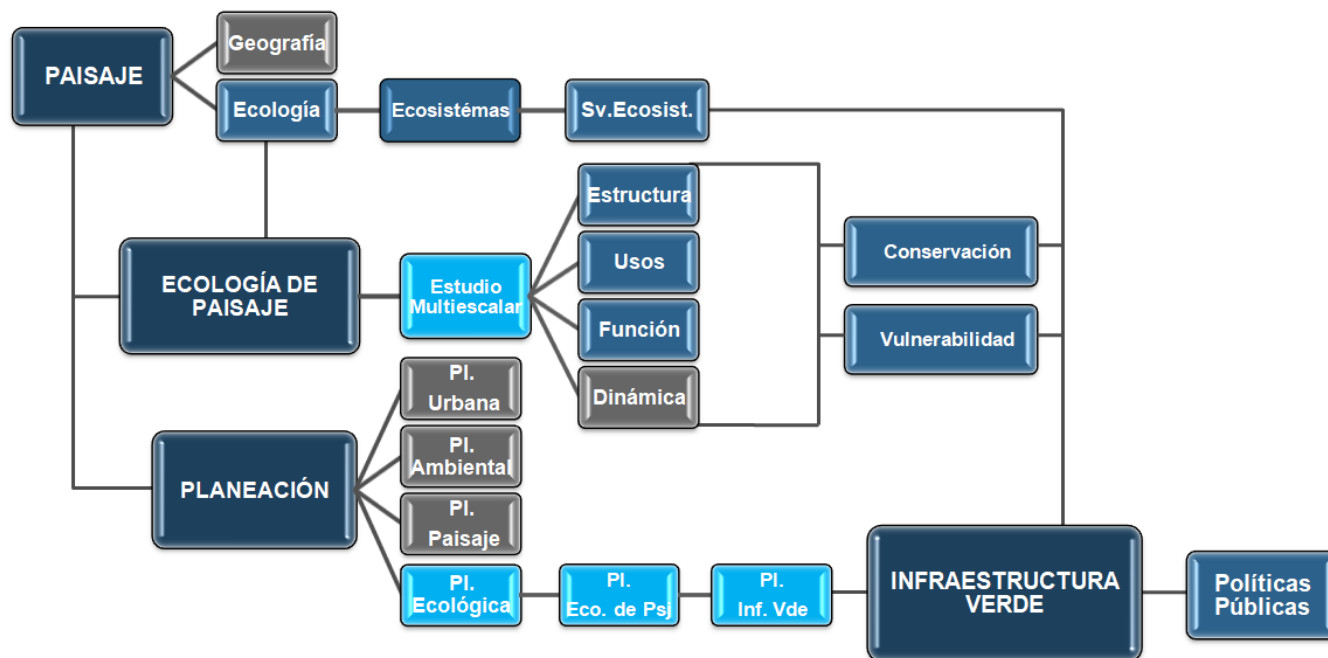
## 1.4. Hipótesis

La hipótesis planteada en el proyecto es: Al realizar una caracterización del paisaje natural y urbano se podrán encontrar los elementos necesarios que permitan la integración de ambos paisajes; de tal forma que se incrementen los servicios ecosistémicos de la zona, fomentando la sustentabilidad de San Felipe, B.C.

## 2. Conceptualización Teórica del Paisaje y su Planeación

En este apartado se van a abordar los conceptos principales que rigen la presente investigación, siendo Paisaje el concepto principal y objeto de este estudio; Ecología de Paisaje, la disciplina que va a sentar las bases para la realización del mismo; Planeación, la manera en cómo se va a llevar a cabo, distinguiendo los diferentes tipos de planeación y por último Infraestructura verde, como el fin que se desea lograr para la integración del área urbana con el medio circundante; como se explica en la Figura 1.

Figura 1. Esquema del marco teórico



Fuente: Elaboración propia, febrero (2019).

## **2.1. El Paisaje. Cronología a través del tiempo**

El paisaje no es un concepto sencillo de definir y ante el cuestionamiento ¿qué es el paisaje? lo primero que se intenta explicar tiende a ser un concepto espontáneo que se relaciona a una simple vista o la remembranza hacia los bellos paisajes pictóricos que grandes artistas como, Van Gogh, Monet o Miró, entre otros, plasman en sus obras maestras; siendo una copia literal o una abstracción de una porción del territorio que ellos consideraban digno y bello para trabajar, hacerlo perdurar por siglos y así trascender. Otra respuesta al concepto es el paisaje literario, el cual en diversas obras maestras hace una descripción detallada del entorno que permite situarse en el sitio y con la imaginación llegar a los lugares fantásticos o reales que el autor relata, como es el caso de Don Quijote de la Mancha de Miguel de Cervantes.

No obstante, el ojo del artista relata paisajes particulares, reales o fantásticos que son parte de la realidad; pero el paisaje no se puede entender solo por la representación artística del mismo, si no que para su estudio y como parte del entorno se tiene que apreciar como un todo, tomando en cuenta que está compuesto por factores que van desde lo subjetivo, como la percepción (Comisión Europea de Paisaje, 2000 y Serrano, 2015); observación (Trinca, 2005, Maderuelo, 2006 y De la Fuente, 2010) y estética (Maderuelo, 2006 y De la Fuente, 2010); hasta lo objetivo como la historia (Trinca, 2005 y Martínez y Ortega, 2009), la cultura que lo conforma (De la Fuente, 2010, Martínez y Ortega, 2009 y Sauer, 2006); la morfología (Sauer, 2006) y aquellos elementos cuantificables, naturales y humanos, bióticos y abióticos (Duran, 2010), que son los que determinan la particularidad de cada paisaje.

Existiendo además de las tendencias conceptuales anteriores diversos tipos de paisaje, como lo son el paisaje cultural, natural, urbano, entre otras categorías; por lo que el concepto se puede ampliar considerablemente. Para fines de este estudio se busca acotar con aquellas definiciones relacionadas con la planeación territorial y el análisis físico del paisaje.

En primera instancia, se plantea la definición de La Comisión Europea de Paisaje 2000, citada por Serrano (2015), quien expresa que “Paisaje es cualquier parte del territorio, tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”.(p.111) Lo importante de este concepto de paisaje a partir del 2000, es que involucra la percepción de los habitantes dentro de un documento oficial,

por lo que los países europeos comienzan a incluir los análisis de percepción en los estudios para cualquier intervención en el territorio.

Para poder intervenir en el territorio se hace distinción de los diversos tipos que conforman el paisaje, por ejemplo, Sauer (2006) hace una división entre lo que es paisaje natural y paisaje cultural; Trinca (2005) hace referencia al paisaje natural y al paisaje incorporado o humanizado; sin embargo, menciona que esta división es para explicar el paisaje como un objeto de estudio de la geografía, por lo que él busca definir el paisaje no como parte de algo, si no como: "...simplemente paisaje" (p.113).

La geografía de acuerdo con Trinca (2005) limita el paisaje por aquello que abarca la vista; sin embargo, afirma "Reducir el paisaje a lo visible es limitarlo a lo aparente, porque hay que ir más allá para intentar descubrir su significado"(p.115); por lo tanto, confirma la importancia de observar analíticamente el contenido del mismo, para interpretarlo. Para entender el ente completo se debe estudiar tanto lo que se ve como lo que no se ve; porque el paisaje también está conformado por su pasado; por lo tanto, lo que se puede apreciar no todo responde a la misma época, brindando esa característica única y particular a cada paisaje, relacionando el paisaje, la sociedad y la naturaleza.

En oposición a Trinca (2005) que explica el término de paisaje en torno a lo que se ve y a lo que no se ve; Maderuelo (2010) se enfoca en lo que se ve; ya que él menciona que el paisaje es una interpretación de la realidad captada por este sentido sujeta a interpretaciones y para describir el paisaje interviene una parte subjetiva, relacionada con percepción, estética y factores emocionales y otra objetiva relacionada con la morfología del espacio. Maderuelo (2010) se enfoca a describir el paisaje como un fenómeno de carácter cultural, más allá del carácter natural que pueda poseer, porque lo aplica y lo aterriza al paisaje urbano.

Otra explicación de lo que es el paisaje la brinda De la Fuente (2010), quien dice que no se puede tomar el paisaje únicamente como una escenografía, sino que lo define como un molde geográfico que sirve para determinar el carácter de un territorio, explicando las costumbres, cualidades y gustos de los habitantes y lo explica como una configuración particular de topografía, cobertura vegetal, uso del suelo y asentamientos humanos, delimita una cierta coherencia de procesos, actividades naturales y humanas resaltando que existe una asociación entre el medio natural y el construido para la determinación del término.

De la Fuente (2010), divide el paisaje para su estudio en dos grandes líneas que ayudan a construir dicho concepto, el paisaje total y el paisaje visual. El primero lo define como la identificación del paisaje con el medio, enfocándose en su importancia por contener una síntesis de toda la información territorial y contrasta los paisajes por las características de sus componentes territoriales y su distribución espacial. El segundo, el paisaje visual es definido como una evaluación con un enfoque de carácter perceptual, donde radica su importancia en lo que el observador puede ser capaz de percibir en el territorio y diferencia los paisajes por las características mencionadas dentro del paisaje total; pero en este tipo de paisaje, añade la percepción de los observadores.

Por lo tanto De la Fuente (2010) explica el paisaje total como Trinca (2005) en cuanto a los elementos que se pueden apreciar directamente; es decir, aquellos que están implícitos en la composición del mismo. Sin embargo, el paisaje visual que mencionan concuerda con Maderuelo (2010), donde explica lo que se puede percibir por medio del sentido de la vista.

Por otra parte, Martínez y Ortega (2009) coinciden con Maderuelo (2010) al incluir a las civilizaciones humanas dentro del término de paisaje, ya que Martínez y Ortega (2009) describen paisaje como aquel territorio que es iluminado por la cultura; ante todo, el paisaje es aquella forma visible de la naturaleza y expresa el orden natural subyacente, con sus valores, cualidades, significado y sentido, siendo una manera de ver y entender el mundo exterior y a nosotros mismos, sin dejar de lado que el paisaje expresa un orden del que forma parte el hombre; por lo tanto, no es un elemento que se debe dejar de lado; por el contrario, el paisaje acorde a los autores, se debe tomar como un medio para acercarnos a la presencia histórica y actual del hombre en el mundo, reafirmando la relación hombre-territorio.

Otra manera de explicar lo que es el paisaje es por medio de la geografía como lo hace Sauer (2006), que resalta que esta ciencia busca entender el color y variedad de la escena terrestre por medio del paisaje y al mismo tiempo lo une con una de sus ramas que es la Corología, la cual explica el paisaje por medio de sus componentes y los analiza de manera interdependiente con un orden específico, afirmando el hecho de que dichos componentes no son accidentales, tienen una razón y relación con el tiempo.

Sauer (2006), dice que a pesar del significado genérico que connota el término de paisaje, no se puede ver como un simple escenario, ya que dependiendo del ojo del observador, sea geógrafo o pintor, va a explicar el paisaje desde el cristal con el que lo está observando y el resultado puede ser debatible y sometido a comparación; por lo que, para entender el paisaje se debe advertir que tiene características similares que logran encasillarlo en una categoría, entendiendo que cada sitio es único y diferente, ya que no posee características idénticas a otros.

De acuerdo con Sauer (2006), la identidad del paisaje es determinada por la forma. Esta forma incluye tanto los elementos del medio biofísico como lo son la geología y el clima, los cuales dan lugar al suelo y la vegetación; más la expresión de la cultura propia del ser humano. Por este último elemento es que la idea del paisaje se relaciona con el tiempo y el espacio, ya que ha sufrido alteraciones por la intervención del hombre al apropiarse del espacio para realizar sus actividades, expresando un paisaje cultural.

Una manera más técnica de explicar el paisaje es la señalada por Duran et al. (2002) quienes hacen referencia a aquellos autores teóricos que han marcado bases en el ámbito científico para la definición de este término y así poder unificar criterios que lo conforman, entre ellos se encuentran:

Forman y Gordon (1986) “Paisaje es una extensión de terreno compuesta de un inventario de componentes que interactúan y que se repiten a través del espacio”. (p.46)

Naveh y Lieberman (1987) “Paisaje es la totalidad de entidades físicas, ecológicas y geográficas, que integran tanto los patrones naturales como los humanos”. (p.46)

Zonneveld (1995) “Paisaje es un conjunto de sistemas que simultáneamente forman una extensión de terreno reconocible, formada y mantenida por acción e interacción entre factores bióticos, abióticos y humanos”. (p.46)

Con base en las definiciones anteriores, se puede observar el peso que tiene el concepto de paisaje para el ordenamiento y planeación territorial, porque incluye las estructuras físicas y biológicas que lo conforman, así como todo lo que rodea al ser humano, a los habitantes en sí y la cultura de los mismos, influye en el proceso de evolución histórica y al mismo tiempo tiene un impacto relevante en el área natural, sin dejar de lado las relaciones intrínsecas con el área construida.

La historia y las transformaciones que el paisaje ha sufrido lo hacen único, cada elemento lo define, ya que como mencionan los autores, se deben tomar en cuenta la conformación, desde el punto de vista morfológico, el uso que tiene actualmente y la vocación determinada a cada paisaje en específico.

Por eso para entenderlo no solo se puede ver desde una sola perspectiva como la geografía o la pintura, se debe tomar en cuenta que la connotación del mismo depende de la persona que lo observe y de la ciencia que lo estudie.

Otra ciencia que explica el estudio del paisaje es la Ecología. De acuerdo a Odum y Warrett (2006), Ecología estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno; por esto el paisaje forma parte de la ecología ya que forma parte del entorno; siendo uno de los niveles ecológicos que representa parte de la jerarquía organizacional dentro de la misma 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. Dentro de este listado cada nivel superior contiene al inferior; por lo tanto, el paisaje ocupa el noveno lugar dentro de esta jerarquía organizacional. Los autores lo definen como un área heterogénea compuesta de un grupo de ecosistemas que interaccionan y se repiten de manera similar en toda su extensión, resaltando la importancia de los ecosistemas dentro de la descripción del paisaje.

Para Odum (1969) el ecosistema es una unidad de organización biológica que está formada por todos los organismos que existen dentro de un área determinada, lo que denomina comunidad y esta comunidad interactúa con su entorno físico propiciando un flujo de energía, el cual conlleva a determinadas cadenas tróficas (cadenas alimenticias) y ciclos de materiales característicos del sistema. Mientras que Odum y Warret (2006) resumen esta definición expresando que el ecosistema es la unidad entre la comunidad y el entorno sin vida, funcionando de manera conjunta y formando un sistema ecológico. Por lo tanto, si el paisaje es formado por un grupo de ecosistemas, quiere decir que en él se propicia la existencia de diversos sistemas ecológicos, donde variadas comunidades interactúan con su entorno, conformando un área característica y determinada en un punto específico, pero ¿cómo puede estar conformado este paisaje?, ¿cuáles son estos ecosistemas?, la respuesta a estas interrogantes es la razón por la que existen diversas clasificaciones de los mismos, se toma como punto de partida la clasificación realizada por Odum y Warret (2006).

Para Odum y Warret (2006), la clasificación de los ecosistemas es una categorización ordenada que ayuda a entender de manera general la variedad de entidades existentes, ordenadas de acuerdo a su función y su estructura. Esta clasificación comprende: los ecosistemas marinos, (mar abierto, aguas de la plataforma continental, regiones de corrientes ascendentes o surgidoras, mar profundo, estuario); ecosistemas de agua dulce (lagos, estanques, ríos, arroyos, marismas y pantanos); ecosistemas terrestres (tundra, bosques boreales de coníferas, bosques templados caducifolios, praderas templadas, praderas tropicales, sabanas tropicales, chaparrales, desiertos, bosques tropicales semiperennifolios y perennifolio) y por último, ecosistemas domesticados (agroecosistemas, plantaciones en bosques, sistemas agroforestales, tecnoecosistemas rurales, tecnoecosistemas urbano-industriales).

Los primeros tres ecosistemas que mencionan los autores hacen referencia al área natural, mientras que el último, los ecosistemas domesticados, mencionan de una manera somera la existencia de la parte urbana. Por otro lado, otros autores como Peter y Jerez (2010), Amaya (2005), Terradas, Parés y Chaparro (2011), entran de lleno a lo que es el ecosistema urbano, donde gran parte de los seres humanos habitan, cumplen sus ciclos y funciones biológicas.

El ecosistema urbano, de acuerdo con Amaya (2005) es aquel lugar donde se dan relaciones de hábitat entre lo que existía previamente; es decir, la parte natural y aquella que ha sido modificada por el hombre donde se dan relaciones directas. Estas relaciones pueden ser de dependencia o no, entre un punto específico referido a la parte urbana; la cual se relaciona con su entorno siendo el entorno quien suministra aquellos insumos necesarios para la vida dentro del mismo.

Por lo tanto, el ecosistema urbano es relevante para el paisaje, porque es el que genera una dinámica de cambio de una manera más acelerada que los ecosistemas naturales, esto influye en su composición, pero no solo en el aspecto externo, sino en cuanto a su funcionamiento y el uso al cual está predestinado, que puede ser conservación o vulnerabilidad del mismo, tomando en cuenta que para desarrollarse hace uso de diferentes servicios ecosistémicos.

### **2.1.1. Servicios Ecosistémicos**

De Groot (2002) define servicios ecosistémicos 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 De Groot (2002) los clasifica en cuatro grupos: regulación, hábitat, producción e información. Los primeros están enfocados como su nombre lo indica, a regular o nivelar aquellos elementos que el hombre emite en exceso y que la naturaleza tiene capacidad limitada para sostenerlos, como la regulación de gases, regulación climática, tratamiento de desechos, control biológico. El segundo grupo, de hábitat, se refiere aquella capacidad de la naturaleza de proveer las condiciones para vivir y reproducirse, como el refugio y cría. El tercer grupo de servicios está relacionado con la producción de aquellos elementos necesarios para la vida diaria, como el alimento, las materias primas, medicinas. El último grupo es donde la naturaleza brinda aquella información necesaria para conocerla y apreciarla, como los recursos estéticos, recreativos, culturales y espirituales que provienen de la misma y son en beneficio del ser humano.

Los beneficios que brindan los servicios ecosistémicos son la razón por la cual se tiene que cuidar, apreciar y planear tanto el paisaje como los bienes y servicios que se producen en los diferentes ecosistemas que lo conforman; para que siga produciendo aquellos elementos necesarios para la vida y el bienestar de la especie de la cual formamos parte.

Debido a que el paisaje forma parte de la ecología; se puede entender que tienen una relación recíproca, la cual no es algo espontáneo o innovador, se ha estudiado por décadas y existe una disciplina la cual fue acuñada por Carl Troll que ayuda a estudiar las interacciones de estos dos elementos de una manera integral, la llamada Ecología de Paisaje. La cual estudia las relaciones entre las especies y su entorno, toma como eje rector la especie de la cual formamos parte, el ser humano, donde al integrarse con su entorno modifica de tal manera el paisaje que cambia de una manera acelerada y al mismo tiempo da lugar al ecosistema urbano; donde la mayoría de los humanos habita, da uso y disfruta de los servicios ecosistémicos que oferta la naturaleza.

## 2.2. Ecología de Paisaje. La conexión que faltaba

La Ecología de Paisaje de acuerdo con Naveh y Lieberman (1987), es una rama de la ecología que se enfoca en las interrelaciones entre el hombre y los paisajes tanto abiertos como contruidos, siendo el resultado de un acercamiento holístico entre geógrafos, ecólogos, planeadores de paisaje y diseñadores.

La Ecología de Paisaje (Troll, 1971 citado por Naveh y Lieberman, 1987) surgió al momento en que Troll se dio cuenta del gran potencial de la fotografía aérea para la interpretación del paisaje cuando se encontraba estudiando los problemas de desarrollo en África del Este. Siendo un enfoque que adoptaba la multidisciplina para entender el paisaje de forma horizontal como los geógrafos; pero al mismo tiempo de forma vertical como los ecólogos. Otra base fundamental de la Ecología de Paisaje es el uso de escalas (Zonneveld, 1972 citado por Naveh y Lieberman, 1987) el cual propone una jerarquía para entender la distribución de las unidades de paisaje y sus relaciones, esta jerarquía es: *Ecotype*, *Landfacet*, *Land system*, *Main Landscape*. El ecotipo (*ecotype*) es el sitio más pequeño, es homogéneo con respecto a su superficie y a la relación entre las características que lo componen, como la atmósfera, vegetación, suelos, roca, entre otros. La faceta de la Tierra (*Landfacet*) es la combinación de ecotipos que forman patrones de acuerdo a sus relaciones espaciales. El Sistema de la Tierra (*Land System*) es la combinación de facetas. El paisaje principal (*Main Landscape*) es la combinación de sistemas que forman una región geográfica.

La base fundamental de esta disciplina como se mencionó en un inicio es el hombre; estudiando la relación entre él y el paisaje; ya que para cubrir sus propias necesidades el hombre interviene en el paisaje, modificándolo y adaptándolo para algún uso particular. 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 Ecología de Paisaje el hombre no se encuentra arriba de las leyes naturales, es uno de los elementos que conforman la misma naturaleza; por lo tanto, esta disciplina provee los lazos que unen los objetos y procesos de aquellas ciencias que se enfocan en las plantas, animales y en el mismo ser

humano desde el punto de vista de la integración funcional con el territorio y esta relación se ve reflejada en los usos del suelo.

Otra de las bases que Naveh y Lieberman (1987) mencionan es la dinámica, ya que no solo se entiende el territorio por lo que está sucediendo en el presente, si no por lo que sucedió en el pasado, ya que es lo que va a explicar el comportamiento futuro del mismo territorio. En cuestión de la composición vegetal unida a la intervención del ser humano se va a determinar la estabilidad, diversidad, productividad de acuerdo a la región climática y a las condiciones locales.

La Ecología de Paisaje es una disciplina relativamente nueva, que de manera general se explica desde sus inicios entendiendo lo que es ecología para así poder hacer una referencia correcta al término. López de Juambelz (2018) resalta la importancia de los trabajos de Ernest Haeckel que en el año de 1866 acuñó el concepto de Ecología definiéndolo como la ciencia que se encarga del estudio de las interacciones que suceden entre cada organismos y su ambiente esta ciencia, entiende que los organismos son acordes a su contexto y se adaptan a él, siendo capaces de cumplir su ciclo de vida; sin embargo, la ecología solo es una parte para la planeación integral del territorio, por lo que al momento de integrarlo con la planeación de paisaje convergen diversos términos. Dentro de algunos que se mencionan, están el aspecto económico, cultural y estético siendo interdependientes y a su vez complementarios con la parte ecológica, teniendo como primera meta de acuerdo con el autor identificar la estética ecológica; es decir, descubrir las características que hacen posible un diálogo entre el hombre y la naturaleza.

Por otro lado, el término Ecología de Paisaje como conjunto, es relevante para un estudio integral de paisaje por lo que se presentan las siguientes definiciones de esta disciplina:

Arroyo-Rodríguez, Moreno y Galán-Acedo (2017) de acuerdo con la Asociación Internacional de Ecología del Paisaje IALE (*International Association of Landscape Ecology*), definen la Ecología del Paisaje como “El estudio de la variación en la heterogeneidad espacial del paisaje a través de varias escalas y se preocupa por entender las causas y consecuencias biofísicas y sociales de dicha heterogeneidad ...”(p.43).

Duran, et al. (2002) menciona que la Ecología del Paisaje es “Una disciplina que integra aspectos del área biológica y de las ciencias de la tierra...” (p.45), teniendo el paisaje como

objeto principal para su estudio, por lo tanto lo define desde la perspectiva de la ecología como una porción de territorio heterogénea compuesta por un mosaico de distintos tipos de coberturas.

Turner, Gardner y O'Neill (2001) enfatizan la interacción espacial entre patrones y procesos ecológicos, siendo estos las causas y consecuencias de la heterogeneidad espacial conforme a las diversas escalas. Esencialmente, combina el enfoque espacial del geógrafo con el enfoque funcional del ecologista, el enfoque de la Ecología de Paisaje ha sido definido como una relación espacial entre elementos del paisaje con ecosistemas como flujos de energía, nutrientes minerales y especies a través de los elementos o como las dinámicas ecológicas del mosaico del paisaje a lo largo del tiempo.

Los autores, Turner, Gardner y O'Neill (2001) enfatizan dos aspectos importantes acerca de la ecología que la distinguen de otras disciplinas. En primer lugar, la Ecología del Paisaje resalta la importancia de la configuración espacial por medio de procesos ecológicos; porque no solo le preocupa cuanto hay, sino como esta ordenado

Por su parte, Moreira (1996) concuerda con la consideración de la heterogeneidad espacial que tanto Turner como Arroyo mencionan para poder definir las dinámicas que suceden en el ecosistema, siendo esto un eje fundamental en la Ecología de Paisaje. La diferencia radica en que el autor invita a entender y abordar este término por medio de la realización de estudios ambientales a escala regional. Tomando en consideración estos estudios, se pueda realizar la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes para la implementación de las políticas nacionales para la conservación biológica.

F. Li et al. (2005) define la Ecología de Paisaje como el estudio de las interacciones entre los elementos del paisaje que lidia con los efectos de la configuración espacial de mosaicos o de una amplia variedad de fenómenos ecológicos. Su definición es similar a la de autores anteriores cuando se explica la configuración espacial de mosaicos y la heterogeneidad espacial; pero hace énfasis que este concepto se basa en los patrones espaciales que afectan los procesos ecológicos, siendo esta definición la que provee las bases teóricas para la planeación urbana y de paisaje.

De acuerdo con Selman (2006) la Ecología de Paisaje tiene como uno de sus principales intereses ver el cambio y la dinámica de especies claves; por lo que se puede identificar parches en el paisaje característicos donde se dan estas especies y las conexiones

existentes entre estos por medio de corredores. El autor resalta que si se encuentra una insuficiencia de capital natural para los parches y corredores, se pueden crear nuevos; de esta manera complementar la estructura del paisaje y mantener los hábitats naturales y seminaturales, tomando en cuenta los sistemas culturales.

La Ecología de Paisaje provee las bases científicas para la planeación del paisaje, para un mejor manejo del territorio, entendiendo la dinámica y desarrollo que va surgiendo y así poder proponer de una manera acertada las zonas de conservación para recuperar el mismo paisaje (Naveh y Lieberman, 1987). Por lo tanto, al estudiar el paisaje con este enfoque, es importante encontrar la aptitud territorial en el sentido de conservación ecosistémica y al mismo tiempo ver cuáles son las zonas vulnerables del paisaje que pueden representar algún riesgo para los asentamientos humanos y así minimizar el impacto de fenómenos naturales sobre áreas construidas.

### ***2.2.1. Conservación***

Para obtener mayores beneficios de los servicios ecosistémicos con base en la Ecología de Paisaje es necesario entender cuáles son las áreas más propensas para su conservación, ya que estas van a generar servicios con una mejor calidad y máximo aprovechamiento para el área.

### ***2.2.2. Vulnerabilidad***

De la misma manera que se tiene que conservar el paisaje en aquellos puntos donde se generan mayores beneficios ecosistémicos, también se tiene que entender cuál es la vulnerabilidad del mismo, enfocada en los riesgos existentes dentro de la estructura del paisaje. Debido a que los asentamientos humanos no siempre consideran la fragilidad de esta estructura, en numerosas ocasiones se llegan a emplazar en zonas vulnerables propensas a sufrir estragos naturales.

Para detener la pérdida del hábitat, la planificación del paisaje y la gestión de la conservación podrían beneficiarse de un análisis regional de los impactos espacialmente diferentes causados por los cambios en el paisaje. Estos impactos generalmente difieren según la vulnerabilidad específica de los biotipos afectados; es decir, el ensamblaje característico de plantas y animales en un sitio particular. Un mapa de vulnerabilidad de

biotipos determinará aquellos con un alto potencial de ser afectados negativamente y una baja capacidad de recuperación. La identificación de puntos críticos de vulnerabilidad proporcionará orientación para posibles intervenciones de protección y mantenimiento (Weißhuhn, 2019).

En resumen, ¿qué es la Ecología de Paisaje? se puede definir como la ciencia que se enfoca en las causas de la heterogeneidad en el paisaje; por lo que identifica y analiza todos sus componentes y los fenómenos que causan sus interrelaciones y se puede tomar como base en la planeación urbana. Este estudio se debe fundamentar en esta disciplina, para así entender de una manera integral el paisaje circundante como parte de la planeación, dependiendo del tipo de planeación que se utilice, ecológica, urbana, de paisaje o aquel que se relacione con mayor medida al objeto de estudio.

### **2.3. Planeación y el Paisaje**

La Ecología de Paisaje sienta las bases para realizar un trabajo regional con una visión heterogénea de un territorio con enfoque multiescalar, donde el hombre es un elemento clave. Siendo un estudio general, para realizar una aproximación correcta al objeto de estudio se debe utilizar la planeación, ya que provee de una manera más asertiva los pasos a seguir para encontrar una solución integral.

De acuerdo con la RAE, la palabra planeación en México viene de planeamiento, que significa “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. El origen de esta investigación se fundamenta en la planeación territorial, donde Zubia (2000) menciona once tipos de planeación: personalizada, operativa, táctica, para el mejoramiento de la calidad de vida, polarizada, participativa con fines operativos, sistémica, estratégica, normativa, prospectiva y ecológica. De estos once tipos los primeros nueve se describen de una manera breve, brindando una idea general de su objetivo, mientras que en los últimos dos se profundiza un poco más, para lograr un acercamiento más adecuado al enfoque que se busca y donde se añaden otros tipos de planeación; más relacionada con los conceptos de paisaje, Ecología de Paisaje e Infraestructura verde de acuerdo con Zubia (2000):

1. Planeación personalizada. Se refiere al ser humano como origen y responsable del balance con su contexto, en materia de cultura, herencia, medio natural y social, percepción, esto estudiado desde una perspectiva analítica.
2. Planeación operativa. Esta se relaciona con las actividades que debe realizar cada individuo para que el funcionamiento del proceso y el producto tengan resultados óptimos y eficientes, se encuentra ligada a la planeación estratégica y táctica.
3. Planeación táctica. Es aquella que aborda asuntos relacionados a un área específica para hacer más eficiente el uso de recursos, puede ser de una empresa y de igual modo se relaciona con la planeación estratégica.
4. Planeación para el mejoramiento de la calidad de vida. Esta planeación toma al ser humano como punto de partida y fin de la planeación regional, los pasos que debe llevar acabo son: análisis, diagnóstico, objetivos, metas, cuantificación de recursos, distribución espacial y temporal de actividades.
5. Planeación polarizada. Hace referencia a dos regiones del mismo orden, de carácter heterogéneo que mantienen comunicación y son complementarias entre sí.
6. Planeación participativa con fines operativos (método de intervención). Está basada en la participación y el desarrollo comunitario; tiene dos alcances diferentes, el cognitivo que se refiere a la investigación social y el de acción que se refiere a la intervención social, está última tiene cuatro fases: estudio de diagnóstico, programación de actividades, ejecución de las mismas y evaluación.
7. Planeación sistémica. Parte del hecho que el entorno se puede ver como un sistema; es decir, un todo que está formado por partes que se conectan entre sí (Ricardo Guerra Quiroga citado por Zubia,2000).
8. Planeación normativa. Es aquella que regula la voluntad humana y los procesos sociales mediante aquellos procesos previamente establecidos. Se centra en la formulación de planes, programas y proyectos para la intervención social y territorial generalmente expresado mediante un documento, que consta de un diagnóstico y objetivos enfocados a lo que debe ser.
9. Planeación prospectiva. Es aquella que plantea el futuro deseado y realiza sus objetivos en torno a ello; va de lo general a lo particular, en torno a lo social, económico y ambiental. Contiene elementos de la planeación normativa y estratégica.

Por otro lado, se describe lo que es la planeación estratégica, la cual según Zubia (2000), es relevante para el territorio porque involucra a dos agentes importantes que lo

conforman, los actores sociales y económicos, donde plantea actuaciones a largo plazo y lleva una secuencia ordenada de las líneas de acción a seguir, se basa en marcar un curso específico para la toma de decisiones y de acciones a realizar. Se puede considerar como un método enfocado a la efectividad de los programas y proyectos que se plantean, por eso se establecen indicadores para evaluar su evolución. Otro elemento indispensable que este tipo de planeación de acuerdo con Camagni (2003) integra el elemento de la participación ciudadana; ya que el incluir a la sociedad en los proyectos de planificación ayuda a "...la construcción colectiva de una visión compartida del futuro de un determinado territorio, mediante procesos de participación, discusión y capacidad de escuchar" (p.51). Involucra a cada actor comprendido en el proyecto, para que asuma sus responsabilidades dando pie a nuevos métodos de gobernabilidad; ya que de acuerdo con Segovia (1998) esta planeación es una alternativa que busca por un lado evitar efectos destructivos y por otro generar intervenciones que busquen bienes y servicios públicos, brinda los medios para fortalecer las capacidades de los usuarios en el manejo de conflictos y lo toma como oportunidades para fortalecer el tejido social. Siendo las esferas económicas, sociales y ambientales el soporte del desarrollo sustentable, la planeación estratégica se enfoca en las primeras, por lo que se ahonda en este estudio en la parte ambiental; por lo tanto, la siguientes planeaciones se relacionan con este enfoque.

La planeación de paisaje Thompson y Steiner (1997) la definen como un proceso de manejar el cambio por medio del uso sabio y sustentable del paisaje, basándose en una relación recíproca entre personas y tierra, la cual se puede aplicar al suelo urbano, suburbano rural y natural. De la misma manera, López de Juambelz (2008) explica que dentro de la planeación de paisaje se puede apreciar la relación entre el hombre y la naturaleza con el tiempo y las culturas, siendo un pensamiento que se refleja en el manejo del espacio y la relación que se establece entre espacio habitable y espacio natural. Conforme va pasando el tiempo, la relación con la naturaleza se vuelve más restringida, ya sea por las modificaciones propias de los ciclos ecológicos o por la intervención del hombre en el ambiente; por lo cual, es de suma importancia entender la ética y estética del diseño ecológico. Los mismos autores resaltan la importancia de integrar la ecología al momento de hacer una planeación integral de espacios naturales.

La planeación ecológica de acuerdo con Zubia (2000), se elabora a partir de programas y proyectos que presentan modelos de regionalización ecológica con enfoque

integral, basando su estudio en las regiones naturales y los elementos que la componen, como la orografía, clima, hábitat, geología, edafología y vegetación; teniendo como principal objeto de estudio las áreas naturales.

Para relacionar las áreas naturales con las necesidades humanas existe la planeación ecológica de paisaje, que de acuerdo a Thompson y Steiner (1997) este tipo de planeación toma lugar cuando se habla en el contexto de paisaje y se enfoca en la integración del conocimiento científico y técnico, busca proteger los recursos naturales y culturales para su estudio. Considera la ecología porque es la ciencia que provee una perspectiva más beneficiosa para el entendimiento del paisaje, pues se encarga del estudio de relaciones recíprocas de todos los seres vivos incluyendo a los humanos con el entorno físico y biológico que los rodea. Del mismo modo, Ruzicka y Misovicova (2013), profundizan en la planeación ecológica del paisaje ya que explican que este tipo de planeación ofrece una mejor aplicación de los elementos ecológicos en la planeación de las áreas urbanas, buscando una relación de conformidad entre el ser humano y su paisaje. Este tipo de planeación es multidisciplinaria y su fortaleza radica en los fenómenos naturales y sus procesos en relación con el ser humano y las actividades que realiza. Es decir, está basado en el análisis, interpretación, síntesis y evaluación de aquellos atributos ecológicos orientados a crear armonía con las actividades sociales en el tiempo y el espacio.

Para abordar la planeación ecológica de paisaje de acuerdo con Ruzicka y Misovicova, (2013), no puede ser desde la perspectiva de un sistema único, debe ser complejo, porque desde un esquema único no hay una solución global porque el paisaje es multifuncional. De acuerdo con Selman (2009), la multifuncionalidad del paisaje puede ayudar a promover paisajes más sustentables para las divisiones urbanas y rurales que se planifiquen e implementen de una forma integrada para estas áreas. Por lo tanto, al momento de volverse multifuncional se vuelve complejo; como remarcan Ruzicka y Misovicova (2013), porque ayuda a estudiar al paisaje desde sus atributos únicos e individuales, pero a su vez como el resultado de todos estos atributos, siendo parte de un sistema con mutuas interconexiones.

A partir de los años 90 se consolidó otra manera de aproximarse a la planeación de estos espacios, que es la planeación de Infraestructura verde. De acuerdo con Mell (2008), el tema de Infraestructura verde ayuda a ver como debe ser el paisaje en cuanto a su forma y su

función. De esta manera poder desarrollar políticas de planeación como un conjunto en el sistema multifuncional que lo comprende. Así mismo, propone una manera de armonizar el medio ambiente con las actividades humanas, promueve las ideas de conexión espacial, accesibilidad, integración, multifuncionalidad y escala, motivando el acceso a los espacios verdes. Este enfoque junta elementos de Ecología de Paisaje con la conectividad entre paisajes, sin importar tamaño y forma, promueve el acceso y la movilidad entre los límites del mismo paisaje; utilizando elementos de la geografía humana con diferentes disciplinas que abordan la planeación por las interacciones entre agentes sociales, económicos, ecológicos y elementos de la planeación de paisaje, por medio de las áreas verdes que proveen beneficios ecológicos, económicos y sociales.

Este enfoque de planeación de acuerdo con Mell (2008) se puede dividir 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 Infraestructura verde y la segunda viene de aquellos beneficios sociales y ecológicos que provee la Infraestructura verde en el manejo sustentable de paisajes. Este tipo de planeación se busca promover a nivel federal y se ve como una manera moderna del manejo de paisaje, la cual ayuda a lograr una planeación sustentable a largo plazo por lo que se debe respaldar en el ambiente que permita el desarrollo de espacios verdes donde el hombre pueda movilizarse entre los diferentes paisajes.

Del mismo modo coinciden Benedict y McMahon (2006) citados por Selman (2009) donde expresan que la Infraestructura verde se ha convertido en un vehículo favorito para integrar una red planificada 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).

Los adjetivos que acompañan las definiciones de planeación descritas anteriormente, se refieren al enfoque que se desea buscar; es decir, es la tarea asignada y para lograrla tiene determinados pasos a seguir. Por ejemplo, si la planeación que se va a realizar es un proyecto de paisaje, se debe seguir la metodología de esta planeación para lograr que este proyecto sea integral y coherente con sus resultados. Por lo tanto, si se tiene como eje la Ecología de Paisaje y existe una planeación definida que guía para realizar los proyectos con este fin, pareciera la forma lógica de proseguir. No obstante, es relevante conocer los tipos de

planeación para encontrar el que más encuadra con la finalidad del proyecto y tomar en cuenta los nuevos y diferentes enfoques que se van desarrollando, como es el de la planeación de Infraestructura verde que incluye componentes de la planeación ecológica de paisaje, uniéndolos con el paisaje como parte del territorio, enfocada a un elemento en particular: la Infraestructura verde.

#### **2.4. Infraestructura verde y sus beneficios**

El concepto de Infraestructura verde propuesto por académicos estadounidenses en la década de 1920, de acuerdo con Weber et al. (2006) citados por Hu et al. (2018), es una red ecológica natural para apoyar la vida en las zonas urbanas y lograr el desarrollo sostenible a largo plazo mediante la interconexión de elementos. Lo compara con infraestructura gris, término que también mencionan Benedict y McMahon (2002) y la explican como una red de instalaciones públicas que consiste en carreteras, puentes, ferrocarriles y demás infraestructura necesaria para garantizar el funcionamiento normal de la industria y la economía de una ciudad. Por otro lado, Hu et al. (2018) hacen referencia a que la Infraestructura verde en la zona urbana se compone por parques, bosques, árboles de la calle, techos verdes, jardines, lagos, ríos y arroyos. Es el principal portador de servicios ecosistémicos, recreativos y útiles para el ser humano, se enfoca en dos aspectos básicos: el primero es un espacio ecológico en red y el segundo lo explica como el sistema de soporte vital más básico.

No obstante que Hu et al. (2018) hacen mención de la relación con la Infraestructura verde con la ecología, su concepto se puede ubicar con mayor correspondencia hacia la parte urbana, mientras que Benedict y McMahon (2002) realizan un análisis más profundo de este término, donde resaltan la importancia del mismo tanto en el área urbana como en la natural.

Benedict y McMahon (2002) definen el término de infraestructura como las instalaciones básicas de crecimiento continuo de la cual dependen las comunidades y pueden ser de dos tipos: la infraestructura construida (infraestructura gris) y la Infraestructura verde. Para definir Infraestructura verde, Benedict y McMahon (2002) explican que este puede significar diferentes cosas para diferentes personas; ya que depende de la visión con la que se quiere aplicar. Por lo tanto, si se ve desde el punto de vista de una instancia que busca controlar el esparcimiento urbano, la Infraestructura verde es una red interconectada de espacios verdes (parques, sitios recreativos y áreas naturales) que conserva los valores

ecosistémicos asociados con los beneficios que brinda a los seres humanos. Desde el punto de vista de la sustentabilidad, la Infraestructura verde busca rescatar aquellos valores de conservación dirigidos a impactos sociales y ecológicos por medio de acciones referentes al desarrollo del suelo así como el manejo del crecimiento y dispersión urbana. Es importante resaltar lo que mencionan Benedict y McMahon (2002), donde la Infraestructura verde no solo sirve para cubrir con el apartado estético que brindan las especies vegetales en un diseño funcional, sino que es necesario para el soporte de vida natural desde el punto de vista ecológico. Por lo tanto, estos autores remarcan que la importancia de la Infraestructura verde no solo recae en el área urbana, si no que sirve para completar el sistema y ser ese vínculo con la parte natural.

La Infraestructura verde está compuesta por “*Hubs & links*”, los “*Hubs*” los define como estos centros de origen y destino de espacio verde que pueden ser: reservas naturales, suelo productivo, parques regionales, reservas ecológicas, parques comunitarios y áreas naturales, mientras que los “*links*” son esas conexiones o enlaces que atan de tal manera al sistema para permitir que este pueda funcionar correctamente, estos pueden ser: vínculos paisajísticos, corredores de conservación, vías verdes, cinturones verdes, ecocinturones<sup>5</sup> (Benedict y McMahon, 2002).

Por otra parte, Vasiljević N et al. (2018) definen el concepto de Infraestructura verde como una red estratégicamente planeada de elementos naturales y seminaturales que proveen servicios ecosistémicos. Se encuentra en una dimensión multiescalar basada en una coherencia ecológica, física y funcional a diferentes niveles espaciales (local, regional, nacional e internacional) teniendo como rol central servir de soporte para la biodiversidad. Dentro de la multifuncionalidad de las redes de Infraestructura verde, la conectividad representa un concepto fundamental porque es la que distribuye y relaciona los espacios verdes; por lo consiguiente, los beneficios que estos proporcionan. De acuerdo con Vasiljević N et al. (2018) es difícil medir todos estos beneficios de manera cuantitativa, por lo que en algunas ocasiones complica su aplicación. Para que esto no suceda, se tienen que tomar en cuenta los principios de la Ecología de Paisaje como modelo y manejo de frecuencia, magnitud y extensión de la dinámica ecosistémica y urbana.

---

<sup>5</sup> Ecocinturones son buffers lineales, generalmente maderables, que suaviza la zona de tensión entre el uso de suelo urbano y rural mientras que provee beneficios ecológicos para los residentes. (Benedict y McMahon, 2002)

Otras definiciones de Infraestructura verde son:

Infraestructura verde es la red interconectada de cursos de agua naturales, humedales, zonas arboladas, hábitat de la vida silvestre, corredores verdes, parques, tierras de conservación, ranchos, granjas, bosques, espacios que contengan especies nativas, mantengan procesos ecológicos naturales, sostengan recursos de aire y agua o contribuyan a la salud y calidad de vida. (Mc Donald et al., 2005 citados por Ojeda y Espejel, 2014).

Infraestructura verde como el sistema de soporte de la vida natural implica planeación y manejo estratégico de la cadena de áreas naturales, parques, corredores verdes, además de áreas con valores de conservación que 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 por Peña, 2011).

Más allá de las definiciones acerca de la Infraestructura verde, Vásquez (2016) explica este término como una aproximación para congeniar el crecimiento urbano con la protección al ambiente, sin dejar de lado el bienestar social y tomando en cuenta la serie de beneficios ecológicos que esta infraestructura provee; como lo serían la regulación del clima, purificación del aire, contención del ruido, refugio de especies vegetales y animales. Por lo tanto, el enfoque de esta infraestructura se ha vuelto más práctico que teórico, donde se orienta hacia aquellas estrategias para la conservación e implementación de sistemas de espacios verdes.

De manera general, se entiende como Infraestructura verde la red natural que viene desde el paisaje circundante y se introduce a las áreas urbanas, aportando características y servicios ecosistémicos que proporcionan las áreas naturales para elevar la calidad de vida de los seres humanos. Se relacionan con los principios de Ecología de Paisaje reforzando la conectividad entre el paisaje natural y el urbano.

Ochoa y Ojeda-Revah (2017, p.49) explican:

Los principios de la ecología del paisaje, bajo el modelo de fragmento-corredor-matriz, proporciona una taxonomía de áreas verdes (Forman, 2008) que ayuda a crear arreglos espaciales del paisaje más sostenibles (Ndubisi, 2002). Estos principios son considerados en el concepto de Infraestructura verde (iv), concebida como una red interconectada de áreas verdes —urbanas, periurbanas y rurales— que conserva y aporta múltiples funciones a los

ecosistemas y servicios ambientales para la población humana (Benedict y McMahon, 2006). El concepto lleva implícita la conectividad, que contribuye al funcionamiento del paisaje (Momm-Schult et al., 2013), a proveer servicios ambientales y a construir capacidad de resiliencia (Moreno, 2013).

Por lo tanto, se tiene que entender lo que realmente se necesita para el funcionamiento del paisaje. En el apartado de Infraestructura verde se enfatizó la parte del área natural y área urbana, por lo que, para definir estas categorías territoriales desde una visión paisajística Newsome, Dowling y Moore (2013) hacen mención de lo que es el entorno natural y urbano como transformaciones que se realizan al paisaje, que dejan zonas intermedias de mediana transformación hacia la naturaleza, como lo serían los espacios rurales.

El entorno natural de acuerdo a Newsome, Dowling y Moore (2013) es aquel que tiende a contener las características naturales que no han tenido modificaciones significativas del ser humano, por lo que los procesos ecológicos y de paisaje siguen teniendo una continuidad. Definiendo que las áreas naturales son regiones que contienen su vegetación original, salvaje o en estado prístino, son mantenidos por los procesos naturales que la biodiversidad original presenta. Estando la vida silvestre y los procesos ecológicos en su estado original y comprendiendo generalmente grandes porciones del paisaje que no ha sido modificadas a tal grado, que aún pueden preservar la vida silvestre que contienen, la vegetación natural que lo conforma o las formas de tierra que lo caracterizan.

Mientras que el entorno urbano, Newsome, Dowling y Moore (2013) lo definen como las áreas que han sido alteradas por los humanos, tomando en cuenta que en algún tiempo fueron entornos naturales que han sido modificados a tal grado que han perdido sus características originales y dentro de este tipo de entorno se encuentran los paisajes urbanos.

El entorno es aquello que nos rodea y de acuerdo con los autores puede ser natural o construido, siendo el primero de cierta manera el original y el construido el alterado. La naturaleza siempre sigue su curso por lo que busca integrar el entorno natural dentro del urbano y para realizar dicha integración se tiene que entender de qué está compuesto el entorno natural; que en este caso es el paisaje, ver cuáles son sus atributos y así poder encontrar la manera de integrarlos.

Otro elemento indispensable para la evaluación del paisaje son los atributos, los cuales De la Fuente (2010) sintetiza en dos principales. El primero es la calidad de paisaje, que se refiere al grado de excelencia o mérito para no ser alterado o destruido. La calidad del paisaje sirve para evaluar la importancia de los impactos derivados de un proyecto o establecer zonificaciones para asignar usos o establecer normativas y protecciones con diferentes valores:

1. Valor ambiental, ecológico o naturalístico (biótico y abiótico): Es debido al estado de conservación de los ecosistemas o a la presencia de componentes naturales notables. También, por singularidades naturales como rasgos geológicos, geomorfológicos o yacimientos paleontológicos únicos, de interés científico o didáctico.
2. Valor cultural, histórico: Es debido al testimonio de elementos de épocas pasadas de carácter singular, único o de interés patrimonial.
3. Valor perceptual, estético, artístico o visual: Abarca aquellos valores subjetivos derivados del paisaje que son inspirados por las características perceptuales del medio.

El segundo elemento para evaluar el paisaje es: fragilidad del paisaje. De la Fuente (2010) explica que la fragilidad del paisaje se refiere a que tan capaz puede ser el territorio, cuando se enfrenta a algún cambio de uso de suelo. Es la expresión del grado de deterioro que un paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones.

Cuando se menciona que la calidad del paisaje se puede basar en los atributos que tienen valor ambiental, ecológico o naturalístico, se puede entender que se necesita ver estos elementos de un modo integral, siendo la Ecología de Paisaje el medio que brinda los elementos necesarios para su estudio e interpretación.

#### **2.4.1. Infraestructura verde como elemento de planeación**

La infraestructura verde como instrumento de planificación de acuerdo a Torres, Vega y León (2019), busca conectar el entorno de la población con los espacios verdes urbanos para así identificar y caracterizar el paisaje, tomando en cuenta que para obtener los beneficios que produce este tipo de infraestructura se debe llevar a cabo por medio de acciones gubernamentales realizadas por medio de políticas públicas.

De acuerdo con Aguilar (2009, p.1) citado en Gutiérrez Velázquez et al. (2017, p.1), las políticas públicas son “un conjunto (secuencia, sistema, ciclo) de acciones, estructuradas en modo intencional y causal, que se orientan a realizar objetivos considerados de valor para la sociedad o a resolver problemas cuya solución es considerada de interés o beneficio público”, siendo decisiones racionales que se toman en ámbito gubernamental, es decir, una política pública es una acción estructurada por parte de las autoridades enfocada a determinado objetivo, de manera tal que produzca un beneficio social

Por lo que surge una de las cuestiones a definir ¿cómo se va a estudiar el paisaje?, es por esto que en el Estado del Arte se abordan los términos de Estudio de paisaje y Evaluación del Paisaje, para así entender cómo se aplicaría la planeación de Infraestructura verde previamente descrita y la realización de la metodología adecuada para el caso particular de estudio que se desea abordar, aplicando los principios de Ecología de Paisaje.

### **3. Análisis de los estudios de paisaje y su planeación**

En este apartado, se definen los términos de estudio y evaluación del paisaje, puesto que son la manera de entender cómo se aplica de manera pragmática una investigación que tiene el paisaje como concepto principal. También se realizó la revisión de casos análogos y metodologías aplicables para ver cómo se realizan proyectos de esta índole en el ámbito nacional e internacional.

#### **3.1. Estudio de Paisaje: actuar sobre el entorno del paisaje**

De la Fuente, (2010) clasifica el estudio de paisaje en dos tipos; el primero lo nombra: Estudios de Paisaje y se refiere a la caracterización, evaluación y valoración del paisaje, se aplica a los planes territoriales de las diferentes escalas. En el caso de España son autonómico, supramunicipal o municipal (De la Fuente, 2010); pero el caso de nuestro país es desde el plan nacional, planes federales, planes estatales, planes municipales y programas de centros de población con sus respectivas variables. El segundo tipo es: Estudios de integración paisajística, estos por una parte se enfocan en describir, valorar y evaluar de una manera cualitativa el paisaje para la integración a proyectos y por otra, también realizan la evaluación de impactos o a la evaluación ambiental estratégica de

planes y programas; su aplicación se integra con los estudios ambientales, centrándose en la propuesta de criterios.

De acuerdo con la guía Metodológica de Estudios de Paisaje (2012) el estudio de paisaje es:

Un Instrumento para la Protección, Ordenación y Gestión del Paisaje que tiene por objeto establecer los principios, estrategias y directrices que permitan adoptar medidas específicas destinadas a la catalogación, valoración y protección del paisaje en su ámbito de aplicación dentro del marco del Convenio Europeo del Paisaje (p.14).

Otro punto relevante que explica la Guía es para qué sirven los estudios de Paisaje:

- 1.- Elaborar de un plan general, identificando el carácter del territorio y sus valores paisajísticos.
- 2.- Definir la Infraestructura verde.
- 3.-Orientar el futuro desarrollo del territorio a preservar el paisaje característico, así como la identidad del sitio y la Infraestructura verde.
- 4.- Establecer criterios de zonificación del suelo no urbano, identificando la vulnerabilidad que incluye los riesgos.

El estudio de paisaje está orientado a las actuaciones que se realizan en torno al paisaje, como lo son: caracterizar, evaluar, valorar, describir, catalogar, proteger y gestionar. Siendo estas acciones la clave para entender el tipo de estudio que se va a realizar, tomando en cuenta que no son discriminativas ni exclusivas, se pueden aplicar diversas acciones dependiendo del objetivo del proyecto.

En este caso el objetivo del proyecto es: Analizar los elementos fundamentales aplicables a la planeación sustentable de la cobertura vegetal para integrar el paisaje natural con el urbano en San Felipe, B.C., desde el enfoque de la Ecología de Paisaje.

Por lo que la acción es analizar y una manera de hacerlo es por medio de la evaluación, siendo esta una de las medidas de acción que se plantean en el estudio del paisaje para entender un panorama más general.

### **3.2.Evaluación de Paisaje: utilidad y aptitud del paisaje**

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE, 2019) la palabra evaluar está relacionada con la palabra: valor, al indicar que evaluar es “Señalar el valor de algo” o “Estimar, apreciar, calcular el valor de algo”.(p.1) Al momento de introducir la palabra valor para el estudio de paisaje, no se debe percibir en torno a lo económico, sino tomarlo en cuenta como el “Grado de utilidad o aptitud de las cosas para satisfacer las necesidades o proporcionar bienestar o deleite.”(RAE, 2019; p.1), donde se describe el valor de una manera más amplia, enfocándose en la utilidad y aptitud del paisaje.

Serrano (2015) hace referencia que la mayoría de los autores que se centran en la evaluación del paisaje lo hacen desde una perspectiva visual, en lugares con “cierto reconocimiento escénico”, resaltando ecosistemas de montaña, costa, bosque o de zonas urbanas. Remarcando que por sí solo el paisaje tiene un valor propio o intrínseco. (Shuttleworth, 1979 citado por Purcell et al., 1994), es apreciado y valorado de distinta manera según el observador por sus atributos visuales. De la misma manera Coeterier (1996) citado por Serrano (2015), hace referencia a cuando no solo menciona las cualidades visuales, sino los atributos ambientales, los cuales tienen más peso, sobretudo al determinar las unidades de paisaje que expresan el uso, los componentes bióticos y abióticos, la evolución temporal, la organización espacial, gestión y las cualidades sensoriales.

Para evaluar el paisaje se pueden utilizar procedimientos de tipo directo que se basan en comparar las percepciones de diferentes observadores teniendo como objetivo, obtener aquellos valores en común, como mencionan Briggs y France (1980) citados por Serrano (2015). Por otra parte, se encuentran los de tipo indirecto, donde el objeto es detectar la presencia o abundancia de determinados elementos. Serrano (2015) también resalta el hecho que a pesar de ser métodos cuantitativos, existe cierto grado de subjetividad para poder evaluar el paisaje. Por lo anterior, en este estudio se busca la manera más adecuada de evaluar el paisaje y que sea consistente con los objetivos del proyecto. Esta congruencia se plantea en torno a la metodología que se va a aplicar, por lo que se revisaron casos análogos en relación a los objetivos y metodologías aplicables para determinar cuál es la adecuada en torno al objeto de este estudio.

### 3.3.Casos Análogos: de lo nacional a lo internacional en el estudio de paisaje

Se realizó el análisis de cinco casos análogos. Para la elección de estos se tomaron las siguientes consideraciones: que tuvieran como línea guía la Ecología de Paisaje, que se relacionaran de cierta manera con la Infraestructura verde y por último que su objeto de estudio fuera similar a los objetivos de la presente investigación. En la Tabla 1. Casos Análogos, se describe: el estudio, donde se menciona el autor y el título de la investigación; el objetivo, refiriendo el objetivo general y los objetivos particulares; las variables, aquellos elementos particulares por caso de estudio; las herramientas, como programas y materiales que se utilizaron para procesar la información y por último, los resultados obtenidos en cada investigación. Se divide por cada uno de los objetivos particulares de este proyecto y se explica la relación entre el caso de estudio y el mismo objetivo.

Tabla 1. Casos Análogos

| Estudio                                                                                                                                                                                      | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Variables                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Herramientas                                                                                                                                  | Resultados                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.-Analizar es la estructura del paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.</b>                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                              |
| <b>2.-Describir los usos y funciones que presentan los espacios verdes naturales y urbanos de S.F.</b>                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Título:</b><br>Conservación de vegetación para reducir riesgos hidrometeorológicos en una metrópoli fronteriza.<br><b>Autores:</b><br>Ochoa González y Ojeda Revah<br><b>Año:</b><br>2017 | O.G.<br>Creación de Infraestructura verde sobre pendientes pronunciadas, escurrimientos y biodiversidad especial<br>O.P.<br>Conocer estado actual de la ZMTTR.<br>Determinar la estructura del paisaje y su conectividad por medio de índices de composición y configuración.<br>Análisis del marco legislativo para ver factibilidad de propuestas. | Determinar Infraestructura verde por 1.- Áreas de riesgo, pendientes.<br>2.-Áreas de riesgo, lugares ecológicos sobre salientes.<br>3.-Áreas de riesgo, lugares ecológicos sobre salientes, y cinturón de vegetación natural rodeando ciudades.<br>-Proyecto es a escala macro por que abarca ZMTTR. | Imágenes de satélite Spot, (2012 y 2013) 1:50 000, @30 m<br>Google Earth<br>Mapas de uso de suelo y vegetación<br>Arc Gis 2.0<br>Fragstats 4. | La ZMTTR conserva casi la mitad de vegetación natural en diversos grados de conservación.<br>Identificación de zonas de riesgos y porcentaje de conservación del área natural de acuerdo a los 3 escenarios. |
| <b>Título:</b><br>Evaluación regional de la vulnerabilidad de los biotipos al cambio de paisaje<br><b>Autores:</b><br>Weißhuhn, P.<br><b>Año:</b><br>2019                                    | O.G.<br>Determinar los biotipos con alto potencial de ser afectados.<br>Bajo potencial de recuperación, identificando los puntos más vulnerables del paisaje.                                                                                                                                                                                        | Indicadores de parche y clase para analizar la vulnerabilidad de biotopo al cambio de paisaje.<br>- Más de 400,000 biotipos evaluados, cubriendo 30,000km2.                                                                                                                                          | Landesamt für Umwelt Brandenburg (2013)<br>The ArcGIS tool "Optimized HotSpot Analysis"                                                       | Los puntajes de cada parche se muestran en una escala categórica de 5 niveles (es decir, bajo, ligeramente bajo, medio, ligeramente alto y alto) de acuerdo con la distribución estadística.                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                             | -Priorización de los esfuerzos de conservación sugeridos por puntos críticos de vulnerabilidad.<br>- Biotipos dependientes de condiciones húmedas particularmente vulnerables en la región de estudio.                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                              | Cada nivel tiene la misma cantidad de parches, sin embargo la mayoría del área de estudio de manera visual tiene baja vulnerabilidad, esto se debe al tamaño de cada parche por que los biotipos más grandes han estado expuestos a una menor fragmentación. |
| Se relaciona con este objetivo por que busca determinar la estructura del paisaje, mientras identifica los lugares como escurrimientos y pendientes para determinar que función realizan.                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Título:</b><br>Mejorando la conectividad del paisaje a través de la multifuncionalidad de los corredores de Infraestructura verde, modelación y diseño<br><b>Autor:</b><br>Zhang, Z., Meerow, S., Newell, J. P., & Lindquist, M<br><b>Año:</b><br>2019                                                                                                                            | O.G.<br>Proveer un enfoque práctico para lograr la conectividad del paisaje así como la identificación de lugares idóneos para hacer los corredores verdes. | -Utilizan Fragstats para evaluar la estructura y patrones de conectividad y validan su resultado con CONEFOR lo que indica la fragmentación.<br>-Identifican oportunidades, conexiones y reducir la fragmentación.<br>-Realizan el diseño de corredores por tipologías de diseño.<br>- Proyecto Multiescalar, por que analiza desde escala regional hasta llegar al sitio donde se van a realizar las propuestas de Infraestructura verde. | Arc GIS 10.4<br>FRAGSTATS 4.2.1<br>Conefor (extensión de arcMap)<br>calcularon índice de conectividad<br>IIC | Encontraron que pueden desarrollar los corredores en la ciudad de Detroit utilizando: el suelo desocupado, en el sistema de callejones de la ciudad y los espacios verdes existentes para armar los corredores.                                              |
| Se relaciona con este objetivo por que busca determinar la estructura de los espacios verdes al mismo tiempo que identifican las funciones actuales que tienen los lugares, así como el uso potencial para ser parte de la Infraestructura verde, este trabajo en particular por tener las bases de la Ecología de Paisaje muy identificadas también se relaciona con el objetivo 3. |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>3.-Analizar la relación que existe entre los espacios verdes naturales y urbanos de San Felipe, B.C.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Título:</b><br>Concepto de Infraestructura verde y planeación de paisaje urbano: un reto para la                                                                                                                                                                                                                                                                                  | O.G.<br>Encontrar métodos de aplicación de la Infraestructura verde en los procesos de planeación de las                                                    | 1.-Variables de la NSN: Número y tamaño, distancia, biodiversidad y potencial recreativo al aire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Para la interpretación de los elementos que conforman la estructura espacial utilizaron la matriz            | Encontraron 8 niveles con 4 categorías que reflejan el nivel de conectividad entre los elementos NSN.                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                    |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| planeación forestal en Belgrado, Serbia                                                                                                                                                                                             | ciudades modernas y evaluar sus beneficios.                                                                                                                                                                  | libre.                                                                                             | parche corredor de Forman 1995                                                   | Identificaron las zonas en las que hacen falta los elementos NSN.                                                                                                                                         |
| <b>Autor:</b><br>Vasiljević, N., Radić, B., Gavrilović, S., Šljukić, B., Medarević, M., & Ristić, R.                                                                                                                                | O.P.<br>1.-Analizar la conectividad como valor multifuncional de la red planeada de elementos naturales y seminaturales (NSN).                                                                               | Indican fragmentación                                                                              | Red de puntos de 20x 20m                                                         |                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Año:</b><br>2018                                                                                                                                                                                                                 | 2.-Proponer parámetros métricos paisajísticos para medir la conectividad de la Infraestructura verde.                                                                                                        | 2.-Medición de la conectividad de acuerdo a la estructura del paisaje en dos intervalos de tiempo. | Polígonos de Thiessen                                                            | Encontraron la distribución espacial con diferente nivel de conectividad de acuerdo a los elementos NSN.                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                     | -Proveer direcciones para futuras investigaciones que utilicen como base la EP.                                                                                                                              | -Proyecto Multiescalar por que va desde el municipio de Mladenovac hasta la ciudad.                | Imágenes aéreas<br>Plan de manejo del arbolado urbano SIG.                       |                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Título:</b><br>Situación actual y cambios recientes en los índices de vegetación (vis) en ciudades forestadas con climas secos. Caso área metropolitana de Mendoza, Argentina.                                                   | O.G.<br>Estudiar las condiciones actuales y los cambios recientes en la vegetación urbana.                                                                                                                   | Determinación área de estudio.                                                                     | Imágenes satelitales Landsat 5 (1986-2011) @ 30 m y Landsat 8 (2013-2017) @ 30 m | Indican una pendiente general descendente en los valores medios NDVI y SAVI en el período 1986-2011.                                                                                                      |
| <b>Autor:</b><br>Arboit, M. E., & Maglione, D. S.                                                                                                                                                                                   | O.P.<br>analizar la variabilidad temporal y espacial del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI) en el área metropolitana de Mendoza (AMM). | Determinación de la mancha urbana AMM y por departamento.                                          | Imágenes de contaminación lumínica<br>Lightpollutionmap, 2016                    | En el período 2013-2017 se determinaron correlaciones positivas muy altas entre los departamentos prioritario a intervenir.                                                                               |
| <b>Año:</b><br>2018                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                              | Obtención del NDVI de las Imágenes.                                                                | Google maps, 2016                                                                | Los espacios verdes públicos del AMM prioritarios a intervenir se ubican en zonas estratégicas de aumento en los valores de índices de vegetación y de aumento de superficie de espacios verdes públicos. |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                              | Cálculo de NDVI de AMM, por manzanas y por espacios verdes.                                        | Cartografía<br>Mapas de catastro                                                 |                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                              | -Estudio realizado a escala urbana.                                                                |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |
| Esta investigación se relaciona con el objetivo 3 por que busca una relación por medio de la conectividad entre los elementos naturales y seminaturales, utilizando la Infraestructura verde como vía.                              |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                    |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |
| La segunda investigación se relaciona con el análisis de vegetación de los espacios verdes al analizar la variabilidad espacial del índice de vegetación.                                                                           |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                    |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |
| <b>4) Proponer las zonas potenciales para integración de la infraestructura verde como estrategia dentro de los lineamientos de las políticas públicas, basada en los principios de la Ecología del Paisaje en San Felipe, B.C.</b> |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                    |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título:</b><br>Marco Metodológico para la dispersión urbana a través de la planeación sustentable de Infraestructura verde urbana                                                                                                                                                               | O.G.<br>Establecer un marco metodológico basado en un proceso de jerarquía analítica, para la dispersión urbana a través de la planeación sustentable de Infraestructura verde urbana                                                                                                                                                                                                          | Selección caso de estudio, ciudad media.<br>Análisis comparativo del uso de suelo de 2005 y 2010 para verificar el esparcimiento urbano.<br>Establecieron 9 criterios para determinar si los espacios verdes urbanos eran idóneos para la Infraestructura verde urbana: | ESRI, HERE, De Lorme, Intermap, increment P. Corp<br>GEBCO, USGS<br>FAO, FAO, NPS<br>NRCAN, Geo Base<br>IGN Kadaster NL, Ordnance Survey, ESRI Japan, METI, Esri<br>Chinav(Hong Kong), Swisstopo<br>MapmyIndia, OPEN Street Map<br>GIS user<br>community | Se determinó la idoneidad de 27 tipos de espacios verdes que forman parte de una Infraestructura verde urbana.<br>- Se realizaron recomendaciones de áreas verdes evaluadas para cinco zonas urbanas.<br>-Se identificaron los terrenos desocupados para ver el potencial de cuales serían los futuros espacios verdes urbanos en Ploiești, Rumania. |
| <b>Autor:</b><br>Gavrilidis, A. A., Niță, M. R., Onose, D. A., Badiu, D. L., & Năstase, I. I.                                                                                                                                                                                                      | O.P.<br>1.-Evaluar que espacios verdes urbanos son los más adecuados para ser incluidos en una Red de infraestructura urbana.<br>2- Designar los espacios verdes urbanos adecuados que se ajustan a los factores ambientales y característicos de las zonas urbanas funcionales.<br>3.- Determinar la disponibilidad suelo para la planificación de nuevos espacios verdes urbanos en Rumania. | Costos de manejo<br>Facilidad de construcción<br>Aceptación<br>Eficiencia para combatir el cambio climático<br>Eficiencia para mejorar la calidad del aire<br>Generación de Ingreso<br>Simulación de redes sociales<br>Especificidad<br>-Escala Urbana.                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Año:</b><br>2019                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Se relaciona con este objetivo porque evalúa el paisaje urbano en cuanto a sus espacios verdes, siendo esta una manera de entender cómo se conforman los mismos en la zona urbana donde toma en cuenta los factores ambientales y la Ecología de Paisaje para determinar la Infraestructura verde. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Fuente: Elaboración propia con base a los trabajos realizados por Ochoa González y Ojeda Revah, (2017), Zhang, et al. (2019), Vasiljević, (2018), Arboit y Maglione, (2018) y Gavrilidis, et al. (2019)

En la Tabla 1. se revisaron trabajos análogos por objetivos; se unieron los dos primeros objetivos, el primero es el analizar es la estructura del paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C. y el segundo es el de describir los usos y funciones que presentan las áreas verdes naturales y urbanas de San Felipe, B.C., donde los trabajos de Ochoa González y Ojeda Revah (2017) y Zhang, et al. (2019), se relacionan al mencionar cómo está compuesto el paisaje en cada caso de estudio específico. En el caso de Ochoa González y Ojeda- Revah es la zona Metropolitana de Tijuana, Tecate y Rosarito, donde buscan la creación de Infraestructura verde sobre pendientes pronunciadas, escurrimientos y biodiversidad espacial; en el caso de Zhang, es en la ciudad de Detroit, donde su objetivo es proveer un enfoque práctico para lograr la conectividad del paisaje, así como la identificación de lugares idóneos

para hacer los corredores verdes. Ambos casos de estudio buscan determinar la estructura del paisaje así como ver el funcionamiento y usos de los elementos que lo componen. De igual modo, el artículo de Weißhuhn (2019), se relaciona con estos objetivos porque analiza la estructura del paisaje natural por medio de los biotipos y al mismo tiempo se enfoca en la vulnerabilidad del paisaje para encontrar aquellas áreas con mayor potencial de conservación, que son las que poseen mayores beneficios ecosistémicos y mayor tiempo de recuperación a las alteraciones realizadas por el hombre. El tercer objetivo es analizar la relación que existe entre las áreas verdes naturales y urbanas de San Felipe, B.C., siendo el trabajo de Vasiljević, (2018) con el que se encontró mayor correspondencia. Uno de los objetivos de su trabajo y con el que se encuentra más relacionado es el de analizar la conectividad como valor multifuncional de la red planeada de elementos naturales y seminaturales; porque busca esa relación entre áreas importantes, utilizando la Infraestructura verde como vía. Al mencionar las áreas verdes dentro del tercer objetivo, el trabajo de Arboit y Maglione (2018) realiza un análisis de los espacios verdes urbanos. En una zona con un clima seco donde busca determinar las correlaciones positivas de la vegetación en diferentes zonas del área metropolitana que analiza, por medio del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI). El último objetivo particular del proyecto es proponer las zonas potenciales para integrar Infraestructura verde basada en los principios de la Ecología de Paisaje en San Felipe, B.C. donde el trabajo de Gavrilidis, et al. (2019) busca la evaluación de espacios verdes urbanos para ver cuáles son los más adecuados a ser incluidos en una red de infraestructura urbana; lo cual es similar a buscar las zonas potenciales para el planteamiento de la Infraestructura verde.

Aunado a las metodologías presentadas en la Tabla 1. Cantó (2014), en su trabajo: La planificación y gestión de la Infraestructura verde en la Comunidad Valenciana, resalta el hecho de que los proyectos de Infraestructura verde necesitan una integración con el marco jurídico y normativo para tener éxito; así las decisiones tomadas por los planificadores son avaladas por reglamentos y planes que van en pro del desarrollo regional.

Tomando en cuenta los conceptos base de esta investigación, se explican metodologías que se relacionan con estos conceptos para aplicarlos a su estudio. Estos conceptos son Paisaje, Ecología de Paisaje e Infraestructura verde.

### 3.4. Propuestas metodológicas para el estudio de paisaje

En primer lugar están las metodologías para el estudio de paisaje, debido a que es el concepto rector de la presente investigación. Se explican dos metodologías propuestas para el estudio de paisaje: en primer lugar la que propone la guía metodológica de estudios de Paisaje y en segundo lugar la metodología que propone el arquitecto del Paisaje Ian McHarg.

#### 3.4.1. Guía metodológica de Estudios de Paisaje, (2012)

De acuerdo con la Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012), este estudio debe de ser: sintético, riguroso, claro y gráfico. Se deben llevar a cabo los pasos descritos en la Tabla 2. Propuesta de la Guía metodológica de Estudios de Paisaje.

Tabla 2. Propuesta de la Guía metodológica de Estudios de Paisaje.

| Fase                                                                  | Explicación                                                                                                                                                                                             | Producto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.-Ambito de Estudio                                                  | Este se refiere a la justificación del proyecto y a la delimitación del área de estudio.                                                                                                                | Documento con la justificación.<br>Plano con el área de estudio delimitada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2.-Unidades de Paisaje                                                | Análisis de la dinámica del paisaje (presente pasado, futuro) considerando los componentes principales del paisaje y los conflictos del mismo.                                                          | -Plano de unidades de paisaje y su descripción.<br>-Plano de Recursos paisajísticos y su descripción.<br>-Plano de la Infraestructura verde definida con carácter preliminar y descripción de sus principales elementos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.- Valorar el paisaje y establecer objetivos de calidad paisajística | “Explicación de la metodología elegida y proceso de valoración, con los resultados obtenidos incluyendo la valoración técnica, la resultante del Plan de Participación Pública y la visibilidad”(p.23). | -Plano de visibilidad resultado del análisis visual con la localización de los puntos de observación y recorridos que se hayan determinado. Junto con la descripción gráfica y escrita de cada uno de ellos.<br>-En función de la valoración obtenida y los conflictos detectados, determinación de los objetivos de calidad.<br>-Unidades de paisaje: fichas completas con su delimitación, descripción, valoración y objetivos de calidad.<br>-Recursos paisajísticos: fichas completas con su delimitación, descripción, valoración y objetivos de calidad. |
| 4.- Propuesta                                                         | Elaborar propuesta en función de los objetivos planteados.                                                                                                                                              | 1. Plano de Infraestructura verde definitiva y pequeña memoria de su obtención a incorporar en los planos de definición estructural del plan al que acompañe.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>2. Catálogo, como documento diferenciable del Estudio de Paisaje a incorporar en el Catálogo del Plan.</p> <p>3. Normas de Integración Paisajística. Redacción de normas concretas de paisaje a incorporar en la Normativa Urbanística del Plan o en las Fichas de Planeamiento y Gestión en función de su alcance estructural o pormenorizado, con posibilidad de acompañarlas con guías para su mejor comprensión.</p> <p>4. Programas de Paisaje, con sus correspondientes fichas, a incorporar también en las fichas del Plan.</p> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Elaboración propia con base a Guía metodológica de Estudios de Paisaje, (2012)

En la Tabla 2. se explica que para el estudio de paisaje se necesita una justificación del proyecto, delimitación del área de estudio, análisis de los componentes del paisaje y sus interrelaciones; así como la dinámica del mismo paisaje, valoración de los resultados y su integración con el marco normativo y por último la elaboración de la propuesta final.

### **3.4.2. Ian McHarg (2000)**

Otra metodología relevante para el estudio de paisaje es la que propone Ian McHarg (2000), en su libro *Proyectar con la naturaleza*, donde resalta la importancia de conocer el contexto general para poder lograr un diseño de paisaje completo útil, funcional y acorde al lugar donde se va a proyectar. El método que McHarg propone se basa en la comprensión de aquellos elementos y procesos que configuran el paisaje para utilizarlos como base del mismo, analizando los sistemas biofísicos y socioculturales del lugar.

De acuerdo con McHarg (2000), el método que propone busca definir las mejores áreas para el uso de suelo potencial, el cual se va a obtener por medio de la convergencia de aquellos factores propicios para el uso. Pasos propuestos por McHarg:

- 1.- Recabar la información de aquellos componentes del medio físico, que van desde los más antiguos como la geología, hasta los más efímeros como la vida silvestre.
- 2.- Representar la distribución espacial de la información por medio de un análisis de idoneidad, donde cada elemento es una capa (*layer*) superpuesta entre sí, con un valor de ponderación para el uso de suelo y de esta manera identificar las limitaciones como las oportunidades de usos potenciales.

Para realizar el valor de ponderación McHarg (2000) propone el esquema planteado en la Tabla 3. Criterios para ponderación de McHarg. Donde explica los factores ecológicos, los criterios de orden, la división del factor de acuerdo al rango de fenómenos y por último la asignación de valores por factor ecológico para el uso de suelo.

Tabla 3. Criterios para ponderación de McHarg.

| <b>Factor ecológico</b>                                                            | <b>Criterio de Orden</b>                                                                 | <b>Rango de fenómenos</b>                                          | <b>Valores para el uso de suelo</b>                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Son aquellos que intervienen en el medio, donde McHarg propone el siguiente orden: | Se expresa el orden ascendente a descendente, según corresponda a cada factor ecológico. | Se hace una división de 5 rangos que van del más alto al más bajo. | Se asigna un valor al factor ecológico de acuerdo al uso de suelo: |
| Clima                                                                              |                                                                                          |                                                                    | Conservación                                                       |
| Geología                                                                           |                                                                                          |                                                                    | Recreativo pasivo                                                  |
| Fisiografía                                                                        |                                                                                          |                                                                    | Recreativo activo                                                  |
| Hidrología                                                                         |                                                                                          |                                                                    | Desarrollo Residencial                                             |
| Edafología                                                                         |                                                                                          |                                                                    | Desarrollo Comercial                                               |
| Vegetación                                                                         |                                                                                          |                                                                    | Industrial                                                         |
| Fauna Salvaje                                                                      |                                                                                          |                                                                    |                                                                    |
| Uso de Suelo                                                                       |                                                                                          |                                                                    |                                                                    |

Fuente: Elaboración propia en base a McHarg (2000)

Con la propuesta de McHarg (2000) en la Tabla 3. no solo se busca realizar el diseño arquitectónico paisajístico funcional, práctico y estético; si no que al realizarlo se entienda el sitio para que este se desarrolle en concordancia con el lugar donde se va a plantear dicho proyecto; para así localizar el lugar idóneo para el uso que se pretende tener. Por lo tanto, para encontrar el lugar apto para el desarrollo de la Infraestructura verde, se debe seguir esta metodología al analizar los factores ambientales del lugar con sus variables, darles un grado de ponderación y obtener las zonas potenciales aptas para esto.

### 3.5. Propuesta de Metodología con base en la Ecología de Paisaje

La segunda propuesta metodológica es con base en la Ecología de Paisaje, donde se resaltan los principios de esta para ver sus bondades aplicadas en procesos prácticos. F. Li, et al. (2005),

### 3.5.1.F. Li, et al. (2005)

en su trabajo describen el verde urbano basado en los principios de Ecología de Paisaje, teniendo como caso de estudio Beijing, China. Explican los principios y requerimientos de la Ecología de Paisaje, desarrollados en la Tabla 4. Principios y requerimientos de la Ecología de Paisaje de acuerdo con F. Li, et al. (2005), donde se unen con una serie de connotaciones para su aplicación.

Tabla 4. Principios y requerimientos de la Ecología de Paisaje de acuerdo con F. Li, et al. (2005).

| Principios y requerimientos de la Ecología de Paisaje |                                                        | Connotaciones |                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                    | Estructura y Función                                   | 1.1           | Cambios en la estructura verde puede causar cambios en la función                                                                                      |
|                                                       |                                                        | 1.2           | Los espacios verdes fragmentados o aislados se deben integrar a una red                                                                                |
| 2.                                                    | Claridad y consistencia del sistema de espacios verdes | 2.1           | Con visión a largo plazo                                                                                                                               |
|                                                       |                                                        | 2.2           | Un espacio verde integrado, con división en unidades de paisaje                                                                                        |
| 3.                                                    | Funcional y ecológicamente diverso                     | 3.1           | Unidades de paisaje y espacios verdes combinan funciones ecológicas, por lo tanto no son mono funcionales                                              |
|                                                       |                                                        | 3.2           | Riqueza en la experiencia visual                                                                                                                       |
| 4.                                                    | Biodiversidad y servicios ecosistémicos                | 4.1           | Mejorar Servicios ecosistémicos elevando la calidad y diversidad de los espacios verdes                                                                |
|                                                       |                                                        | 4.2           | Mejorar condiciones específicas de especies protegidas reduciendo los efectos negativos en sus hábitats y adoptando medidas de regulación y protección |
| 5.                                                    | Accesibilidad para el público                          | 5.1           | Construcción de puentes para que unan elementos como caminos, vías, ríos y canales                                                                     |
|                                                       |                                                        | 5.2           | Construir redes de andadores peatonales y ciclistas                                                                                                    |
|                                                       |                                                        | 5.3           | Conectar los puntos atractivos principales en puntos clave para evitar la degradación del ecosistema natural                                           |
| 6.                                                    | Distribución de espacios verdes                        | 6.1           | Parques públicos cercanos a áreas con alta densidad habitacional                                                                                       |
|                                                       |                                                        | 6.2           | Disminuir la contaminación en zonas y corredores generadores de aire fresco                                                                            |
|                                                       |                                                        | 6.3           | Protección contra ruidos                                                                                                                               |
| 7.                                                    | Integración y transformación                           | 7.1           | Integración de los elementos existentes como agua superficiales, parques y villas                                                                      |
|                                                       |                                                        | 7.2           | Considerar el crecimiento y cambio de las especies vegetales                                                                                           |

|                                |     |                                                                                              |
|--------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8. Aceptación e implementación | 8.1 | Mejorar la aceptación por medio la participación ciudadana                                   |
|                                | 8.2 | Difundir concepto por medios                                                                 |
|                                | 8.3 | Integrar a las personas que toman las decisiones con el público en general como una fuerza   |
|                                | 8.4 | Promover desarrollo de espacios verdes en el sentido positivo para elevar la calidad de vida |
|                                | 8.5 | Utilizar marco legal para proteger los espacios verdes.                                      |

Fuente: Ecological principles and requirements for the urban greening in Beijing Province, (F.Li, et al, 2005, p.331)

En la Tabla 4. F. Li, et al. (2005) explican los principios y requerimientos de la Ecología de Paisaje aplicados a un caso práctico de estudio, donde señalan puntos clave para la implementación de la Ecología de Paisaje, como lo son: reconocimiento de la estructura y función de los espacios verdes, tanto para el área natural como para el área urbana en función de los servicios ecosistémicos que estas proveen. Resulta imprescindible tomar en cuenta la distribución de estos espacios, así como la accesibilidad a los mismos, sin dejar de lado que son elementos vivos que cambian y evolucionan. Considerar estos cambios y lograr la aceptación de la gente y la integración con el marco normativo para su implementación y cuidado.

### **3.6. Propuesta metodológica para la identificación de elementos para Infraestructura verde**

La tercera propuesta metodológica va en torno a la Infraestructura verde, donde la Agencia Ambiental Europea (2014) realiza el análisis espacial de Infraestructura verde en Europa por lo que se analiza la metodología propuesta.

#### **3.6.1. Agencia Ambiental Europea (2014)**

En primera instancia, identifica los servicios ecosistémicos relevantes que regulan y mantienen el mismo ecosistema, selecciona los indicadores de esos servicios y mapea su capacidad con base en una jerarquía que va desde clase máxima a clase moderada. En segunda instancia, identifica las especies clave y los grupos funcionales, donde mapea sus hábitats, analiza el estado actual, ve su potencial y mapea los corredores de vida silvestre. En la Tabla 5. Fases de propuesta metodológica para la determinación de Infraestructura verde, se explican las fases propuestas por la Agencia Ambiental Europea (2014).

Tabla 5. Fases de propuesta metodológica para la determinación de Infraestructura verde.

| <b>Fase</b>                                      | <b>Explicación</b>                                                                                                          | <b>Producto</b>                                                                                             |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.- Servicios ecosistémicos                      | Determinar la distribución de elementos de Infraestructura verde basada en la capacidad de proveer servicios ecosistémicos. | Plano                                                                                                       |
| 2.- Servicios básicos de hábitat                 | Identificar servicios de hábitat, así como sus conexiones.                                                                  | Plano de zonas núcleo de hábitat.<br>Plano de conectividad.<br>Plano de conectividad con zonas núcleo.      |
| 3.- Resultados<br>Redes de Infraestructura verde | Todos los elementos anteriormente identificados de acuerdo a su grado de conservación y restauración.                       | Plano de áreas potenciales de conectividad.<br>Tablas con m <sup>2</sup> de áreas de Infraestructura verde. |

Fuente: Elaboración propia con base Agencia Ambiental Europea (2014).

En la Tabla 5. La Agencia plantea tres fases principales para la determinación de una Infraestructura verde. En primer lugar, establecer los espacios verdes en función de la calidad de los servicios ecosistémicos que estos mismos proveen. En segundo lugar, identificar los espacios verdes en función a los servicios de hábitat que genera y encontrar las conexiones existentes. Por último, una vez reconocidos los dos puntos anteriores; determinar la red de Infraestructura verde de acuerdo a su grado de conservación y restauración.

Se revisaron diversos autores para la elaboración de este marco, donde se seleccionaron los seis mencionados en el apartado de casos análogos (Ochoa González y Ojeda Revah, 2017; Zhang, et al. 2019; Vasiljević, 2018; Arboit, y Maglione, 2018; Gavrilidis, et al., 2019 y Cantó, 2014); dos para la descripción de metodologías relacionadas con el paisaje (Guía metodológica para el estudio de paisaje, 2012 e Ian McHarg, 2000); uno relacionado con la metodología aplicada de la Ecología de Paisaje (F.Li et al., 2005) y uno referente a la metodología aplicada de la Infraestructura verde (Agencia Ambiental Europea, 2014). Todos estos ejemplos van relacionados con los objetivos de este trabajo y con los conceptos rectores del mismo: paisaje, Ecología de Paisaje e Infraestructura verde, donde se pudieron observar los diferentes pasos que cada autor llevó a cabo para cumplir con sus objetivos, así como el uso de herramientas especializadas como los Sistemas de Información Geográfica que facilitan el análisis de la información y la realización de la cartografía, ya que en base al análisis integral y definido pudieron obtener los resultados deseados. Por lo tanto, al revisar autores que se han involucrado en proyectos de esta índole, se pueden definir los elementos necesarios y así poder plantear la siguiente metodología.

## 4. Metodología para la caracterización del paisaje en San Felipe, B.C

### 4.1. Propuesta metodológica

Se toman en cuenta las características necesarias para tener un trabajo sistémico en torno a la integración del paisaje natural al urbano, con la Infraestructura verde como el conducto para lograrlo, sumado a la revisión del Estado del Arte y de las metodologías propuestas: paisaje, Ecología de Paisaje e Infraestructura verde; unidos a los objetivos del proyecto. La metodología que se propone desarrollar en este trabajo, que se presenta en la Tabla 6. Propuesta metodológica. describe las actividades, las herramientas y el producto que se va a obtener de cada etapa, en función a los objetivos planteados:

Tabla 6. Propuesta Metodológica

| Objetivo                                                                                                    | Actividad                                                                                                                                                                                                      | Herramientas                                                                                                                                              | Producto                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Analizar la estructura del paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.                                  | <b>1.1.</b> Definir zona de estudio<br><b>Autores relacionados:</b> Gavrilidis, et al. (2019).<br>Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012),<br>Arboit, y Maglione (2018).                               | Plano topográfico<br>Imágenes aéreas<br>Google Earth<br>Recorrido sitio<br>Planes de ordenamiento territorial y ecológicos existentes y PDUCP San Felipe. | Mapa base con poligonal de estudio.                                                                    |
|                                                                                                             | <b>1.2.</b> Analizar los componentes del medio natural dentro de la Poligonal.<br><b>Autores relacionados:</b> McHarg (2000).                                                                                  | Arc map<br>Planos de Cartografía temática de INEGI                                                                                                        | Mapas de análisis por tema.                                                                            |
|                                                                                                             | <b>1.3.</b> Identificar los factores naturales que conforman el paisaje Natural y Urbano de San Felipe, B.C.<br><b>Autores relacionados:</b> McHarg (2000).                                                    | Análisis cartográfico<br>Fotografías<br>Recorrido sitio                                                                                                   | Mapa resumen enfocado en la conservación territorial de acuerdo a la Agencia Ambiental Europea (2014). |
|                                                                                                             | <b>1.4.</b> Identificar los factores de vulnerabilidad conforman el paisaje Natural y corresponden a un riesgo para las zonas Urbanas de San Felipe, B.C.<br><b>Autores relacionados:</b> Weißhuhn, P. (2019). | Arc map                                                                                                                                                   | Mapa de resumen de vulnerabilidad<br>Weißhuhn, P. (2019).                                              |
| 2. Describir los usos y funciones que presentan los espacios verdes naturales y urbanas de San Felipe, B.C. | <b>2.1</b> Análisis del paisaje, con base a lo encontrado considerando los componentes principales del paisaje que viene dentro de la infraestructura, además de la identificación de las zonas que            |                                                                                                                                                           | Plano de Unidades de paisaje.<br>Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012).                      |

|                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                               | poseen mayores beneficios ecosistémicos para obtener unidades de paisaje.<br><b>Autores relacionados:</b><br>Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012) y F. Li, et al. (2005).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                               | <b>2.2.</b> Descripción de lo identificado en el análisis, incluyendo 1.2, 1.3 y 2.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                      | Reporte                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3. Analizar la relación existente entre los espacios verdes naturales y urbanas de San Felipe, B.C.                                                                                                                           | <p><b>3.1</b> Determinar la similitud, conexión, integración o fragmentación de las áreas naturales y urbanas por medio del análisis de la cobertura de suelo. Por medio de la Clasificación Supervisada Benedict y McHanon(2006).<br/><b>Autores relacionados:</b><br/>Vasiljević, et al. (2018)<br/>Ecología de Paisaje de F.Li et al. (2005).<br/>Agencia Ambiental Europea (2014),<br/>Benedict y McHanon(2006)Infraestructura verde.<br/><b>Autores relacionados:</b><br/>Agencia Ambiental Europea (2014).</p> <p><b>3.2.</b> Determinar la densidad y el estado de la vegetación, por medio del índice de NDVI</p> <p><b>3.3.</b> Realizar mapa resumen de Vegetación</p> | <p>Arc map<br/>Imágenes aéreas<br/>Landsat a 30m</p> | <p>Mapas de distribución de la vegetación por medio de una clasificación supervisada Vasiljević, et al. (2018).</p> <p>NDVI Arboit, y Maglione (2018).</p> <p>Mapas resumen de vegetación que resalte de servicios ecosistémicos, de acuerdo a Agencia Ambiental Europea (2014).</p> |
| 4. Proponer las zonas potenciales para integración de la infraestructura verde como estrategia, dentro de los lineamientos de las políticas públicas, basada en los principios de la Ecología del Paisaje en San Felipe, B.C. | <p><b>4.1</b> Integrar resultados para realizar la red de Infraestructura verde.<br/><b>Autores relacionados:</b><br/>Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Arcmap                                               | <p>Plano de zonificación de la Infraestructura verde.<br/>Lineamientos de Infraestructura verde como estrategia para conformar una política publica<br/>Agencia Ambiental Europea (2014) y a la Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012).</p>                                 |

Fuente: Elaboración propia, abril (2019).

En la Tabla 6. se explica la propuesta metodológica para el presente proyecto de investigación, donde se tomaron como base los casos propuestos en el Estado del Arte, que se relacionaban de manera directa con los objetivos propuestos; así como procesos metodológicos de las líneas base que son Paisaje, Ecología de Paisaje e Infraestructura verde.

Para lograr el primer objetivo que es analizar la estructura del paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C. se proponen cuatro actividades. La primera es definir la zona de estudio donde autores como Gavrilidis, et al. (2019); Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012);Arboit, y Maglione (2018) concuerdan que para realizar un estudio de paisaje se debe delimitar un área para poder enfocar la investigación y así determinar la escala. Con la finalidad de cumplir con esta actividad se utilizan como herramientas: el plano topográfico de INEGI, esc. 1: 50 000., imágenes aéreas Google Earth, recorrido al sitio, planes de ordenamiento territorial y ecológicos existentes y PDUCP de San Felipe, B.C. para obtener como producto la definición de la zona de estudio.

La segunda actividad propuesta para lograr el primer objetivoes analizar los componentes del medio natural dentro de la poligonal, esto se obtiene gracias a la propuesta de McHarg (2000), donde da una metodología para obtener la aptitud intrínseca del territorio mediante análisis cartográfico y sobreposición de elementos. La herramienta a utilizar es el Software de Arc Map donde se analizan e interpretan los mapas temáticos digitalizados de INEGI esc. 1:250 000teniendo como resultado un mapa de análisis por tema.

La tercera actividad del primer objetivo es identificar los factores naturales que conforman el paisaje natural de San Felipe, B.C. donde con base en la misma metodología de McHarg (2000), se analizan los mapas temáticos y se enfocan con sentido de conservación para así poder resaltar aquellos elementos del medio natural que tienen valor agregado por las características intrínsecas de cada zona y al mismo tiempo proveen un mayor número de servicios ecosistémicos, debido a la condiciones particulares del sitio. Para realizar esta actividad se va a utilizar el análisis cartográfico obtenido, teniendo como producto un mapa resumen enfocado en la conservación territorial, que de acuerdo a la Agencia Ambiental Europea (2014) busca resaltar los servicios ecosistémicos.

La cuarta actividad relacionada al primer objetivo es identificar los factores de vulnerabilidad que conforman el paisaje natural y corresponden a un riesgo para las zonas

urbanas de San Felipe, B.C. donde (Beier y Brost, 2010 citados por Weißhuhn, 2019) mencionan que los esfuerzos de conservación son más efectivos cuando las áreas de actividad biológica se conservan en lugar de especies individuales o incluso poblaciones individuales. Por lo anterior, un análisis de vulnerabilidad es necesario para informar una estrategia de manejo orientada a patrones que sea complementaria a la conservación tradicional, que es orientada únicamente a especies y así tomarse en cuenta la degradación ecológica acumulativa que va sufriendo el paisaje por el mal manejo de sus recursos naturales. Tomando en cuenta que también indica las zonas de mayores riesgos para los asentamientos urbanos, al identificar estas zonas se puede realizar la propuesta de Infraestructura verde de una manera más integral y así evitar que el crecimiento urbano se ubique en zonas con probables riesgos ambientales. De igual modo que el mapa resumen de conservación, se eligen las características temáticas obtenidas en la cartografía que se relacionan con el tema de vulnerabilidad, utilizando la metodología de McHarg (2000) donde se califican dichos temas y se obtiene un mapa resumen. Como producto final del primer objetivo, se obtienen los dos mapas resumen: conservación y vulnerabilidad.

El segundo objetivo de esta investigación es describir los usos y funciones que presentan los espacios verdes naturales y urbanos de San Felipe, B.C. lo que se logra por medio de dos actividades propuestas. La primera es el análisis del paisaje, que se realiza con base en los hallazgos realizados, considerando los componentes principales del paisaje y los conflictos del mismo se podrán obtener como resultado las unidades de paisaje. De acuerdo a la Guía Metodológica de Estudios de Paisaje (2012), en la fase 3 dentro de su propuesta metodológica, se menciona que se debe realizar la valoración del paisaje y establecer objetivos de calidad paisajística mediante un proceso de valoración con los resultados obtenidos, que en este caso son las cartas temáticas, así poder obtener las unidades de paisaje que es el producto que se busca para esta actividad. La segunda actividad es la descripción de lo identificado en el análisis, enfocado a los usos y funciones del paisaje, lo cual se va a desarrollar una vez que se tengan los resultados del primer objetivo y las unidades de paisaje, que son la primera actividad de este mismo objetivo.

El tercer objetivo es analizar la relación existente entre los espacios verdes naturales y urbanos de San Felipe, B.C. tomando en cuenta que este objetivo está más relacionado con los espacios verdes. Para desarrollarlo se enfoca en el análisis y en el desarrollo de este elemento, por medio de la realización de dos actividades, la primera es identificar las zonas que poseen

mayores beneficios ecosistémicos por medio de la identificación de la cobertura del suelo y utilizando la clasificación supervisada, teniendo como herramienta base las imágenes Landsat (2019) a 30 m. procesadas con el software de Arc Map para identificar la cobertura de suelo y el potencial de los espacios, como explica Vasiljević, et al. (2018), mediante este análisis se puede obtener el número, tamaño, distancia, biodiversidad y potencial recreativo al aire libre de estos espacios.

La segunda actividad del tercer objetivo es con base en el análisis previo para determinar similitud, conexión, integración, fragmentación de las áreas naturales y urbanas. De acuerdo con Benedict y McHanon(2006), para lograr esta actividad se analizan los elementos naturales relacionados con la vegetación, incluyendo la cobertura de suelos, donde se obtiene el NDVI teniendo una imagen completa del comportamiento de la vegetación; es decir que tan densa y en que estado se encuentra dentro de la poligonal de estudio.

La tercera actividad del tercer objetivo es realizar un mapa resumen con la información obtenida por medio de la clasificación supervisada y del Índice de vegetación normalizada, para poder tener un solo producto final de este objetivo, que integre los dos comportamientos estudiados.

El principal propósito de esta metodología es utilizar los mapas resúmenes, obtenidos en cada apartado, como lo serían el mapa resumen de conservación, el de vulnerabilidad, las unidades de paisaje y el mapa resumen de vegetación; logrando de esta manera alcanzar el cuarto y último objetivo, el cual consiste en proponer una estrategia para la zonificación de Infraestructura verde basada en los principios de la Ecología de Paisaje en San Felipe, B.C. por medio de una actividad, que es la integración de los resultados obtenidos en los tres primeros objetivos. La herramienta es el software de ArcMap, teniendo como resultado final del proyecto de investigación el plano de zonificación de la Infraestructura verde, basado en la Agencia Ambiental Europea, (2014) y en la Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012), que mencionan en su proceso metodológico en la fase cuatro, la de los resultados, que se debe realizar el plano de Infraestructura verde definitiva.

Esta metodología se va a utilizar como eje rector al momento de desarrollar los objetivos y de este modo obtener un producto que responda tanto a las preguntas de investigación como a las necesidades del sitio, logrando así la integración del paisaje natural

con el urbano por medio de la estrategia de zonificación de Infraestructura verde. Para comprobar que la propuesta metodológica es la respuesta del objetivo general, se debe aplicar cada paso expresado en la propuesta, desarrollando así cada objetivo particular.

Al desarrollar cada objetivo particular se va a explicar cada paso que se fue ejecutando de la propuesta metodológica; es decir, de donde se obtuvo la información y como se proceso dicho material con los software de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que la mayoría de los autores actuales explican que es la herramienta correcta para el procesamiento de la información de cartas geográficas o imágenes satelitales a escala regional. En este caso particular se utilizó el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999) versión en inglés<sup>6</sup>, para poder obtener los productos deseados de cada objetivo de investigación.

---

<sup>6</sup> La terminología que se mencione en este documento derivado de este software, se encuentra en el idioma inglés, por la versión que fue utilizada para realizar la presente investigación.

## 4.2. Análisis de la estructura del paisaje natural de San Felipe B.C.

El primer paso para realizar el análisis de la estructura del área que se está estudiando es delimitar la zona de estudio; ya que si se habla de San Felipe B.C. se piensa en una zona urbana, y si se habla del paisaje circundante se podría llegar a pensar en la sierra, el desierto o inclusive el mar de Cortés, pero las condiciones marinas no son el objetivo de este estudio, si no las terrestres. Para estudiar el paisaje, de acuerdo a la Guía Metodológica de Estudios de Paisaje, (2012) un límite natural correctamente aceptado son las cuencas hidrológicas por ser una constante que envuelve fenómenos ambientales con características particulares; por lo tanto, se obtuvo dicha información de la versión digitalizada en formato para SIG, donde se buscó en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2020), dentro del Geoportal, en el apartado de Hidrología, las Regiones Hidrológicas y Cuencas, se utilizó el *shape* de cuencas hidrográficas de México 2007, para delimitar el área de estudio, más adelante en el apartado de Área de Estudio, se va a profundizar al respecto.

Una vez delimitada el área que se va a estudiar se procede a buscar los componentes que conforman la estructura de la zona de estudio, estos componentes están basados en la cartografía temática digitalizada del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI) que se obtuvo en la Biblioteca Digital de Mapas de INEGI (s.f.), donde se buscaron las cartas que abarcaban el área de estudio. Se utilizaron dos escalas principales: la primera, por medio de la cual se realiza el mapa base, es una escala de 1:50 000, para tener un mejor entendimiento de las curvas de nivel y los detalles donde se encuentran los caminos y edificaciones; la segunda es la escala 1:250 000 por ser escala regional y por la disponibilidad de información levantada por INEGI. Para el análisis de la cartografía temática de los diversos contenidos temáticos de INEGI se va a realizar la sobreposición de capas que propone McHarg (2000), donde los temas tienen que estar unificados y a una misma escala para leer y entender de una manera más clara la aptitud territorial.

Los principales temas de acuerdo a la cartografía de INEGI, son: Clima, Geología, Edafología, Hidrología Superficial y Subterránea, Vegetación y Uso de Suelo, donde se eligió la versión más reciente disponible. Una vez obtenida esta información, se aplicó la metodología de McHarg, (2000) para realizar los mapas de aptitud de Conservación y Vulnerabilidad. Este análisis es indispensable para comprender la estructura ambiental de la zona de estudio y a su vez responder la primer pregunta particular de esta investigación: ¿Cómo es la estructura del paisaje natural de San Felipe B.C., B.C.?

#### ***4.2.1. Delimitación de la poligonal de estudio***

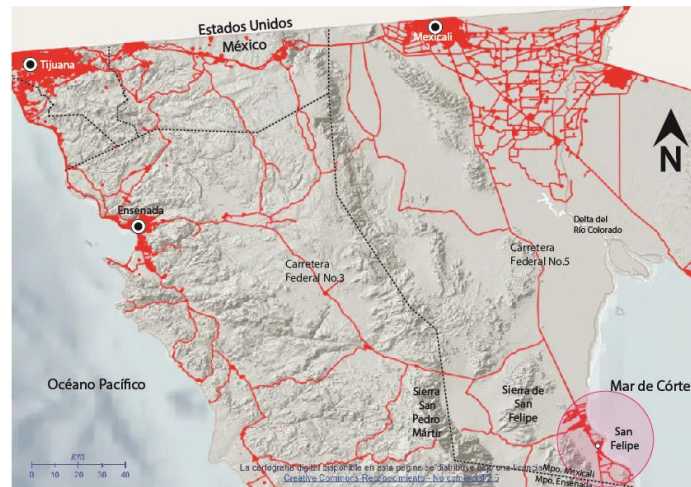
Se tiene que plantear un límite para realizar el estudio territorial, tomando en cuenta que la escala a aplicar es la: macro, por lo tanto no se puede estudiar todo el territorio sin un límite, por que se podrían pasar por alto elementos primordiales de la estructura territorial. La delimitación de la poligonal de estudio es el primer paso a realizar, la cual servirá de base para todos los productos planteados dentro de la propuesta metodológica, incluyendo los que se van a obtener en base al análisis de cartas geográficas, como aquellos de imágenes satelitales y los mismos procesos obtenidos mediante el software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999).

De acuerdo con la Guía Metodológica de Estudios de Paisaje, (2012) la poligonal para estudios de paisajes se deberá definir de acuerdo a consideraciones paisajísticas, visuales y territoriales. Tomando en cuenta que en el territorio no existen como tal los límites administrativos, por lo tanto la delimitación de esta área puede sobrepasar los límites municipales o estatales. Otro punto relevante que menciona la guía es que no se puede estudiar únicamente el poblado, si no que el ámbito de estudio deberá ser mayor a esta extensión, para poder dar un contexto y desarrollar un plan general de acuerdo a los rasgos característicos del paisaje, donde en el presente estudio se busca obtener dichos rasgos para poder definir una transición suave entre el espacio natural y la mancha urbana por medio de una Infraestructura verde.

Para definir el área de estudio en esta investigación, en primera instancia se ubicó geográficamente el poblado de San Felipe B.C. para observar los rasgos paisajísticos y territoriales representativos que lo rodean, obteniendo de acuerdo a la Secretaría de Marina Armada de México, (SEMAR s.f.), que San Felipe B.C. es un puerto del Estado de Baja California, perteneciente al municipio de Mexicali, Ubicado a 31°01'39" Latitud Norte y a 114°50'07" Longitud Oeste. En la Figura 2. Ubicación de San Felipe B.C., B.C., se determinaron los espacios importantes tanto colindantes, como aquellos que representan una conexión para la accesibilidad al puerto, como lo son al Norte la ciudad de Mexicali y la frontera con Estados Unidos, al Sur el municipio de Ensenada, al Este el mar de Cortés, y al Oeste la sierra de San Felipe B.C. y la sierra de San Pedro Mártir. Tiene como vías principales de acceso la carretera federal No. 5 Mexicali - San Felipe B.C., que recorre 195 km y la No. 3 Ensenada - San Felipe B.C., la cual comprende 251 km. San Felipe B.C. tiene accesibilidad aérea y marítima, la accesibilidad aérea es exclusiva para vuelos privados y la

marítima contiene condiciones para embarcar carga ligera de buques de porte de hasta 400 toneladas.

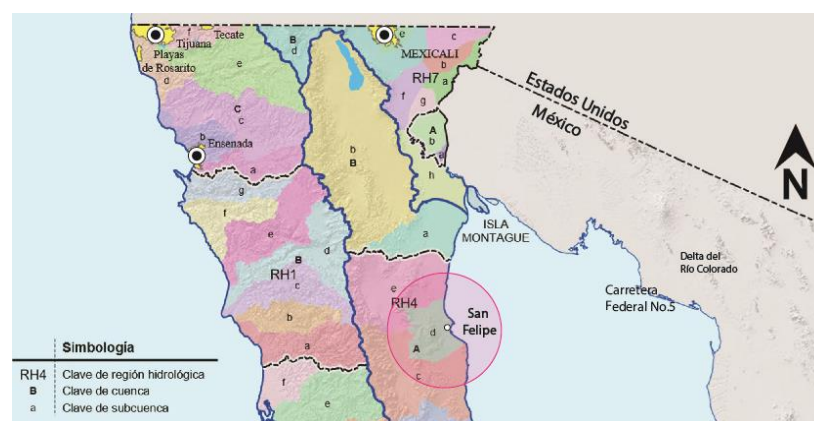
Figura 2. Ubicación de San Felipe B.C., B.C.



Fuente: Elaboración propia, en base a CONABIO, (2020)

Para plantear la poligonal de estudio se utilizaron como consideraciones territoriales las cuencas. Una cuenca hidrográfica, de acuerdo con Sánchez (2019) “...es una zona completa que vierte sus aguas de escorrentía en un solo río, aguas que requieren de las particularidades de la alimentación de los suelos”p1. por lo tanto son un elemento que forma parte de la información física del territorio y marca un límite definido; además de ser un factor ambiental guiado por la orografía y la hidrología. En las cuencas ocurren determinados fenómenos ecológicos particulares los cuales permiten apreciar la integración de los factores físicos desde los externos como el clima, hacia los internos como la vegetación que es producto de la combinación de todos los factores involucrados. Como se muestra en la Figura 3. Región, Cuenca y Subcuenca.

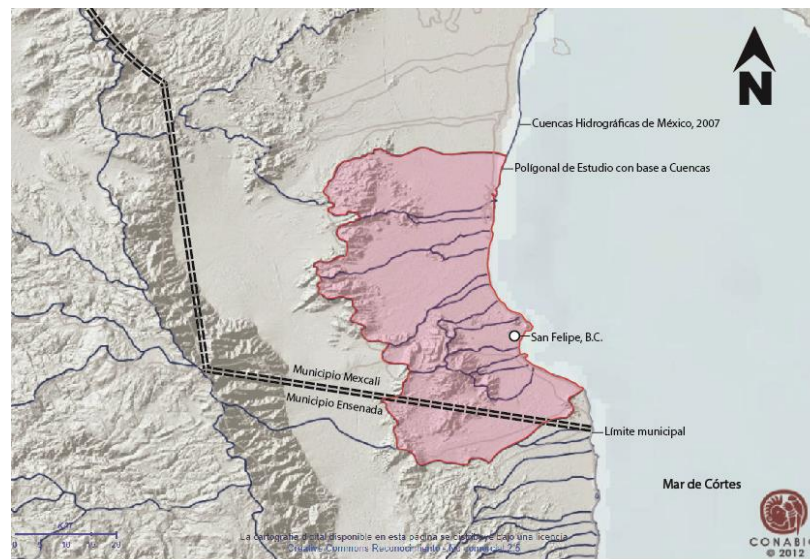
Figura 3. Región, Cuenca y Subcuenca



Fuente: Elaboración propia en base a CONABIO, (2020)

Las subcuencas hidrológicas utilizadas para definir la poligonal de estudio que corresponde al área de San Felipe B.C. se observan en la Figura 3. En primera instancia están sobre la Región hidrológica No. 4, Baja California Noreste, abarcando la cuenca A que contiene las subcuencas e, d y f. que son aquellas que abarcan el área de interés del estudio, al acotar en el área que abarca la zona de interés del estudio, se utiliza la subcuenca d, como se puede apreciar en la Figura 4. Delimitación de la poligonal de estudio

Figura 4. Delimitación de la poligonal de estudio



Fuente: Elaboración propia con base a CONABIO (2020)

En la Figura 4. se pueden observar los límites de la poligonal de estudio: al Norte se delimitó por el crecimiento lineal que ha tenido el puerto de San Felipe B.C. a lo largo de la zona limítrofe, esto se ha dado con complejos habitacionales y turísticos como el *Dorado Ranch*. El limite utilizado es la propia subcuenca d. Al Sur, el límite es la misma subcuenca, la cual sobrepasa la frontera municipal con Ensenada. Al Este limita con el mar de Cortés y al Oeste con la sierra de San Felipe B.C.. Esta poligonal de estudio abarca un área de 1581.75 km<sup>2</sup>. Una vez identificados los límites físicos, la superficie y por lo tanto, teniendo lo poligonal bien definida, se puede proceder al análisis e identificación de los componentes del medio natural, así como los demás análisis necesarios para poder lograr el objetivo de este proyecto.

#### ***4.2.2. Análisis e identificación de los componentes del medio natural***

Dentro de este apartado se realiza el análisis cartográfico basado en los mapas digitalizados de INEGI. De cada tema, se eligió la escala pertinente y el año más actualizado que abarcará la zona de estudio en su totalidad. En primer lugar se realizó el análisis topográfico esc. 1:50 000, para utilizarlo como mapa base, porque dependiendo del tema se va a determinar cuáles capas de este mapa son apropiadas a utilizarse. Una vez teniendo el mapa base con la poligonal definida, se procedió al análisis de la cartografía temática, iniciando desde lo general y mas permanente dentro del medio natural como es el clima y la geología, pasando por aquellos componentes indispensables como son hidrología superficial, subterránea y edafología, llegando hasta algo mas particular y efimero del mismo territorio, como es el uso de suelo y la vegetación.

##### **a) Topografía**

Una vez definida la poligonal de estudio se procede a la realización de un mapa base, donde la UN-Hábitat (2002) dice que debe contener las principales características de la ciudad, como lo son los ríos y caminos más importantes, así como las curvas de nivel, que en este caso se utilizarán a escala 1:50 000. En este mapa también se deberá resaltar la poligonal de estudio que se definió. Este mapa, será la base para la construcción de los mapas posteriores, como lo son los temáticos y de interpretación.

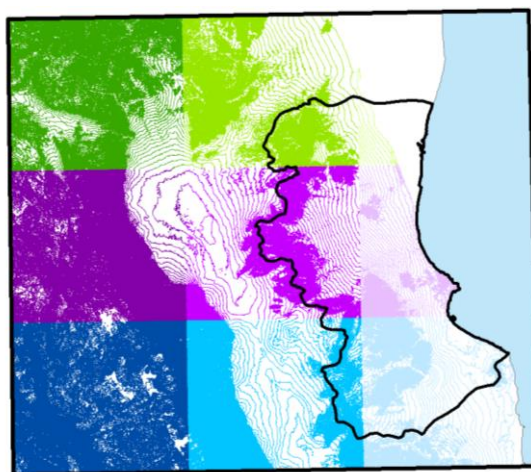
La importancia de un mapa topográfico radica en los objetivos que busca el estudio de la topografía, que de acuerdo a Martín, Campoy y Vázquez (1994) la topografía es aquella que se encarga de estudiar las posibles maneras de representar una parte de la superficie terrestre en una visualización plana, es decir de dos dimensiones, la cual en realidad es de tres dimensiones. Esta representación es con todos los detalles que se pueden encontrar dentro del área asignada, especialmente aquellos elementos contruidos, otro punto relevante a tomar en cuenta para el estudio de la topografía, son aquellos instrumentos que se utilizan para poder obtener las medidas.

Para esta investigación se utilizó como base un mapa topográfico ya existente, el de INEGI (2013-2018), el cual se encontró en la biblioteca digital de mapas de INEGI. Para poder tener la información que se necesita, primero se debe acceder a la página web de INEGI, en este sitio se van a encontrar algunos filtros, los cuales se deben llenar para encontrar el tema buscado. El primer filtro es el: Tema, que en este caso son: Mapas, después

es el Área Geográfica, donde se eligió: Baja California. El siguiente filtro es Colección, que es donde se va a seleccionar la materia que se está analizando, la cual sería Cartas Topográficas. Continúa filtrando la Escala; que es 1:50 000. Sigue Edición, donde no se eligió ningún filtro. El último filtro donde se seleccionó alguna característica, es el Formato; eligiendo *Shp (shape)*, porque es el formato digitalizado compatible con ArcMap 10.5 (ESRI, 1999). Los últimos filtros existentes dentro de este sitio web son: Satélite, Unidad del Estado y Resolución, de los cuales no se cambió ninguna selección dentro de los mismos.

Una vez determinado el sitio, el área geográfica, la colección, escala y formato, se procede a buscar aquellas cartas que abarcan el sitio de interés. Al ser escala 1:50 000, el área objeto de éste estudio incluía nueve cartas topográficas con las siguientes claves: h11b35, h11b36, h11b37, h11b45, h11b46, h11b47, h11b55, h11b56, h11b57. Una vez teniendo las cartas necesarias para hacer la base topográfica, estas se guardaron en una carpeta específica dentro de Windows (C:) en la computadora, debe ser en esta dirección, para poder vincular la carpeta con el software de ArcMap 10.5 para tener la información disponible al momento de abrir el programa, en la pestaña de *Catalog*, es donde se realiza el vínculo entre las carpetas, y ahí se agregan los *shapes (shp)* que van a formar el mapa deseado; así permite irlos visualizando y editando según las necesidades, como se puede apreciar en la Figura 5. Cartas Topográficas 1:50 000.

Figura 5. Cartas Topográficas 1:50 000



Fuente: Elaboración Propia en Arc Map 10.5 (ESRI, 1999)

En la Figura 5. Se muestra por diferencia de colores las curvas de nivel de cada una de las cartas digitalizadas de INEGI, abiertas en el programa de Arc Map 10.5 (ESRI, 1999).

Donde también se observa el borde rectangular, que es el límite negro alrededor de las zonas de color, que representa el área de recorte que se va a utilizar para las siguientes cartas temáticas que son a una mayor escala 1:250 000, y también se observa con una línea oscura, la poligonal de estudio formada por la cuenca.

Una vez abiertos los *shapes* que se necesitan, donde el programa los está visualizando, se realiza el primer paso para obtener este mapa, que es unir las nueve cartas que muestra la Figura 5, las cuales se obtuvieron en el sitio de INEGI (2013 – 2018), una vez abierto el archivo de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), se agregan los *shapes* a unir y se selecciona la pestaña de *geoprocessing* optando por la opción de *Merge*, la cual crea un *shape* nuevo con las cartas unidas. Después se elimina la línea de unión entre cartas. Posteriormente se edita el *shape* que se creó y se elige la barra de edición, seleccionando: *editor*, *start editing* y se procede con la unión de dos elementos del mismo *shape*, iniciando por las curvas de nivel, estas curvas a esta escala se encuentran representando la elevación a cada 20 m; para poder hacer el proceso de unión, se verifica que se debe tener activa la opción de *create features*, se eligen los polígonos a unir, optando por la opción de: *editor*, donde despliega una barra con diferentes opciones y herramientas, de estas se escoge la herramienta *merge*, en este punto aparecen los dos polígonos seleccionados, se le da un último *click* en *OK* y listo, en este momento es cuando se unen las curvas de nivel.

Ya que están unidas las cartas donde se eliminó la línea de unión y se unieron las curvas de nivel, el siguiente paso es añadir aquellos elementos útiles para la construcción de esta carta, los cuales se encuentran en la base de datos INEGI (2013 - 2018) además de las curvas de nivel, estos elementos fueron: caminos, carreteras, corrientes de agua, cuerpos de agua, edificaciones, línea de transmisión, localidad 3, localidad 6, zona arenosa, terreno sujeto a inundación, estanque, deposito de desecho, faro, instalaciones de comunicación, mina, pista de aviación. Una vez teniendo todos los elementos, se recorta el área que se va a visualizar, para que el archivo contenga únicamente los datos necesarios, por lo que primero se creó un rectángulo que se muestra en la Figura 5. para definir esta área. Para crear el rectángulo se coloca el *mouse* sobre la ventana de *Catalog*, se busca la carpeta que deseada, *click* derecho, *new*, *shape*, *polygon*, y se prende el *editor*, *start editing*, *create features*, *polygon*, de esta manera se crea el rectángulo del área deseada. Posteriormente se procede a recortar el *shape* general de INEGI, para dejar únicamente el rectángulo que contiene la información necesaria para el análisis, esto se realiza con *Arctoolbox*, *Analysis Tools*, *Extract*,

*Clip*. En donde el *Input* es el *shape* que se va a recortar y en *clip features*, es el *shape* de rectángulo. De este modo se obtiene la carta topográfica. Para tener el mapa finalizado, el último paso a realizar, es crear el *Layout*.

Para elaborar el *layout*, primero se elige el icono de *Layout view*, que se encuentra en la parte inferior izquierda de la pantalla, después se da *click* en botón derecho y se selecciona *layers, properties, grid, new grid*, se elige el tipo de coordenadas geográficas las cuales sirven para ubicar determinado punto dentro de la superficie terrestre. Para el caso de San Felipe B.C. son: *Projected WGS84 11N*, se elige: *next, next* y *finalize*. De este modo se obtiene el *Layout* previo, para adaptarlo, primero se modifica el texto en la barra de herramientas *drawing*, optando por la opción, *new text*. Para la escala, se da *click* en botón derecho optando por las opciones de: *layers, properties, data frame*, cambiar automático por escala fija, *fixed scale*. Para simbología, es en menú *Insert, insert legend*. Para editar leyenda se da *click* derecho en convertir a gráfico, *Convert Features to Graphics*, *click* derecho en *ungroup*, de este modo se puede seleccionar cada elemento existente de la leyenda y moverlo o modificarlo según sea conveniente. Por último se inserta la escala grafica en menú *Insert, Insert Text*, y listo se tiene el *Layout* que se va a utilizar tanto para el mapa topográfico, como para los mapas posteriores.

## **b) Clima**

El primer tema que se analiza es el clima, el cual es un factor ambiental primordial para determinar las características físicas del sitio, éste forma parte del medio abiótico, de acuerdo al Periódico Oficial (2000) se utiliza la clasificación climática de Köppen modificada por E. García (1973), se dice que existen dos tipos de climas en San Felipe B.C., el primero está representado por la fórmula:  $Bwkw(x')$ , donde el tipo de clima es representado por la letra B, que se refiere a un clima seco; el subgrupo está representado por la w, que es muy seco y el subtipo representado por la k, que vuelve al muy seco, templado; el subtipo es lo que varía entre los dos climas que distinguen San Felipe B.C.; las demás letras de la fórmula se refieren a que el clima presenta lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2 mm, con verano cálido y este es predominante en la Sierra de San Felipe B.C.. El segundo clima al que se refiere el Periódico Oficial (2000), está representado por la fórmula:  $Bw(h')hw(x')$ , que de la misma manera que la letra B, es un tipo de clima seco, con la letra w que es un subgrupo de clima muy seco, variando en el subtipo de clima, que en este caso es (h'), que se refiere a un clima muy seco semicálido; las siguientes letras

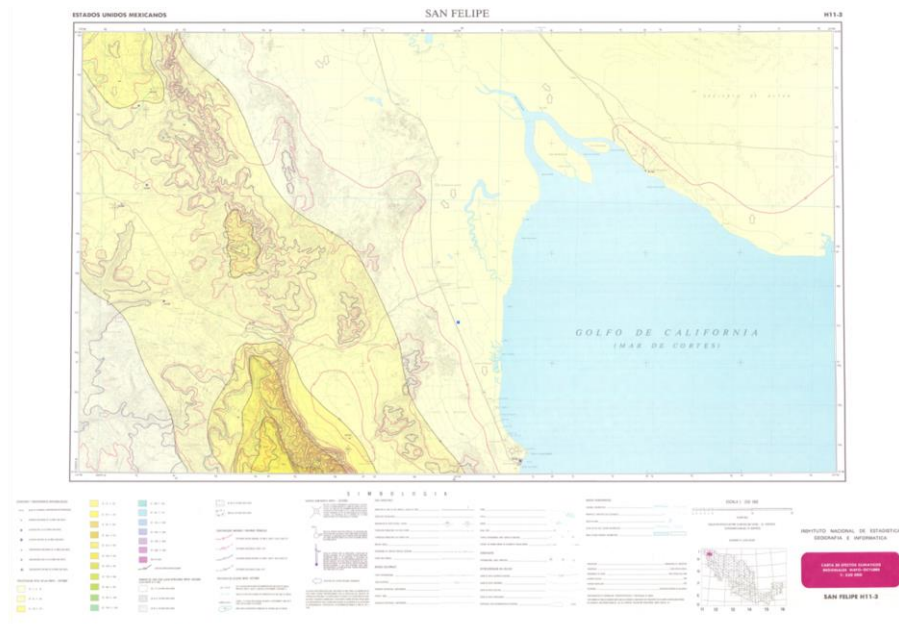
de la fórmula se refieren a que es un clima con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2 mm, cálido. Este subtipo está presente en la mayor parte del municipio, en su zona de inundación y en la parte del desierto de San Felipe B.C..

De acuerdo al Periódico Oficial, (2010). Las características generales climatológicas presentes en el área de San Felipe B.C. B.C. son: una precipitación media anual inferior a los 70 mm con lluvias en invierno y verano, siendo muy escasas durante todo el año; la temperatura media anual es entre 22 y 24 °C, alcanzándose máximas de hasta 48 °C (a la sombra) en julio y agosto; y mínimas de 0 °C en diciembre y enero; la media máxima mensual de verano es 33° C y la de invierno 16 °C.

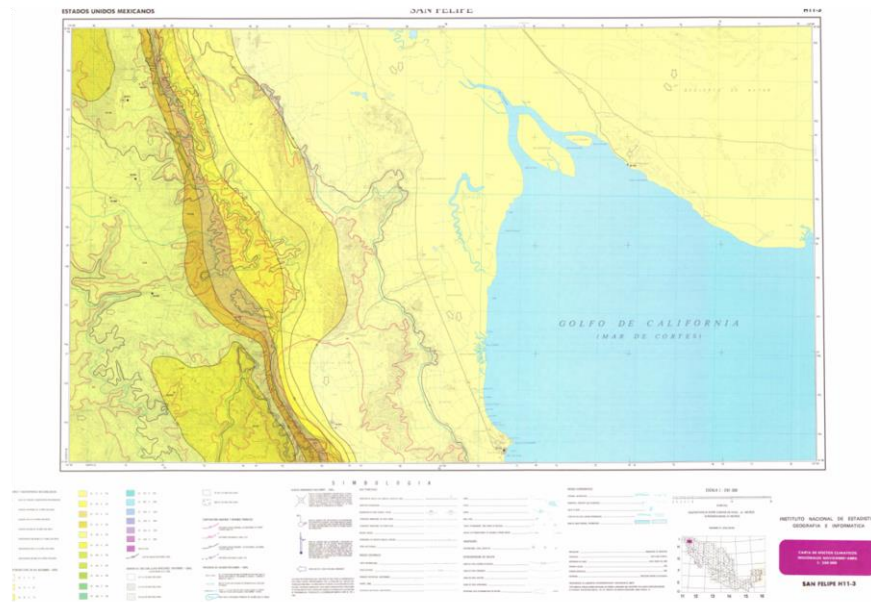
Para poder analizar este factor se utilizó como base la cartografía de efectos climáticos de INEGI, como se puede observar en la Figura 6. Cartografía climática INEGI; la cual está dividida en dos, aquellos efectos climáticos pertenecientes a mayo-octubre (INEGI, 1985a) que es el primer periodo y aquellos que se refieren a los meses comprendidos entre noviembre-abril (INEGI, 1985b) que es el segundo periodo. De igual manera que en la carta anterior, esta información se obtuvo en la biblioteca digital de Mapas de INEGI, con dos variaciones principales dentro de los filtros de búsqueda; la primera es la escala, ya que este tema se analiza a una escala 1:250 000 y la segunda es la colección, donde se va a elegir la carta de efectos climáticos regionales primer periodo (INEGI 1985b) y la carta de efectos regionales segundo periodo (INEGI 1985b). Debido a que la escala es mayor que la anterior, solo se necesita buscar dos cartas por cada periodo, teniendo las claves h1103, h1106 que son las que abarcan el área de estudio.

Figura 6. Cartografía climática INEGI

Clima Primer Periodo



Clima Segundo Periodo



Fuente: INEGI 1985 a, INEGI 1985b.

En la Figura 6, aparecen las cartas de INEGI de ambos periodos climáticos, pertenecientes a la clave h 1103, en formato PDF. Esta es la imagen cartográfica que se imprimía en papel, actualmente los mismos datos, con la misma fecha de captura, se encuentran guardados en una versión digitalizada para Sistemas de Información Geográfica, donde cada elemento que aparece en la versión impresa se encuentra digitalizado en un *shape* específico con la información necesaria que ayuda a identificar y procesar los datos cartográficos con mayor facilidad.

Para realizar los mapas temáticos de ambos periodos, acorde al área de estudio, se hace de una manera similar a la cartografía anterior; se guardan las bases de datos digitalizadas de INEGI (1985a), y la de INEGI (1985b) en formato *shape*, se utiliza el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), donde se abre la ventana *Catalog* y se elige la cartografía referente a climas, para de este modo poder visualizarlas y así continuar con los procesos correspondientes. Tomando en cuenta que son dos cartas, también se realiza el proceso de *Merge* dentro de *Geoprocessing* para unir los elementos por los cuales están conformadas y así eliminar las líneas de unión, se recorta el área a visualizar, se carga la poligonal de estudio y por último se agrega el *layout*, de este modo se obtienen las cartas de efectos climáticos.

### **c) Geología**

La geología es relevante para poder conocer la edad y estructura que forma y conforma el paisaje. INEGI (2005) resalta que es parte primordial del subsistema de recursos naturales y su enfoque específico de estudio es “la ubicación de fenómenos geológicos en la superficie continental” (p.1.) se refiere a que la geología se encarga de ubicar aquellas manifestaciones de carácter geológico que se encuentren sobre la superficie terrestre; como la época de formación, el tipo de roca o afloramiento rocoso, la estructura geológica, fallas, fracturas y las concentraciones minerales

La época de formación según Raffino (2020) son diferentes unidades del tiempo geológico ya establecidas de manera formal, estas ayudan a entender cómo se formó nuestro planeta de acuerdo al tiempo en que cada capa de roca específica tarda en formarse. Por otra parte Brusca, (2019), clasifica las eras geológicas del Noreste de México en cuatro categorías principales: Era, Período, Época y Tiempo. Las Eras son: Cenozoico, Mesozoico, Paleozoico y Precámbrico. Los Períodos dentro del Cenozoico, son Cuaternario y Terciario, el Período Terciario, se divide en Neógeno y Paleógeno. Los Períodos del Mesozoico son Cretáceo, Jurásico y Triásico. Los Períodos del Paleozoico son Pérmico, Carbonífero, Devónico, Silúrico, Ordovícico y Cámbrico; La Era Precámbrica no está dividida ni por Período ni por Época. Dentro del Periodo Cuaternario, las épocas son Holoceno y Pleistoceno; La Época del Periodo Terciario Neógeno, son Plioceno y Mioceno. Las Épocas del Período terciario Paleógeno, son Oligoceno, Eoceno y Paleoceno; De ahí en fuera el otro Período que se divide en Épocas es el carbonífero, cuya es épocas son Pensilvania y Mississipi. En cuanto al Tiempo se refiere al año en que cada era inicio: el Precámbrico inicio hace 4500 millones de

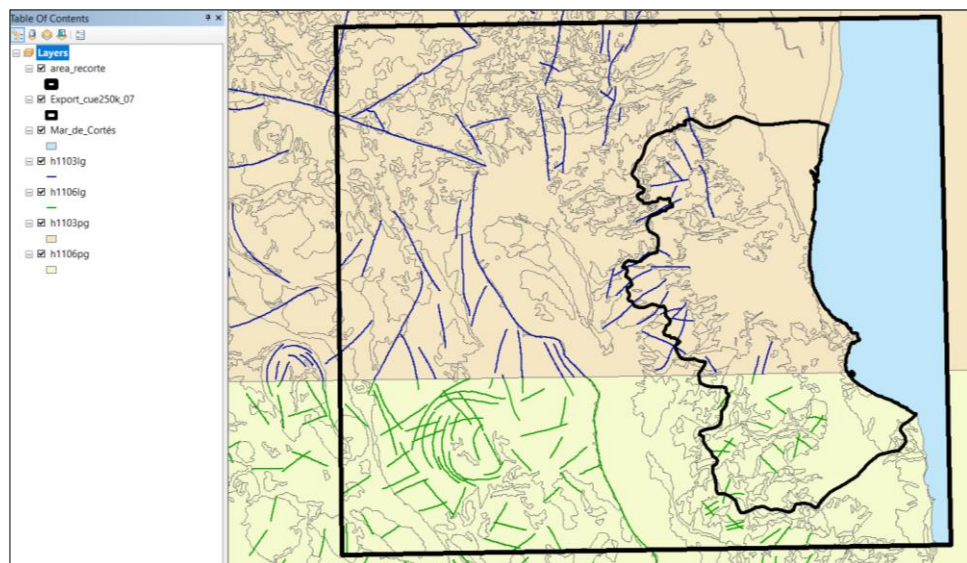
años, el Paleozoico hace 542 millones de años, el Mesozoico, tiene 251 millones de años y el Cenozoico cerca de 65.5 millones de años. Tomando en cuenta que de la Era Cenozoica, el Período Cuaternario y la Época del Holoceno, es en la que nos encontramos actualmente e inicio 10 000 años antes del presente.

Respecto al tipo de roca, el PDUCP (2013) menciona que el área de San Felipe B.C. “... se caracteriza por amplias planicies aluviales, interrumpidas por montañas complejas aisladas formadas por rocas Ígneas Extrusivas e Intrusivas, Sedimentarias y Metamórficas con orientación Noreste - Sureste.” (p.11.) De igual modo cuenta con zonas de inundación y esteros.

La estructura geológica que se refiere a las fallas y fracturas, INEGI (1982), define a las fallas como aquel quiebre de la roca existente que causa un deslizamiento entre los bloques de la misma roca. las fracturas también se refieren a los quiebres dentro de las rocas, con la diferencia que estas no tienen posibilidad de deslizarse.

Con la finalidad de realizar el análisis geológico, se obtuvo la información base de la biblioteca digital de mapas de INEGI, con los filtros mencionados en las cartas anteriores, solo teniendo como variación la Colección, donde se elige la opción de Cartas Geológicas, INEGI (1982), lugar en el cuál se bajan las mismas claves de mapa que en las cartas de efectos climáticos, h1103 y h1106, estas claves ya no van a variar en los temas posteriores porque son las cartas que corresponden a la ubicación del área de estudio y a la escala utilizada que es 1:250 000. La carta geológica realizada por INEGI (1982) ubica el tipo de roca por origen y año y las estructuras geológicas, como se representa en la Figura 7. Cartografía Geológica, digitalizada de INEGI, que muestra la versión digitalizada de la información que se obtiene de INEGI, antes de su procesamiento.

Figura 7. Cartografía Geológica, digitalizada de INEGI



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

En la Figura 7. aparece en color naranja el *shape* de polígono y en color azul el *shape* de líneas que pertenece a la carta h 1103; del mismo modo en color amarillo, está el *shape* de polígonos y en color verde el *shape* de líneas de la carta h1106, en el *shape* de polígonos se puede encontrar la información de el área, el perímetro, la clave, la entidad, la clase, y la era perteneciente. De acuerdo a las necesidades del proyecto la información que se va a utilizar es la de la clase y la era. En el *shape* de líneas, se encuentra la columna de entidad, que es donde muestra si están presentes fallas o fracturas,. Del mismo modo se ubico el área de recorte y la poligonal de estudio, que son los limites necesarios para poder realizar los procesos.

Para realizar esta carta se utiliza el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), donde se realizan los mismos pasos que en la cartografía anterior; guardar la bases de datos en *shape* (INEGI 1982), visualizar aquellos datos necesarios para su elaboración, como en la Figura 7., en este caso como se menciona en el párrafo anterior, se cargaron los *shapes* donde viene la información de fallas, fracturas, era y clase; donde la clase se refiere al tipo de roca existente; para continuar, se unen las cartas geológicas h1103 y h1106 con *merge*, posteriormente se recorta el área deseada, *clip*, se añade la poligonal de estudio y se carga el *Layout*, y así se puede obtener el Mapa Geológico.

#### **d) Hidrología**

La Hidrología cobra especial relevancia porque se encarga de estudiar uno de los recursos naturales indispensables para la vida, por lo cual la existencia de agua dulce es una de las razones primordiales para que se den los asentamientos urbanos. El lugar que recorre el agua provee al paisaje de rasgos particulares, que son los caminos por donde pasa el agua. Sánchez (2019, p.1) define la hidrología como “la ciencia que se encarga exclusivamente de investigar la distribución espacio temporal y características de las aguas subterráneas y continentales.” por lo que la hidrología explica el comportamiento general del agua dentro del planeta. El estudio de las aguas continentales se refiere a la hidrología superficial, mientras que el de las aguas que se encuentran en el subsuelo es explicado por la hidrología subterránea.

##### **Hidrología Superficial**

La hidrología superficial es limitada por las regiones hidrológicas, de acuerdo a CONABIO (2020), donde la poligonal está localizada es en la Región hidrológica número 4, denominada Baja California Noreste, limitada por la subcuenca “d”, que corresponde al territorio de San Felipe B.C., la cual se puede apreciar en la Figura 3. Región, Cuenca y Subcuenca, en el apartado área de estudio. La hidrología superficial también se encarga del estudio de los cursos de agua o escurrimientos los cuales forman cauces utilizando la gravedad, ya que recorren desde las tierras altas como las montañas hasta las tierras bajas, como las planicies y su destino final es hasta llegar al mar, que en este caso es el mar de Cortés (Sánchez, 2019).

El mapa de Hidrología Superficial, se elaboró con los *shapes* que conforman el mapa topográfico, utilizando los elementos de curvas de nivel, escurrimientos, cuerpos de agua, corrientes de agua de mar y terrenos sujetos a inundación. Además de estos elementos y de acuerdo a la misma topografía y a la dirección de los escurrimientos existentes se determinaron aquellas áreas propensas a inundación.

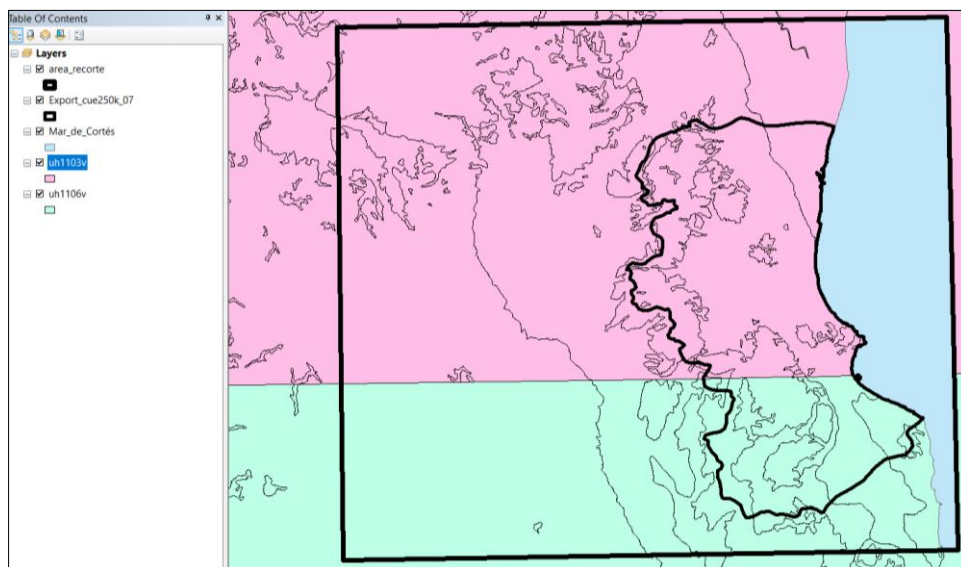
##### **Hidrología Subterránea**

La hidrología subterránea estudia el movimiento de aguas existentes dentro del subsuelo, las cuales se encuentran limitadas por los acuíferos. Según el PDUCP (2013) existen dos acuíferos relacionados con la zona de San Felipe B.C.: el primero es el de San Felipe B.C.-Punta Estrella, que tiene una superficie de 145 km<sup>2</sup> con un estado geohidrológico

estable, un tipo de veda flexible y se aprovecha para uso agrícola, público y doméstico; donde el uso público es el que más gasto de agua subterránea presenta. Este acuífero tiene una extracción de agua subterránea de 1.80 mm<sup>3</sup>. El segundo es el acuífero de Valle Chico-San Pedro Mártir, el cual también tiene un estado estable, pero su tipo de veda es reservado; a pesar de esta condición tiene 30 lugares de extracción entre 24 pozos profundos, 4 norias y 2 manantiales, teniendo un uso domestico, agrícola y público, donde el uso agrícola es el que mayor gasto de agua presenta, con 10 mm<sup>3</sup>.

Para realizar el mapa de hidrología subterránea, se obtuvo la información de la biblioteca digital de mapas de INEGI, con los mismos filtros mencionados anteriormente, solo teniendo como variación la Colección, donde se elige la opción de Cartas de Hidrología de Aguas Subterráneas, Serie I, INEGI (1981). La carta de Hidrología Subterránea realizada por INEGI (1981), como se muestra en la Figura 8. Cartografía de Hidrología Subterránea, digitalizada de INEGI, ubica el tipo de material existente, si es consolidado o no consolidado y las posibilidades que este tiene para la extracción de agua subterránea, que pueden ser altas, medias y bajas.

Figura 8. Cartografía de Hidrología Subterránea, digitalizada de INEGI



Fuente: Elaboración Propia en Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), con base a INEGI (1981)

En la Figura 8, está en color rosado el *shape* de hidrología subterránea de la carta h1103 que se utilizó, ya que en esta aparece la información del tipo de material que se puede encontrar y que permite la extracción de agua subterránea. Del mismo modo en color azul claro está el *shape* de hidrología subterránea de la carta h1106, con esta información ya se

puede derivar en el siguiente punto, que son los procesos necesarios para obtener la carta de hidrología subterránea.

Para realizar esta carta, al igual que las anteriores se utiliza el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), siguiendo los pasos mencionados dentro del apartado Mapa Topográfico, guardando la base de datos en *shape* (INEGI, 1981), visualizando los *shapes* que contienen la información de área de veda, material consolidado con posibilidades bajas, material no consolidado con posibilidades altas, material no consolidado con posibilidades bajas y material no consolidado con posibilidades medias. Dicha información se encuentra en la Figura 8. aunado a esto y para darle un mejor entendimiento a esta carta, se utilizan *shapes* de la carta topográfica INEGI (2013-2018), tales como edificaciones, carreteras, localidades y tanques de agua. Además de añadir la poligonal de estudio, el Mar de Cortés y como último paso aplicar el *Layout* y así obtener el Mapa de Hidrología Subterránea.

#### **e) Edafología**

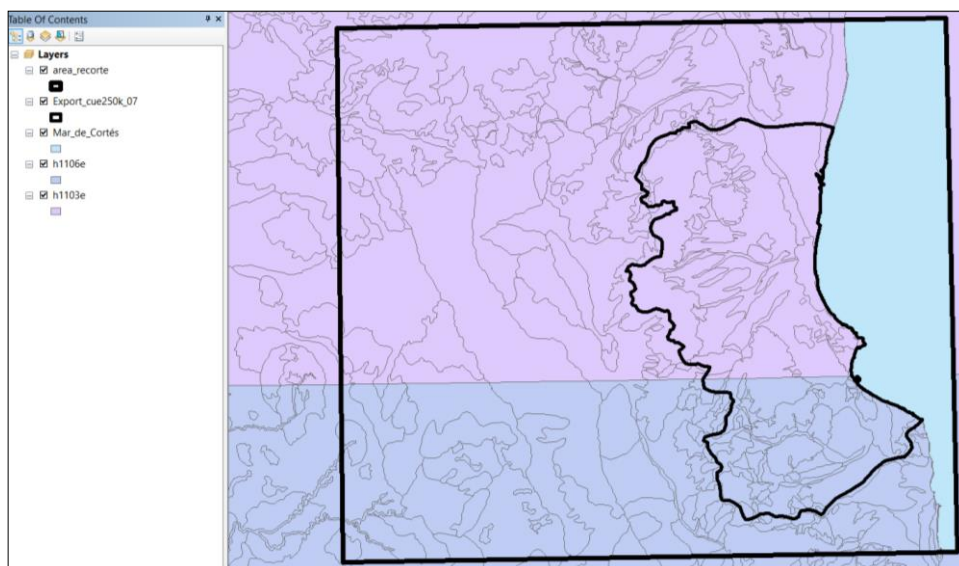
La Edafología es un subsistema de los recursos naturales que tiene por objeto principal de estudio el Suelo; siendo este relevante para determinar el uso del mismo, debido a que dependiendo del tipo de suelo se puede fomentar o limitar la realización de alguna actividad económica, como la agricultura, ganadería, pesca e inclusive la urbana. Dependiendo de sus características y si presenta algún tipo de cobertura, es uno de los elementos naturales que se pueden apreciar en el paisaje, el cual dependiendo de su aprovechamiento, puede degradarse, erosionarse o conservarse.

El PDUCP (2013), menciona que los suelos que constituyen el área de San Felipe B.C. son jóvenes y en su mayoría parecidos al material de origen. Estos suelos están compuestos principalmente por arenas finas con guijarros, entendiéndose estos últimos como fragmentos gruesos, con dimensiones comprendidas entre 7.5 y 25 cm (INEGI, 2014) y en menor porcentaje limo-arcilla, de los cuales sobresale el alto contenido de sodio y sales en los suelos.

Con el fin de analizar los suelos en la poligonal de estudio, se obtuvieron los datos como se ha venido mencionando, en la biblioteca digital de mapas de INEGI, donde la variación es en el filtro de Colección, se utiliza la opción de Cartas Edafológicas, INEGI (1998). Para la elaboración de la misma se siguieron los pasos descritos en el apartado de

Mapa Topográfico, utilizando el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999) y cargando la base de datos de INEGI (1998). Como aparecen en la Figura 9. Cartografía Edafológica, digitalizada de INEGI.

Figura 9. Cartografía Edafológica, digitalizada de INEGI.



Fuente: Elaboración Propia en Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), con base a INEGI (1998)

De acuerdo a INEGI (s.f. a) las cartas Edafológicas tienen como objetivo proporcionar aquellas características físicas, químicas y morfológicas del territorio Nacional. Estas cartas toman como referencia el sistema de clasificación de suelos establecido por la FAO/UNESCO (1970) con adaptaciones realizadas por la Dirección General de Geografía. En la Figura 9. El *shape* morado claro pertenece a la carta h1103, mientras que el *shape* morado oscuro corresponde a la carta h1106, estos *shapes* contienen la información, de área, perímetro, la clave del suelo, el grupo, la calificación, la clase textural y las hectáreas que cada uno comprende.

Dentro de la base de datos de INEGI (1998), se utilizaron dos características primordiales: la unidad de suelo y la textura. La unidad edafológica representada dentro de los metadatos de INEGI (1998), expresa las asociaciones de grupos de suelo, máximo 3, donde el primer suelo es el más dominante y el último el menos dominante. En el caso particular de esta investigación se resaltó únicamente la unidad dominante como tipo de suelo. Por otro lado también muestra la textura de los mismos suelos, ésta se refiere al tamaño de las partículas minerales obtenidas en el muestreo mediante un corte vertical de los

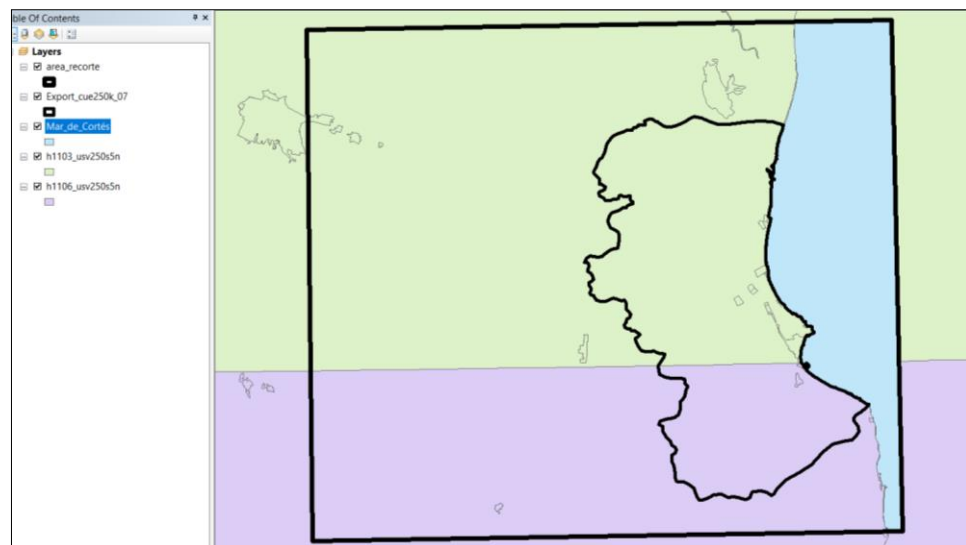
primeros 30 cm. Estas partículas son representadas en la Clase Textural, donde el 1 se refiere a las partículas más gruesas que son las arenas, con un tamaño mayor a 0.2mm y menor o igual a 2.0 mm. El 2 expresa las partículas de tamaño mediano, representados por los limos, donde su tamaño debe ser mayor a 0.002 mm y menor o igual a 0.2 mm. Por último el 3, son las partículas más finas, es decir, las arcillas cuyo tamaño debe ser menor o igual a 0.002mm.

#### **f) Uso de Suelo**

El uso de suelo deriva de las actividades humanas que se realizan sobre el territorio. Cruz, Barra y Gutiérrez (2004) explican que este concepto puede ser de carácter natural, es decir no se realiza alguna actividad aparente y se deja únicamente la vegetación o puede ser de carácter económico donde se realiza alguna actividad particular como agricultura o pesca, las cuales buscan el generar ingresos aprovechando los recursos naturales. Inclusive el área donde se encuentran los asentamientos humanos es un uso de suelo urbano, por lo tanto dependiendo del uso de suelo existente, el paisaje se puede ir modificando y adaptando. No obstante, existe una confusión cuando se habla acerca de los usos de suelo, ya que los autores (Cruz, Barra y Gutiérrez, 2004), mencionan que con el uso de la fotografía aérea fue posible comenzar a realizar un inventario de recursos naturales, en consecuencia el término se modificó de uso de suelo a cubierta de suelo. Por lo tanto si se toman en cuenta los mapas de uso de suelo y vegetación, de INEGI estos hacen una mayor distinción, del uso y cubierta de suelo en torno a la vegetación, más allá de la actividad que se realiza.

El primer paso para la elaboración de la carta de Uso de Suelos, es utilizar la biblioteca digital de mapas de INEGI, con los mismos filtros mencionados en el apartado de topografía y climas, solo teniendo como variación el filtro de Colección, donde la opción que se elige es la de de Cartas de Uso de Suelo y Vegetación, INEGI (2008), esto es para obtener la base de datos adecuada, como se muestra en la Figura 10. Cartografía de Uso de Suelo, digitalizada de INEGI .

Figura 10. Cartografía de Uso de Suelo, digitalizada de INEGI



Fuente: Elaboración Propia en Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), con base a INEGI (2008)

En la Figura 10. Se muestran los *shapes* que se utilizaron para poder realizar esta cartografía, en este caso se eligió el *shape* de: usv250s5n, porque es el que contiene la información relevante de este tema. En color verde esta la información de la carta h 1103, y en color morado, la carta h 1106. La información que contiene este *shape* es el tipo de uso que de acuerdo con INEGI (s.f. b), muestra la distribución dentro del territorio mexicano del uso del suelo, que puede ser: agrícola- pecuario - forestal además de la vegetación natural e inducida es nombrado como Ecológico, Florístico y Fisionómico y por último está la actividad complementaria, generalmente se refiere a la urbana.

Esta carta, al igual que las anteriores se elaboró con ayuda del software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), con los mismos comandos utilizados en la carta topográfica, guardando la base de datos en *shape* (INEGI, 2008), visualizando los *shapes* de Uso de Suelo (usv250s5n), que se muestran en la Figura 10, recortando el área necesaria que contiene la información pertinente y cargando el *layout*.

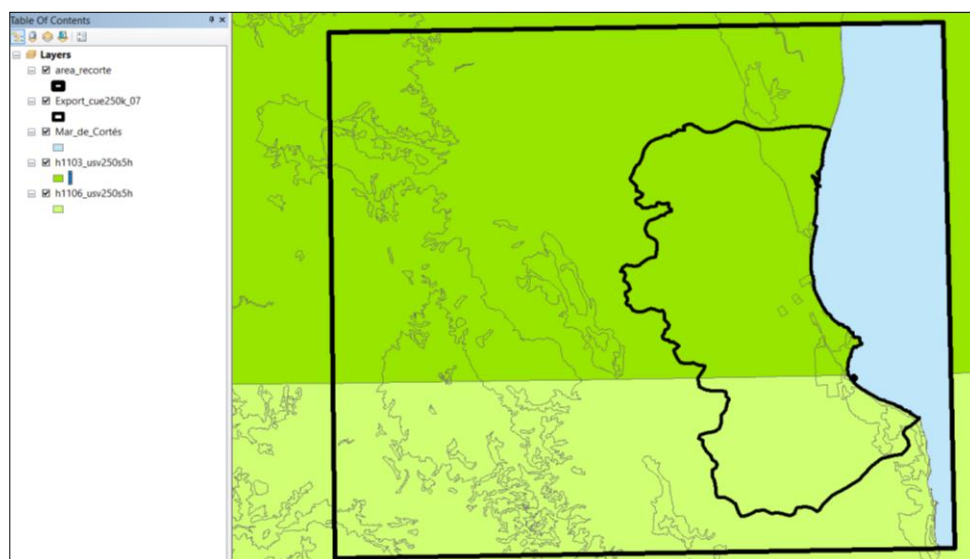
### g) Vegetación

Este tema es uno de los más relevantes para poder cumplir con el objetivo de la presente investigación, ya que busca exponer cuales son las comunidades vegetales existentes dentro de la poligonal de estudio, porque son las que le brindan identidad y le generan un carácter particular al paisaje. Tomando en cuenta que el PDUCP (2013) menciona que en la zona que se está estudiando es una de las regiones que muestra un mayor número de

endemismos vegetales, tanto en géneros como especies. Donde aproximadamente se tiene un registro de 2700 especies en zonas desérticas, de las cuales el 23 % son endémicas.

Para elaborar el mapa de Vegetación, se utilizó la biblioteca digital de mapas de INEGI, con los mismos filtros mencionados anteriormente, inclusive con la misma colección utilizada en el apartado de uso de suelo, INEGI (2008). Representado en la Figura 11. Cartografía de Vegetación digitalizada de INEGI, está la información que se utilizó para realizar el mapa de vegetación, donde se seleccionó el *shape* de usv250s5v, que representa el tipo de vegetación. En la Figura 12. Cartografía de Matorrales, digitalizada de INEGI., se encuentra el *shape* utilizado, el cual es el de: usv250s5a, que representa el tipo de matorrales existentes en la zona de estudio.

Figura 11. Cartografía de Vegetación, digitalizada de INEGI

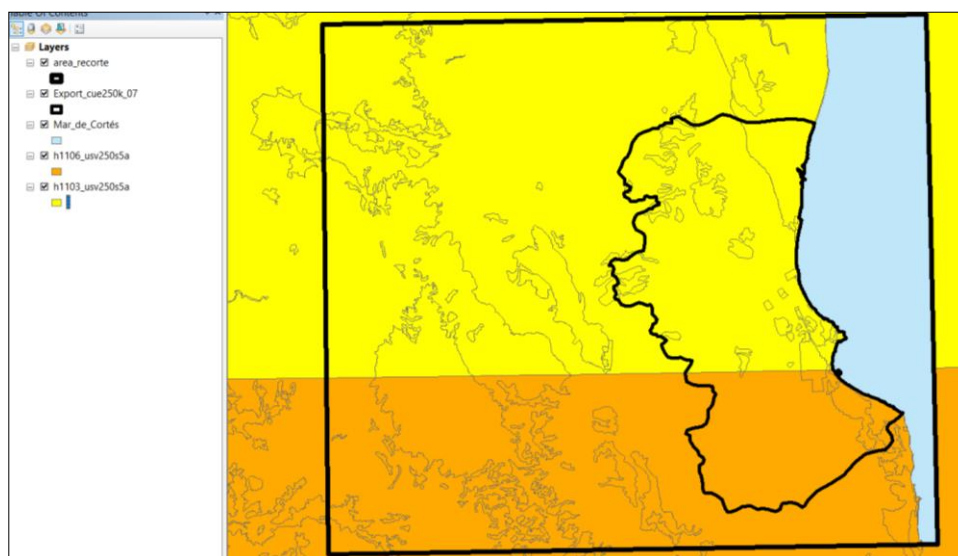


Fuente: Elaboración Propia en Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), con base a INEGI (2008)

La carta de vegetación realizada por INEGI (s.f. b), expresa el tipo de vegetación que se encuentran en el Territorio Nacional, donde sobresalen aquellas especies que por sus características son la base de las comunidades vegetales. La vegetación representada en las cartas INEGI (2008) se realiza con base a los lineamientos para el uso y actualización del catálogo de tipos de vegetación natural e inducida de México con fines estadísticos y geográficos, representado en la Figura 11. Donde el verde más oscuro pertenece a la carta h 1103 y el verde más claro es de la carta h 1106.

La realización de esta carta es con ayuda del software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), realizando los mismos pasos que en el mapa Topográfico, utilizando la base de datos en *shape* (INEGI, 2008), para poder realizar dos cartas temáticas, la primera contiene el tipo de vegetación que se muestra en la Figura 11, donde se mencionan las comunidades vegetales principales y la segunda carta de este tema se aprecia en la Figura 12. donde se clasifican los matorrales, dependiendo de que si las especies predominantes son espinosas o no espinosas.

Figura 12. Cartografía de Matorrales, digitalizada de INEGI



Fuente: Elaboración Propia en Arc Map 10.5 (ESRI, 1999), con base a INEGI (2008)

Además del mapa de distribución de las comunidades vegetales, era fundamental entender la distribución de los matorrales Figura 12. Mapa de matorrales, puesto que ellos ocupan la mayor parte de la zona de estudio. Donde en la Figura 12., el amarillo pertenece al mapa de INEGI h 1103, mientras que el naranja corresponde al mapa h 1106.

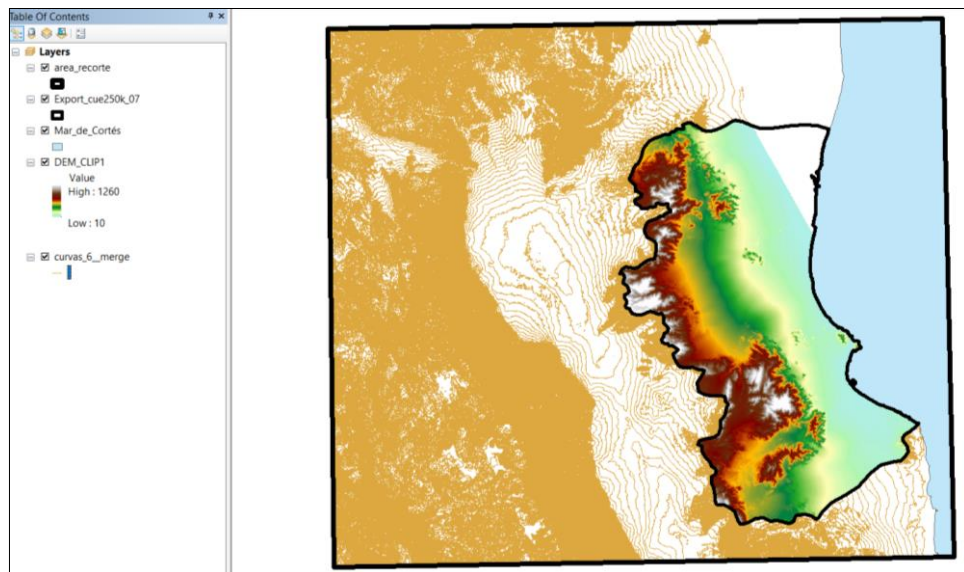
Por lo tanto, una vez que estuvieron realizados todos los temas con un formato unificado, se procedió a realizar el siguiente paso del primer objetivo 1 de acuerdo a la propuesta metodológica planteada, el cual es la identificación de aquellas zonas que van a proveer un mayor número de beneficios ecosistémicos.

## **h) Formas de Relieve**

Este tema se elaboró a partir de la información del mapa topográfico INEGI (2013-2018) esto fue posible, utilizando las curvas de nivel, donde se identificaron tres formas de relieve principales: cerros, falda de cerros y planicie.

Para poder realizar el mapa de: Formas de Relieve, se utilizó el mismo software, ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), teniendo como base las curvas de nivel del mapa topográfico (INEGI 2013-2018), donde se tiene que verificar en la Tabla de atributos que contenga una columna de altitud o elevación, para revisar que altura existe entre una curva y otra, en este caso por ser escala 1:50 000, la altura que maneja INEGI es a cada 20 m. Después, se procedió a realizar un *DEM*, Como se puede observar en la Figura 13. *DEM*. Para crearlo es en: *Arctoolbox, Data management tools, DEM, create DEM*, se indica la carpeta donde se desea guardar y se coloca el nombre deseado del *DEM*, asignando el sistema de coordenadas correspondiente del lugar y se selecciona la capa de curvas de nivel, donde aparecen diversas columnas, en aquella que dice: *height field*, se opta por la opción de elevación, se le da *OK*, y se espera mientras el programa realiza el proceso de crear el *DEM*.

Figura 13. *DEM*.



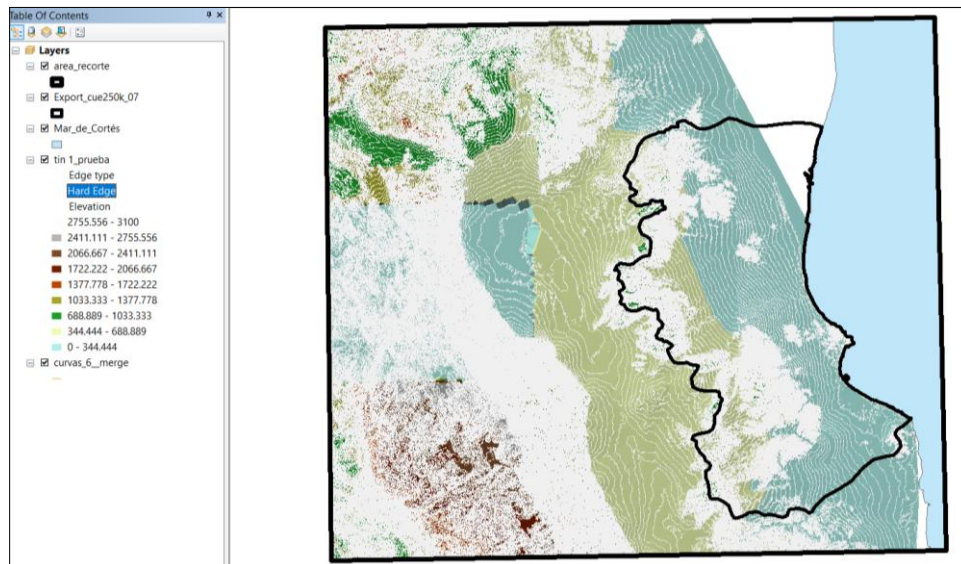
Fuente: Elaboración propia con base En ArcMap 10.5 (ESRI, 1999)

A partir de la Figura 13 se crearon los tres *shapes* necesarios, cerros, falda de cerro y planicie. Estos *shapes* se crearon en *Catalog* botón derecho, *New, shapefile*, eligiendo polígono, las coordenadas correctas y nombrándolos según fue establecido. Una vez teniendo el *shape*, se procedió a dibujar el polígono según la forma de relieve correspondiente que se podía apreciar en el *DEM*, para dibujarlo en la barra del *Editor, start editing, create features*, se selecciona la opción del *shape* y la forma de *polygon* para poder trazarlo, de esta manera se construyó el mapa de formas de relieve.

## i) Pendientes

Para realizar el mapa de pendientes, se utilizó como base el *DEM* que se obtuvo en el mapa de formas de relieve, donde el siguiente paso es convertir el DEM a raster para generar el TIN, como se muestra en la Figura 14. TIN.

Figura 14. TIN.



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

Para realizar la Figura 14. en ArcMap 10.5 (ESRI, 1999) se selecciona *Arc toolbox*, *Conversion, From TIN, TIN to raster*, se despliega una ventana en el *input* se elige el *TIN* y en el *Output*, se elige la carpeta y el nombre de *DEM* para poderlo guardar, en las siguientes opciones de esta ventana, se deja el tipo *Float*, el método que se elige es el *linear* y se coloca la distancia a cada 20 m, la cual es la altura existente entre curvas de nivel, se le da *OK*, y se espera a que se realice el proceso. El siguiente paso es crear el mapa de pendientes, esto es en *Arctoolbox, Spatial Analyst Tools, Surface, Slope*, se despliega una ventana donde el *input* es el *DEM*, que se acaba de crear y el *Output* es la dirección donde se pone el nombre con el que se va a guardar, también es importante mencionar la unidad de medida que puede ser en grados o en porcentajes, para el caso de México es más común utilizar grados para las pendientes, por último se le da *OK* y se realiza el proceso. Una vez teniendo el plano de pendientes listos se prosigue a reclasificar los valores que el programa da por default, esto es para determinar qué rango de pendiente, pertenece y tener claro el riesgo que esto significa.

Para reclasificar las pendientes es en *Arctoolbox*, *Reclass*, *Reclassify*, en el input se elige el mapa de pendientes y se le da *click* en la opción *Classify*, para asignar los valores de cada rango de pendiente, utilizando la información de Demek (1972), explicados por Alejandro Cruz Retana. (25 de Septiembre de 2014). El cual explica que una pendiente de 0 a 3° se toma como planicie, una pendiente de 3 - 12° es una pendiente ligeramente inclinada, el rango que comprende los valores de 12 a 30° corresponde a un deslizamiento leve de roca; el rango de 30 a 45° es un deslizamiento considerable y el rango que tiene una pendiente  $\geq 45^\circ$  es caída libre.

Una vez teniendo los valores, se elige la opción *Classify*, en la parte inferior derecha, está la opción de *Break values*, que es en donde se va a cambiar el valor predeterminado, por los valores de Demek (1972), donde el último valor se deja intacto, porque es el dato más alto que genero el geoprocesamiento, el cual entraría en el rango de  $\geq 45^\circ$ , una vez asignados los valores se le da *OK*, y se genera un *raster* con el tema de pendientes. El siguiente paso es convertir de *raster* a *shape*, en *Arctoolbox*, *conversión tools*, *from Raster*, *Raster to polygon*, donde aparece una ventana, en el *input* se coloca el *raster* de pendientes que se acaba de reclasificar, y en el *output*, se indica la dirección y nombre de guardado para el nuevo *shape* y se le da *OK*, ya teniendo el nuevo *shape* de pendientes, se abre la Tabla de atributos con *click* derecho sobre el mismo *shape*, se selecciona la columna de *gridcode*, la cual se refiere a los valores reclasificados, se crea una nueva columna de rangos, y dependiendo del número del *gridcode*, se le asigna el rango correspondiente, es decir al número 1 dentro del *gridcode* se le asigna el valor de 0 a 3°, al número 2, es el de 3 - 12°, y así sucesivamente, con esta columna se añade la simbología al mapa y listo se tiene el mapa de pendientes

#### **4.2.3. Idoneidad Intrínseca para Conservación**

Se utilizó la metodología de McHarg (2000) donde el método que ocupa es el sobreposiciónamiento de capas, colocadas de una manera particular para obtener la idoneidad intrínseca<sup>7</sup> del territorio y orientadas a un fin en específico, en este caso fue con dos fines particulares, conservación y vulnerabilidad

Para el estudio de la conservación de acuerdo a la información recabada y la estructura morfológica de la zona, los temas que se utilizan son: forma de relieve, vegetación

---

<sup>7</sup> Idoneidad Intrínseca. Es la suma de procesos naturales que a su vez constituyen valores sociales, puesto que el hombre aprovecha para la realización de sus actividades diarias, entendiendo los procesos del territorio para poder obtener conclusiones acerca de los usos futuros y así asegurar su optima utilización, mejorando los valores sociales. (Mc Harg, 2000)

tipo, vegetación tipo matorral, uso de suelo, geología clase (tipo de roca), geología era, edafología clase (tipo de suelo), edafología textura, hidrología subterránea y clima (heladas).

La naturaleza es un conjunto de factores que pueden implicar tanto oportunidades, como limitaciones para el uso humano (McHag, 2000). Por lo que una vez que se tienen todos los elementos necesarios para entender la estructura del medio natural enfocado a la conservación, se puede proceder a utilizar la metodología de McHag (2000). Primero se asigna una calificación de cada componente, donde se realizaron mapas en escalas de grises, en los cuales el color más oscuro representa un valor superior, mientras que el color más claro se refiere a un valor inferior. Para su mejor entendimiento se utilizó la escala numérica con los valores del 5 al 1. De este modo de acuerdo al valor numérico en el mapa se traduce a un color específico, donde va de lo más oscuro a lo más claro, es decir, el 5 se refiere a aquel factor dentro de cada mapa, que tiene una mayor aptitud de conservación siendo representado por el color negro y el 1 es aquel factor, que no es compatible para la conservación, en los mapas se encuentra representado por el color blanco. Por lo tanto dependiendo de la tonalidad del gris muestra que tan compatible es la zona con la conservación, como se puede observar en la Figura 15. Mapas para conservación Calificados.

Figura 15. Mapas para conservación Calificados.



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

En la Figura 15. Mapas para conservación calificados, se puede apreciar de manera gráfica que cada tema fue calificado en tonos de grises, como se mencionó anteriormente se

utilizó un rango del 5 al 1 para asignar a cada elemento una calificación, a continuación se va a mencionar el tema y los elementos con la calificación que fue determinada para cada uno de ellos. En el tema de Clima, había dos elementos: sin heladas: 3 y el de heladas en Diciembre Enero y Febrero: 4. El tema de Uso de Suelo, tiene tres elementos: Ecológico florístico y Fisionómico: 5, Agrícola: 3 y Complementario: 1. El siguiente tema fue Era Geológica: Cenozoico: 3, Mesozoico: 4 y Paleozoico: 5. Después está el de Geología clase, el cual se refiere a tipo de roca, Metamorfica:5, Sedimentaria: 4, Ignea Extrusiva: 3, Ignea Intrusiva: 2, y No Aplica: 1. Prosiguiendo con Hidrología Subterránea, los elementos que contiene son, material consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea: 4, Material no consolidado con posibilidades altas: 2, Material No consolidado con posibilidades medias: 3 y Material no consolidado con posibilidades bajas: 5. El siguiente tema fue edafología textura, Gruesa: 3, Media: 5 y Fina: 4. También está el tema de edafología clase, donde los elementos son el tipo de suelo existente, como el leptosol, regosol y solonchack, que tienen una calificación de 5, mientras que el phaeozem, arenosol, calicisol, cambisol y fluvisol, tienen una calificación de 4. El siguiente tema es vegetación, que viene dividida por tipo y por matorral, por tipo están el matorral sacrocaule: 5, vegetación de dunas: 5 Pastizal Inducido: 2. Área sin vegetación: 3, matorral desértico microfilo: 4. Por tipo de matorral esta el inerme con 5 y el subinerme con 4. El último tema elegido para esta aptitud territorial es el de Formas de Relieve, donde el Cerro es 5, la falda de cerro es 4 y la planicie es 3. Se debe recordar que estas calificaciones fueron determinadas en torno a una aptitud territorial de conservación, es decir se le asigno el valor más alto a aquel elemento que era más compatible para conservarse.

El siguiente paso para poder encontrar la aptitud de conservación es el mapa resumen; este se da por la sobrepocisión de los mapas calificados, que buscan la idoneidad intrínseca para la coexistencia de usos. Por lo tanto, se busca localizar estas idoneidades primarias que no entren en conflicto y aquellos valores secundarios y terciarios donde sus usos pueden coexistir. (Mc Harg, 2000). Para hacer este proceso de sobreposición, se debe realizar una Tabla de calificaciones enfocadas en cada elemento y relacionadas con su aptitud para conservación, como se muestra en la Tabla 7. Tabla resumen de calificaciones para aptitud de Conservación, donde se asigna a cada elemento una calificación para llegar al 100.

Tabla7. Tabla resumen de calificaciones para aptitud de Conservación

| <b>Calif.</b> | <b>Unidad</b>            |
|---------------|--------------------------|
| 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 propia, noviembre 2019.

Los criterios para realizar las calificaciones de la Tabla 7 fueron: en primer lugar observar aquel factor que rige el territorio y como no podía ser el clima que generalmente es de los factores principales que modifican el ambiente, pero la información de polígonos que se obtenía del clima era únicamente acerca de las heladas, por lo tanto se utilizó el siguiente factor en relevancia, que fueron las formas de relieve, ya que dependiendo de estas se puede observar cómo se comporta el paisaje y cómo actúan los factores que las conforman. Por lo tanto el siguiente factor fue la vegetación, tanto el tipo de vegetación como los matorrales, porque se debe tomar en cuenta que tipo de vegetación es, puesto que este es un factor indispensable para optar por la conservación de un sitio en estado natural. A continuación, se determinó que el siguiente elemento era el uso de suelo, por ser un factor que modifica las características naturales y dependiendo del uso existente se puede ver si tiene futuro para conservación o no. Los siguientes factores por orden de calificación, fue la geología y la edafología, ya que estos son agentes naturales que explican los sucesos que se dan en la superficie, debido a que cierto tipo de roca con determinado tipo de suelo, en un clima específico, dentro de una planicie, va a dar como resultado la cobertura superficial única. Por lo que si a estos factores le sumamos el material para la disposición de agua del subsuelo, con

la hidrología subterránea, quedan incluidos todos aquellos factores que conforman el paisaje y determinan su conservación.

En el caso del clima, se optó por colocarlo al final por la información obtenida de las cartas de INEGI (1985a y 1985b) debido a que los polígonos que contiene se refieren a la época de heladas y las líneas expresan la temperatura y precipitación media. No obstante, no se encontró una cartografía fiable donde estuvieran diferenciados los climas existentes dentro de la zona de estudio. Más sin embargo, el comportamiento climático no deja de ser un factor determinante para el comportamiento ambiental del sitio, por lo que se tenía que tomar en cuenta.

Al contar con la Tabla calificada se procede a la elaboración del mapa con apoyo del software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), en donde primero se cargan las capas de todas las cartas temáticas en formato de *shape*, con el elemento que se desea mostrar, después se cambia cada *shape* a imagen *raster*, en *Arctool box*, *Conversion tools*, *to raster*, *Polygon to raster*, en el *input* se elige el tema que se va a convertir, en el *value field* se opta por el elemento que se desea mostrar y en el *output* es el lugar donde se elige la carpeta y el nombre deseado para guardar el archivo, en la opción que dice *Cell assignment type*, se refiere al lugar de donde va a tomar el valor que se le va a asignar a cada pixel, esto se aplica en caso que dos categorías coincidan en un pixel, eligiendo la opción de *Maximum\_Area*. En la fila de *Cellsize* se colocó el número de 50, porque entre menor sea el valor, más limpia podrá ser la imagen, las opciones que no se mencionan es debido a que se dejó la información que viene por default, y se le dio *OK*. Se repite este mismo procedimiento por cada tema, para después continuar con la superposición de los mapas y así obtener el mapa resumen.

El mapa resumen se elabora eligiendo la opción en *Arctoolbox*, *Spatial Analyst tools*, *Overlay*, *Weighted Overlay*, donde se despliega una ventana en la cual se van a cargar cada una de las imágenes *raster* y el *inputfield* va a ser el tema que se está cargando; posteriormente se va a elegir 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, que son a las que se les va a modificar el valor, en la columna de *% influence*, se van a colocar los valores que se obtuvieron en la Tabla 7. Tabla resumen de calificaciones para aptitud de conservación, esto con el fin de que la suma de todos los valores obtenga un resultado de 100. La siguiente

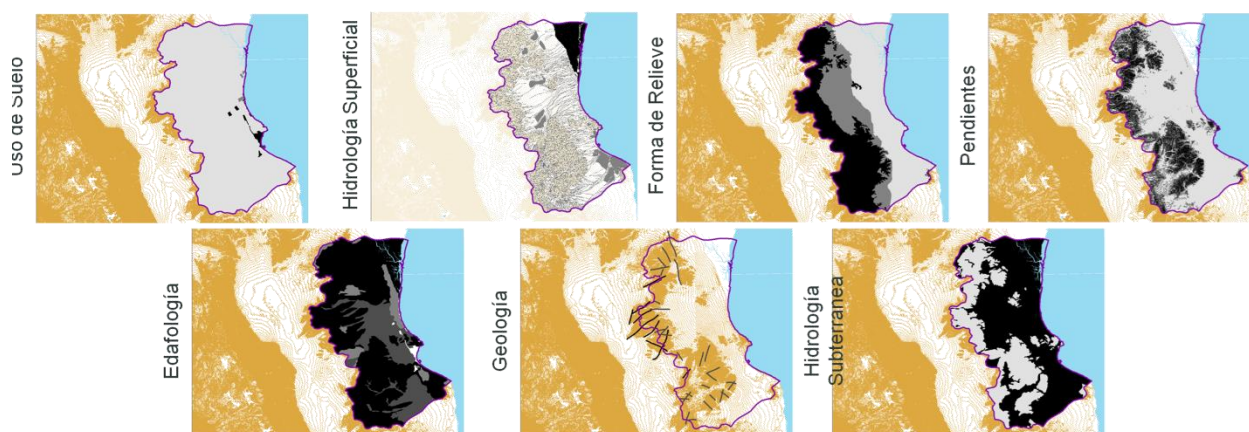
columna que se va a modificar es la de *Scale Value*, para esto se debe de ir a la opción que dice *Evaluation Scale*, y seleccionar el rango con el cual se calificó cada elemento, que en este caso fue del 5 al 1 y se colocan todas las calificaciones que se asignaron para todos los elementos de cada 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 así un mapa de conservación que de acuerdo a 5 rangos los cuales explican la aptitud de conservación que tiene el territorio que se está analizando.

#### **4.2.4. Idoneidad Intrínseca para Vulnerabilidad**

Una vez obtenido el mapa para conservación se prosiguió a realizar el mapa de vulnerabilidad, el cual se ejecutó de la misma manera que el estudio de conservación, se eligieron los temas con aquellos factores relevantes para la vulnerabilidad del sitio, los temas que se utilizaron fueron el uso de suelo, la hidrología superficial, forma de relieve, pendiente, edafología clase, geología fallas y fracturas, hidrología subterránea

El siguiente paso, es realizar el mapa resumen de vulnerabilidad, donde lo primero que se tiene que realizar es calificarlos. Estos temas se calificaron del mismo modo que los de conservación, utilizando escala de grises con valores del 5 al 1, donde el 5 es negro y se refiere a aquel elemento más vulnerable a representar un riesgo ambiental para los asentamientos humanos y el 1 es blanco, siendo aquel factor que no representa riesgo para dichos asentamientos. Siguiendo la misma metodología, se realiza cada mapa temático calificado en escala de grises, como se puede apreciar en la Figura 16. Mapas para vulnerabilidad calificados, y con estos mapas ya se puede elaborar la Tabla resumen donde se asigna un valor a cada tema elegido para poder llegar al 100, como es el caso de la Tabla 8. Tabla resumen de calificaciones para vulnerabilidad.

Figura 16. Mapas para vulnerabilidad calificados



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

Tabla 8. Tabla resumen de calificaciones para vulnerabilidad

| Calif. | UNIDAD                 |
|--------|------------------------|
| 30     | Uso de Suelo           |
| 20     | Hidrología superficial |
| 18     | Forma de Relieve       |
| 14     | Pendiente              |
| 8      | Edafología clase       |
| 6      | Geología               |
| 4      | Hidrología Subterránea |
| 100    |                        |

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2019.

Los mapas expuestos en la Figura 16. Mapas para vulnerabilidad calificados, son los que de cada tema se le asignó un valor del 1 al 5 para la calificación, donde el 5 es el área que representa un mayor riesgo para los asentamientos humanos, siendo esta la razón por la cual el uso de suelo es el primer tema de la Tabla 8. Porque el uso de suelo complementario al que se refiere la cartografía es el urbano, por lo tanto si este uso se encuentra en zonas de inundación, (por lo cual la hidrología superficial es el segundo en prioridad), en zonas de

escurrimientos, o en zonas propensas para inundarse, esto podría representar en épocas de lluvias un riesgo inminente para aquel asentamiento; tomando en cuenta que para el lugar donde esta San Felipe B.C., este ya es un riesgo que ocurre.

El tercero en prioridad es el de la formas de relieve porque dependiendo de la cercanía con los cerros, es donde podría existir algún riesgo de inundación por los escurrimientos existentes o inclusive algún riesgo de deslave, a pesar de que los cerros no tengan la misma altitud que los de la sierra, el área urbana de San Felipe B.C. se encuentra rodeada por pequeños cerros formados por la Sierra La Abandonada, que vuelven a San Felipe B.C. una zona vulnerable. El siguiente elemento en prioridad es el de pendientes, ya que entre mayor sea la pendiente mayor es el riesgo de deslave de la superficie de la cual están compuestos los cerros de la zona de estudio; la razón por la que la edafología es el siguiente en prioridad es porque dependiendo del suelo y la textura del mismo se puede generar un riesgo para el asentamiento en caso que el deslave sea en suelos superficiales compuestos por partículas gruesas.

La geología se encuentra en penúltimo lugar porque el riesgo que representa son el de las fallas y fracturas, que a pesar de su importancia, en su mayoría se encuentran en las zonas de la sierra de San Felipe B.C., alejados de los asentamientos humanos, no obstante es un factor relevante de vulnerabilidad que no se puede obviar, para que en un futuro no se planeen asentamientos sobre esta sierra por la inestabilidad que tiene por la existencia de tantas fallas y fracturas, el último tema a considerar es el de la hidrología subterránea que expresa si el material esta consolidado o no, porque si la extracción del agua del subsuelo se da de manera excesiva en un material no consolidado donde un asentamiento se quiere emplazar, esto podría considerarse como un riesgo para que la misma estructura colapse.

Una vez teniendo tanto la calificación de los temas, como la Tabla general, para vulnerabilidad, se puede realizar el mapa resumen con el software, en ArcMap 10.5 (ESRI, 1999) siguiendo los mismos pasos que se utilizaron para obtener la aptitud de conservación.

Con los mapas resúmenes se obtuvieron aquellas zonas aptas para conservación y aquellas zonas que pueden llegar a ser más vulnerables para los asentamientos humanos.

Dentro de este análisis de estructura se obtuvieron las características rígidas del territorio, es decir aquellos elementos que existen de acuerdo a la cartografía nacional

existente y disponible donde se expresa la ubicación de los elementos de cada tema, sin embargo, se debe tomar en cuenta que este es un estudio de paisaje y el paisaje puede ser tan simple o complejo dependiendo del observador, como se explico dentro del marco teórico, por lo tanto, un punto fundamental a entender son los usos y funciones que tiene este paisaje, debido a esto dentro del objetivo dos se va a realizar la descripción de los elementos del Paisaje, en base a los componentes del medio natural para así desarrollar los usos y funciones del mismo.

### **4.3. Describir los usos y funciones de los componentes del medio natural de San Felipe B.C.**

Para poder desarrollar cuales son los usos y funciones del área de estudio primero se tiene que entender a que se refiere con funciones y usos. De acuerdo a Forman y Gordon (1986), la función dentro del paisaje se refiere a las interacciones entre los elementos espaciales; es decir, los flujos de energía, materiales y especies entre los componentes el paisaje. Mientras que dentro de los usos, este estudio se va a enfocar en los servicios ecosistémicos que propone De Groot, et al. (2002), que son los servicios de regulación, hábitat, producción e información; los cuales vienen explicados cada uno dentro del apartado de marco teórico. Va a depender de cada unidad de paisaje que se realizó en este apartado el servicio ecosistémico que se aplique.

Para poder determinar cuáles son los elementos que componen el Paisaje, se deben encontrar aquellos recursos paisajísticos que le brindan el carácter único al área de estudio y de esta manera poder realizar el mapa de unidades de paisaje. De acuerdo a la Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012), se debe tomar en cuenta la estructura formal del paisaje, es decir los aspectos duros del mismo, los cuales corresponden a la estructura dentro del área de estudio y dependiendo de los objetivos del proyecto se van a determinar cuáles son los recursos indispensables para caracterizar este paisaje. En primer lugar está el mapa topográfico (INEGI, 2013- 2018), el cual forma la base general del mapa que se va a desarrollar, utilizando las curvas de nivel y ayuda a dar contexto porque resalta elementos característicos, como lo son la carretera No.50, de Mexicali a San Felipe B.C., el mar de Cortés y la poligonal de estudio. En segundo lugar se utilizó como base una imagen satelital de baja resolución *Landsat 8*, la cual va a permitir observar el relieve y los escurrimientos de una manera más actualizada. Por último se va a elegir el elemento clave de esta investigación, que es la vegetación, tanto el tipo de vegetación determinada por INEGI (2008), así como los tipos de matorrales existentes (INEGI, 2008), debido a que este es el elemento evidente en el paisaje y por lo tanto, el que ayuda a distinguir de una manera visual las distintas unidades.

#### **4.3.1. Imágenes satelitales**

Para poder cumplir este objetivo, en este punto se cuenta con la estructura topográfica y vegetal, por lo que faltaría obtener la imagen *Landsat 8*. Para obtener esta imagen es en la página web: [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov) que pertenece al Departamento de Geología de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) (United States Geological Survey, 2019 y

2019a) donde el primer paso es dar de alta un usuario con contraseña en la página, de preferencia con un correo institucional. Una vez dado de alta en la página, sale un recuadro a la izquierda, que es en donde se tienen que llenar los criterios de búsqueda que se necesitan para encontrar las imágenes deseadas, como el lugar, la fecha, sensor, tipo de imagen, porcentaje de nubes.

El punto número uno en la página de United States Geological Survey (2019 y 2019a) es: *Enter search criteria*: en la pestaña de *Geocoder*, en la opción de *address/place* se escribe el lugar del que se desea bajar la imagen, que en este caso es: San Felipe B.C., con esto ubica de manera puntual el lugar, por lo tanto en la siguiente opción que dice: *Polygon, Circle y Predefined area* se elige la pestaña de *polygon*, lo que aparece es un polígono general, por lo tanto se opta por el botón de *clear coordinates*, con lo que borra este polígono general y da la oportunidad de dibujar el área de donde se necesita la imagen, como en este caso ya está bien definido el lugar a trabajar se dibujan los puntos sobre el mapa que abarcan la poligonal de estudio y se procede al siguiente paso que es en: *Data range*, en este paso se va a elegir los años y los meses de donde se busca la imagen, para cumplir con este objetivo se busco una imagen del 2019, por ser el año en el que se realizaron los procesos y para tener la información más reciente, del mismo modo se eligió el mes de mayo, que es uno de los meses donde la vegetación se encuentra más vigorosa, dato necesario para el análisis de la misma. Después se cambia de pestaña a *Data sets*, que es donde se va a elegir el tipo de imagen deseada, en este caso es: *Landsat. Landsat collection 1-Level 2( on demand), Landsat 8 OLI/TRIS, C1 level-2*, y de ahí se cambia a la pestaña que dice *additional criteria*, donde se selecciona el porcentaje de cobertura de nubes: *less than 10%*, esto se hace tanto en *land* como en *scen*; se procede con la última pestaña que es *Results*, en esta va a procesar toda la información que se introdujo y va a otorgar los datos pertinentes, en este caso se eligieron dos escenas, la 038038 y 038039. Como se puede apreciar en la Tabla.9. Información de las imágenes *Landsat 8*

Tabla 9. Información de las imágenes *Landsat 8*

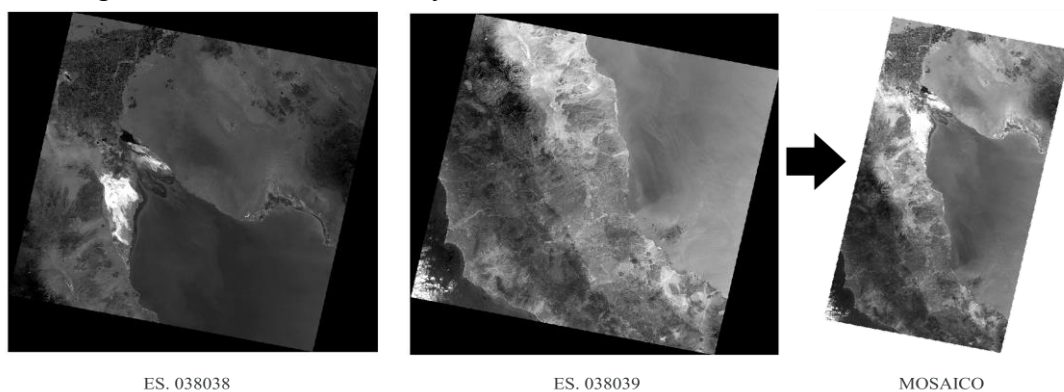
|         |             |             |
|---------|-------------|-------------|
| Escena  | 038/038     | 038/039     |
| Período | 2019        | 2019        |
| Tipo    | L8OLIS/TIRS | L8OLIS/TIRS |

| ID            | LC80380382019145LGN00 | LC80380392019145LGN00 |
|---------------|-----------------------|-----------------------|
| No. de Bandas | 11                    | 11                    |
| Path/Row      | 038/038               | 038/039               |
| Fecha         | 2019-05-25            | 2019 – 25- 25         |
| % Nubosidad   | 11.61 %               | 9.65%                 |
| Calidad       | 9                     | 9                     |
| Datum         | WGS84 ZONA: 11N       |                       |

Fuente: Elaboración propia con base a (USGS, 2019 y 2019 a)

Una vez teniendo las imágenes *Landsat 8* (USGS, 2019 y 2019 a) se tiene que proceder a eliminar los valores que se encuentran en color negro y a hacer un mosaico uniendo estas imágenes. Este proceso se realiza por medio del software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), donde primero se elimina el valor nulo, se da *click* en botón derecho, *properties*, *simbology*, *Display background*, y se le escribe el valor de 0, este proceso se realiza por cada escena. Posteriormente se crea el mosaico, en *Arctoolbox*, *Data management tools*, *Raster*, *Raster Data set*, *Mosaic to new raster*, donde se despliega una ventana, en el *input*, se va eligiendo banda por banda, donde debe de ser el mismo número de banda por escena, de esta manera genera un mosaico por cada banda de la imagen. En el *output*, se va a elegir la carpeta donde se va a guardar cada una de las bandas de cada imagen, esto es en *Raster data set name with extension*, se coloca el número de banda del cual se va a crear el mosaico y la extensión, que en este caso es .tiff –TIFF. En *spatial reference for raster*, se coloca la información del *Datum*, WGS84 ZONA: 11N, se dejan las siguientes opciones por default y por último se da *OK*, Obteniendo la Figura 17. Imagen Satelital del 25 de Mayo del 2019

Figura 17. Imagen Satelital del 25 de Mayo del 2019



Fuente: Elaboración propia con base a (USGS, 2019 y 2019 a)

Se deben obtener todos los mosaicos de las escenas 038038 y 038039 de todas las bandas de las imágenes *Landsat 8* (USGS, 2019 y 2019 a) para poder continuar con los procesos. De acuerdo a Jiménez- Jiménez (2016) se realizó la combinación de bandas 432, que es la que resalta el color natural. Esta combinación es la necesaria para poder apreciar de una manera real y visual el paisaje del área de estudio.

Para realizar la combinación de bandas 432, se utilizó el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), donde se dio *click* en el botón de *Add Data* de la barra de herramientas, este despliega una ventana, se busca el folder que contiene las imágenes satelitales guardada (USGS, 2019 y 2019 a) y se seleccionan las bandas que se van a combinar, que da el color natural, y es el recomendable para efectos del presente mapa; se le da *click* en el botón *add* donde se agrega cada banda en la opción de *data view* y al *table of contents*; el siguiente paso es realizar la combinación de estas bandas que es en *Arctool box*, *Data management tools*, *raster*, *raster processing*, *composite bands*, se despliega una ventana, donde en el *input* se agregan las bandas que se eligieron las 432 y en el *output* se elige la carpeta y el nombre con el que se va a guardar este proceso, y para finalizar se le da *click OK*, como resultado se obtiene la imagen *raster* en color natural.

#### 4.3.2. Unidades de Paisaje

Cuando ya se tiene la imagen en color natural y los mapas que forman parte de la estructura del paisaje como: el mapa topográfico, el de vegetación y el del tipo de matorrales. El siguiente paso es realizar las unidades de paisaje, para esto es indispensable entender cuáles son los elementos que modifican el paisaje de acuerdo a su uso, función y visuales. Para realizar esto, se elaboró la Tabla 10. Matriz de Unidades de paisaje, la cual se divide por unidad, subunidad, modificador, y se obtiene una clave, que es la que va a ayudar a determinar los elementos que conforman las Unidades de Paisaje

Tabla 10. Matriz de Unidades de Paisaje

| UNIDADES DE PAISAJE |          |           |                         |             |                              |
|---------------------|----------|-----------|-------------------------|-------------|------------------------------|
| UNIDAD              |          | SUBUNIDAD |                         | MODIFICADOR | CLAVE                        |
| A                   | Planicie | 1         | Veg. Natural (Desierto) | a           | Matorral Subinerme A1a       |
|                     |          |           |                         | b           | Veg. Hálofita - Xerófila A1b |

|   |                |   |                       |                       |                     |                     |
|---|----------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
|   |                |   |                       | c                     | Veg. Dunas Costeras | A1c                 |
|   |                |   |                       | a                     | Urbana              | A2a                 |
|   |                |   |                       | b                     | Periurbana          | A2b                 |
|   |                |   |                       | c                     | Pastizal Inducido   | A2c                 |
|   |                |   | 3                     | Sin Vegetación        | a                   | Esteros             |
|   |                |   | 1                     | Veg. Natural Desierto | a                   | Matorral Subinmerme |
|   |                |   |                       |                       | b                   | Matorral Inerme     |
| B | Cerros         |   |                       |                       |                     |                     |
|   |                |   |                       |                       |                     |                     |
|   |                |   |                       |                       |                     |                     |
| C | Falda de Cerro | 1 | Veg. Natural Desierto | a                     | Matorral Sarcocaula | C1a                 |

Fuente: Elaboración Propia con base a (INEGI 2013 – 2018), (INEGI, 2009), (INEGI, 2008) y (USGS, 2019 2019 a)

En la Tabla 10. En primer lugar se eligió la unidad, como el elemento que rige el paisaje, siendo las formas de relieve; tomando en cuenta que la Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012) expresa que su configuración morfológica es uno de los aspectos de los que deriva la imagen del paisaje debido a que “éste marcará en gran medida la exposición visual que ofrece un territorio y su compartimentación espacial.” (p.140). Siendo las formas de relieve un elemento que explica el comportamiento del sitio, van a permitir realizar la descripción de los usos y funciones de cada elemento encontrado en la Tabla 10. En este trabajo se pueden distinguir tres formas principales, las cuales se traducen en unidades.

La unidad A, es la planicie, la unidad B son los cerros y la unidad C, que son las faldas de cerros, estas formas de relieve expresan un comportamiento característico del territorio. Después de la unidad, sigue la subunidad de la cual se hizo una fusión entre el mapa de uso de suelo y vegetación, esto para explicar de manera general el uso existente de cada zona. Por último cómo modificador se utilizaron las comunidades vegetales dominantes o las actividades antropogénicas principales dependiendo del caso. Se asignó a cada unidad, subunidad y modificador una clave, que consiste en una letra mayúscula, un número y una letra minúscula, y así expresar de una manera abreviada el significado de cada unidad y siendo la base para poder tener como resultado el mapa de Unidades de Paisaje.

Para explicar las Unidades de Paisaje, se va a hacer tanto de manera gráfica como escrita, la parte gráfica se obtuvo del *Street View*, de Google Earth Pro (09/2009), y en visita de campo. Dentro la parte escrita se realizó la descripción de cada clave, que contiene la unidad, subunidad y modificador. Donde se efectuó un análisis visual, que de acuerdo a la Guía metodológica de Estudios de Paisaje (2012, p.140) “El análisis visual determina la visibilidad del paisaje, definiendo la importancia relativa de lo que se ve y se percibe, en función de la combinación de distintos factores”, estos factores radican en el observador y el lugar donde se realiza la observación, este se va a identificar dentro de un croquis. Otro punto relevante que se va a describir son los usos y funciones basados en los servicios ecosistémicos que cada elemento encontrado va a proveer. A continuación se van a puntualizar las unidades encontradas.

En la Tabla 10. se puede apreciar que la unidad A, que corresponde a la planicie y se divide en tres subunidades, la 1. Es vegetación natural, refiriéndose al ecosistema desértico, la No. 2. son actividades complementarias, que refiere a aquellos lugares donde el hombre ha tenido injerencia y la No. 3, es sin vegetación. La subunidad 1 se divide en tres modificadores, el a que es matorral subinerme, y le corresponde la clave: A1a, el b que es vegetación hálófita xerófila, con la clave: A1b, por último se encuentra el c, que es vegetación de dunas costeras, con la clave: A1c. La subunidad No.2, el uso urbano se distingue con la letra a y la clave A2a, el Periurbano con la letra b y la clave A2b y pastizal inducido con la letra c y la clave A2c. Por último dentro de esta unidad se encuentra el área sin vegetación que se refiere a los esteros y tiene como clave A3a. por lo que de esta manera en el apartado de resultados se va a explicar a que se refiere cada clave.

La vegetación es la base de la Infraestructura verde, por lo mismo, se tiene que profundizar en este tema, para poder encontrar similitud, conexión, integración, o fragmentación de las áreas naturales y urbanas, por lo que en el siguiente apartado con el software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), y la imagen satelital Landsat 8. (USGS, 2019 y 2019 a) se realizan dos procesos que ayudan a entender el comportamiento de este elemento, los cuales son la clasificación supervisada y el NDVI.

#### **4.4. Analizar la relación existente entre paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.**

Con las Unidades de Paisaje, del apartado anterior, se realizaron dos procedimientos indispensables para poder llegar a este objetivo, el primero fue el análisis espacial y visual de la cartografía de vegetación y de matorrales (INEGI, 2008), y el segundo fue el descargar las imágenes satelitales *Landsat 8* de baja resolución (USGS, 2019 Y 2019a), esto es relevante debido a que el presente estudio se centra en la obtención de la Infraestructura verde por medio de una planeación sustentable, donde el análisis del elemento de vegetación es indispensable, sin embargo la cartografía temática de INEGI (2008), no es factor suficiente para interpretar el comportamiento de las comunidades vegetales de una manera actualizada y profunda. Siendo el uso de las imágenes satelitales *Landsat 8* de baja resolución (USGS, 2019 Y 2019a) el recurso correcto para poder llegar a cumplir el objetivo presente objetivo.

De acuerdo a Amézquita-Becerra y Pérez-Castillo (2009) este tipo de imágenes representan la información obtenida de un satélite; que en este caso el satélite es *Landsat 8*, el cual fue colocado de manera artificial en la órbita terrestre, debido a esto no solo nos brinda la información que se puede apreciar de manera visual, gráfica e inmediata, sino que además de esto recolecta los cambios en la intensidad de energía reflejada por la superficie terrestre. Esta energía es registrada por el sensor del satélite identificando estos cambios como Niveles Digitales (ND) que son representados por cada píxel que compone la imagen, donde cada uno de estos pixeles representa un valor específico y característico del lugar donde se está analizando la imagen capturada por el satélite.

La finalidad de este objetivo es obtener la relación dentro del paisaje en el área de estudio, con esto se va a poder determinar si es que existe conectividad, similitud, integración, o fragmentación dentro de las mismas áreas naturales y en relación con las urbanas. Para identificar si existe conexión e integración de acuerdo a Vasiljević et al (2018) una manera para hacerla es por medio de la clasificación de imágenes satelitales, donde él utiliza la clasificación supervisada. Para analizar la variabilidad espacial, Arboit y Maglione, (2018) uno de los medios que utilizan es del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), el cual va a ayudar a determinar si existe integración o fragmentación dentro del mismo paisaje. Los procesos a realizar con las imágenes *Landsat 8* de baja resolución (USGS, 2019 Y 2019a), son la clasificación de imágenes y la obtención del índice NDVI.

#### ***4.4.1. Clasificación de Imágenes Satelitales***

La clasificación de imágenes es la manera de interpretar los datos obtenidos por el satélite con la ayuda de un software, que en este caso es ArcMap 10.5 (ESRI, 1999). Para realizar esta clasificación de acuerdo a Mather (2004) citado en Arias-Vallejo (2016) se pueden usar dos métodos diferentes. El de clasificación supervisada y el de clasificación no supervisada.

El primero que es la clasificación supervisada, Arias-Vallejo (2016) afirma que para utilizar esta opción se requiere tener un conocimiento previo del área que abarca la imagen satelital. Este conocimiento puede ser por visita de campo, artículos de investigación dentro de la zona de estudio o un análisis previo de imágenes en el sitio. Del mismo modo Richards (1999), citado en León Mata, Pinedo Álvarez y Martínez Guerrero (2014) explica que esta clasificación es de máxima probabilidad, ya que está basada en el principio de que cada pixel de acuerdo a sus características y a la información que se le introduzca al software determina la pertinencia de cada uno de los pixeles a cada clase asignada. Siendo este método uno de los más utilizados en imágenes de teledetección.

El segundo método es la clasificación no supervisada, Arias-Vallejo (2016) menciona que este método aplica cuando no se tiene ningún conocimiento previo acerca del área que se va a estudiar, es decir, no se conoce la zona de estudio y la información que se tiene es insuficiente para identificar aquellos elementos por los cuales está compuesta la imagen satelital. Para utilizar este método Amézquita- Becerra y Pérez Castillo (2009) explican que solo se debe contar con la imagen satelital y los parámetros básicos, determinando el número de clases que se generarán.

En este caso se utilizó la clasificación supervisada debido a que en los apartados anteriores se obtuvo un conocimiento previo del comportamiento del sitio, analizando la cartografía temática de INEGI, además imágenes satelitales en color real y las imágenes provistas por Google Earth, sin embargo para ser más acertados dentro de este análisis, y por ser realizado únicamente con medios digitales, en base a información generada previamente, se colocaron un número mayor de puntos y polígonos de control.

Para realizar esta clasificación, se utilizó la imagen satelital de baja resolución *Landsat 8* (USGS, 2019 y 2019a) y el software ArcMap 10.5 (ESRI, 1999). Donde se

hicieron diferentes combinaciones de bandas. De acuerdo a Jiménez- Jiménez, (2016), la combinación de bandas utilizada para este proceso es la 654, que corresponde al análisis de la vegetación. Posteriormente se definieron las coberturas que utilizadas, tomando en cuenta que se habla de coberturas y no de usos, ya que se busca identificar donde se encuentra la vegetación que cubre el terreno del área natural.

Al momento de realizar las coberturas se encontró que dentro del uso urbano la cobertura que se puede apreciar son los techos de las edificaciones, tomando en cuenta que el pixel de la imagen *Landsat* es de 30 x 30, y cada pixel abarcaba además de vivienda, diferentes coberturas, como calle, vegetación y terreno desnudo. Por lo que, al realizar la clasificación supervisada, generaba un error, ya que un pixel era la combinación de varios usos existentes identificando viviendas donde estas no existían, de igual modo sucedía con la identificación de calles; puesto que varios caminos son de terracería, las reconocía como suelo desnudo por lo que no se podía apreciar la existencia de las mismas. Para evitar este error, se optó por eliminar las carreteras, calles y el uso urbano dentro de la imagen que se está clasificando.

Para substraer los elementos deseados, se crearon *shapefiles* de polígonos, para carreteras, calles y uso urbano, con las coordenadas de San Felipe B.C., donde se seleccionaron los elementos correspondientes, teniendo como apoyo las imágenes en *raster* de la Banda 1 de la imagen *Landsat 8* y el resultado de la combinación 654, además del programa de Google Earth, para utilizarlo como referencia. Una vez que ya se tenían todos los elementos, en el menú principal del programa de ArcMap 10.5 se seleccionó la pestaña de *Window* y de ahí se eligió el *image analysis*, con la opción del editor abierta, se seleccionaron todos los polígonos deseados y en la pestaña de *image analysis* se eligió la opción de *mask*, donde sustrae estos elementos de la imagen, los cuales muestra en la tabla de contenido, pero no están guardados ni tienen algún respaldo, por lo que para poderlos guardar, en la tabla de contenido se da *click* derecho sobre la imagen que se creó con la máscara, se selecciona *data* y de ahí *export data*. Por último se elige la ruta deseada, de esta manera se guarda la imagen, teniendo la base lista para poder utilizarse posteriormente y así proseguir con el proceso de clasificación supervisada.

Para realizar el proceso de clasificación supervisada, se debe de tener la imagen sin los usos que ocasionan el error y el archivo de firmas. Para crear el archivo de firmas primero

se tienen que crear las clases, que son la asignación de polígonos a las distintas coberturas de suelo. Se crean *shapes* de polígonos con el nombre asignado de cada cobertura donde en el *attribute table* se le va a asignar un número y dentro de cada *new shape* dependiendo de la cobertura asignada se van a crear una buena cantidad de estos, porque van a ser los puntos de muestreo para la asignación de coberturas; cada polígono nuevo representa un pixel característico de cada cobertura.

Una vez que ya se crearon los polígonos dentro de cada *shape* que representa cada cobertura, se le va a colocar el numero asignado a todos los polígonos, por ejemplo si la cobertura es Cerros y se le asigno el número 1, todos los polígonos que se crearon para identificar a los cerros, van a tener el número 1. Estos polígonos se van a crear sobre la imagen 654 en la que se eliminaron las carreteras, las calles y el uso urbano; esto con la finalidad de tener mayor precisión al momento que se realice la clasificación.

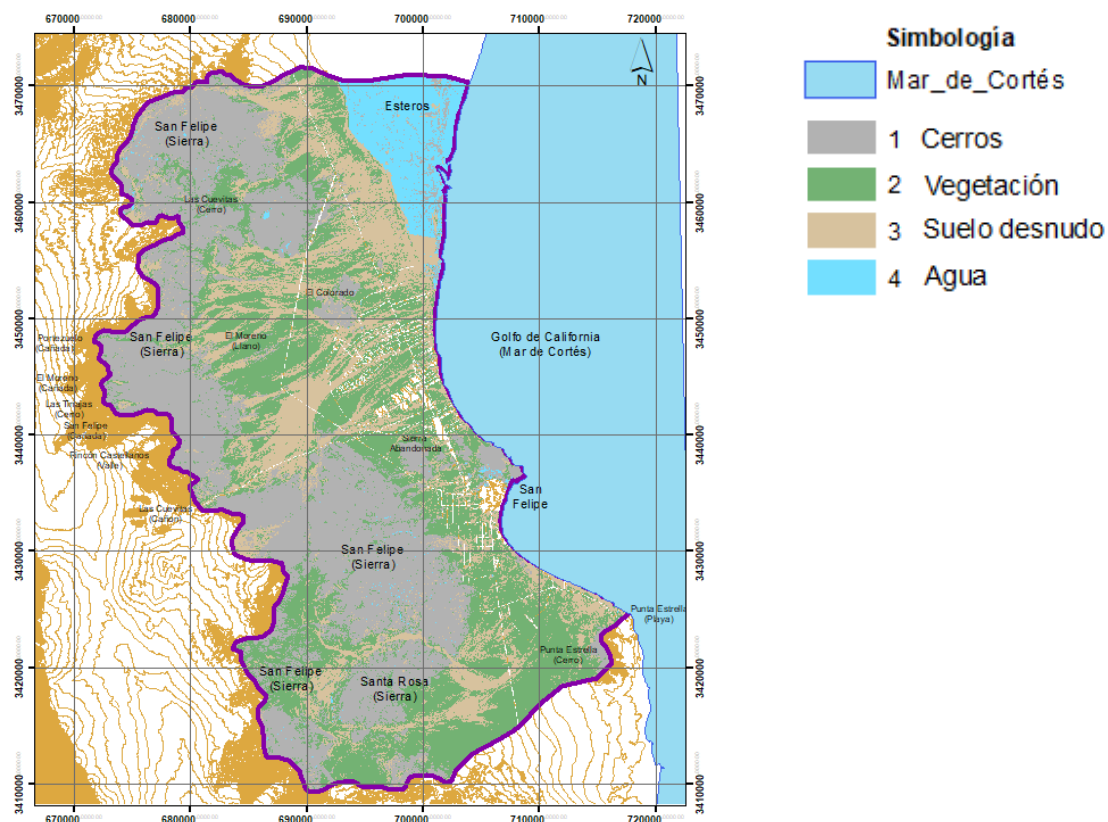
La asignación de coberturas que se determinaron para realizar este proceso, fueron 10: Cerro grises y rojos (los rojos son los que diferencian por que es donde se encuentra mayor humedad); cerro con vegetación; escurrimientos con vegetación; vegetación introducida; suelo desnudo; suelo erosionado; agua; agua con sedimentos (la cual es representada por un azul más claro) y por último agua con pocos sedimentos, (representada por un azul más oscuro). Una vez que se tuvieron los 10 *shapes* de clases, se procede a crear las firmas con ayuda de: *arctoolbox*, *Spatial analyst tools*, *Multivariate*, *Create signatures*, donde en el *Input raster, feature raster* se cargan los *shapes* de clases, en el *Sample field* se elige la opción de *ID*, (este es el numero asignado por *shape*) y en *output* se coloca el nombre y dirección donde se van a guardar las firmas de estas diez coberturas. Para entender de una manera más clara el comportamiento de las coberturas, se realizó un resumen.

De las 10 clases presentadas, se sintetizaron en 4, los primeros dos tipos de cerros, los cerros grises y rojos, formaron la primera clase, denominada: Cerros; Aquellos lugares donde se podía identificar la presencia de la vegetación, tales como los cerros, los escurrimientos y el área urbana, formó la segunda clase y se nombro: Vegetación; la siguiente clase está compuesta por el suelo desnudo y el suelo erosionado, donde se utilizó el nombre de: Suelo Desnudo; por último se conformó la clase de: Agua, estando constituida por el agua con sedimentos y el agua con pocos sedimentos. Con esta última determinación de clases,

también se realiza el mismo proceso que en el párrafo anterior, para poder obtener el archivo de firmas sintetizadas.

Ya se tienen los elementos indispensables para poder realizar la clasificación supervisada que son la imagen sin usos y el archivo de firmas. Para realizar esta clasificación en ArcMap 10.5, se da *click* en el *Arctool box*, *Spatial Analyst Tools*, *Multivariate*, *Maximum Likelihood Clasification*, 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*. De este modo, el programa realiza el proceso de clasificación supervisada ubicando cada pixel en una de las categorías que se asignaron y se tiene como resultado un *raster* que muestra por medio de tonos las clases que se determinaron. Como se puede observar en la Figura 18. Clasificación Supervisada.

Figura 18. Clasificación Supervisada



Fuente: Elaboración propia con base en *Landsat 8* (USGS, 2019 Y 2019a)

En la Figura 18. se puede observar que la cobertura de vegetación es la que ayuda a integrar el paisaje, puesto que se encuentra desde los cerros y llega hasta el mar, pasando por las demás coberturas existentes.

El siguiente proceso que se va a realizar es el cálculo del índice de vegetación normalizada o NDVI, el cual nos ayuda a entender y determinar si existe similitud, conexión, integración, fragmentación de las áreas naturales y urbanas

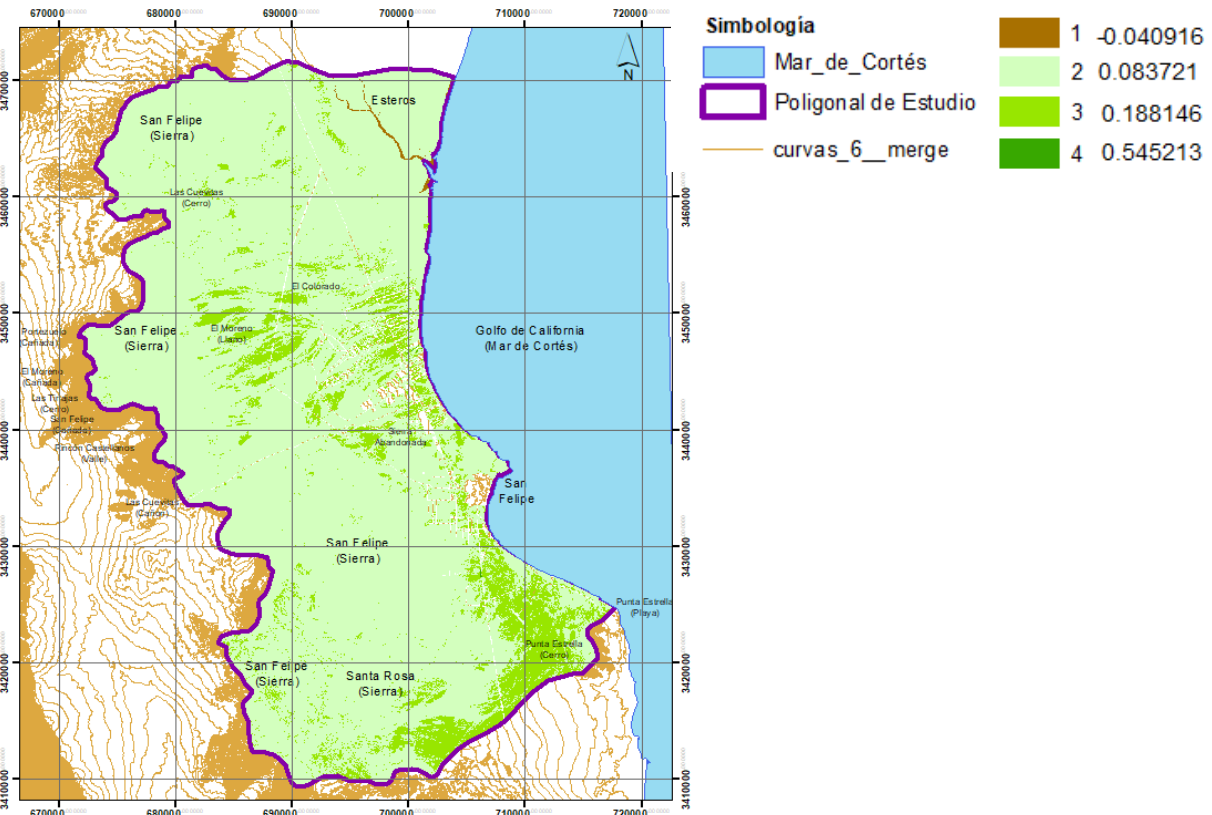
#### **4.4.2. NDVI**

El índice de vegetación normalizada, conocido como NDVI por sus siglas en inglés de *Normalized Difference Vegetation Index*, es un índice que muestra la biomasa relativa de acuerdo al Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2016). Es decir, conforme al contraste de dos de las bandas que contiene la imagen satelital *Landsat 8*, muestra el verdor de la vegetación utilizando el pigmento de clorofila y la reflectancia de los materiales vegetales, por medio de una fórmula aritmética:  $NDVI = ((IR - R) / (IR + R))$ . Donde el IR es representado por la banda de Infrarrojo cercano, que es la Banda 5 de la imagen satelital, siendo esta banda la que muestra la reflectancia; mientras que la R representa la banda roja, siendo la Banda 4 de la imagen satelital, que es la que muestra la absorción de la clorofila. De esta manera la diferencia entre las dos bandas que se obtiene mediante la fórmula aritmética, permite apreciar tanto la densidad como la intensidad vegetal, usando la reflectancia producida en las hojas por la radiación solar; esto se interpreta por que las hojas verdes tienen una mejor reflexión de los rayos solares, mientras que las hojas amarillas o muertas tienen una menor reflexión de estos rayos, por lo tanto, el NDVI se enfoca en medir la clorofila y el verdor de las hojas, por lo que todo lo demás que aparece dentro de la imagen satelital, como suelo desnudo, agua, o piedras, aparece con un valor nulo.

Para realizar el proceso de NDVI, mediante el álgebra de mapas, se necesita tener tanto la banda 4 como la banda 5 de la imagen satelital *Landsat 8*, sin embargo también se debe de contar con la combinación de bandas 432 que se refiere a color natural, puesto que es información que el software necesita para realizar el proceso.

La fórmula explicada previamente es la que se utiliza en el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), para elaborar el mapa de NDVI, mediante el proceso de álgebra de mapas, para realizarlo se selecciona: *Arctool box*, *Spatial Analysis tools*, *Map algebra*, *Raster Calculator*, donde en la caja con la opción de *layers and variables* se coloca la combinación de bandas 432 de color natural y el *raster* de la banda 4, rojo y de la banda 5, infrarrojo cercano. El paso siguiente es elegir *Float* en la caja de *Math*, que aparece dentro del *Raster Calculator* y

A horizontal number line with arrows at both ends. There are two major tick marks labeled 670000 and 680000. Between these two major tick marks, there are four smaller tick marks, dividing the interval into five equal parts. A point is marked with a vertical line and labeled 675000. This point is located exactly halfway between the two major tick marks.



En correspondencia a lo que dice ESRI (2016), el índice de vegetación normalizada obtiene valores negativos, estos son los valores nulos además de los valores que representan a la vegetación los cuales se encuentran en un rango de -1.0 y 1.0. Aquellos valores que están por debajo del 0.1 representan rocas, arena o nieve; los valores intermedios que se encuentran entre 0.2 y 0.3 indican la presencia de vegetación arbustiva y prados; los valores entre 0.6 a 0.8 son valores que representan vegetación densa de bosque y zonas tropicales

El área de este estudio se encuentra localizada en zonas desérticas, por lo que no aparecen valores de 0.6 a 0.8; el valor más alto que se puede encontrar es 0.545213, y de acuerdo a la Figura 19 NDVI, se aprecian los valores que corresponden a la zonas definidas para la vegetación, el primer valor es de -0.040916 que representa las zonas sin vegetación; el siguiente valor es 0.083721 que indica donde están las zonas con poca vegetación; el valor consecutivo es 0.188146 siendo el más cercano a dos y es donde se encuentra mayor vegetación arbustiva y el ultimo valor que es 0.545213 el cual muestra donde hay vegetación más densa. En este caso y por la escala utilizada no se logra apreciar a simple vista esta clase, mas sin embargo esta se puede apreciar dentro de la poligonal en las zonas cercanas a la planta de tratamiento de agua.

Una vez teniendo el resumen del comportamiento de la vegetación más las unidades de paisaje más los resúmenes de la estructura del paisaje que se refieren a conservación y vulnerabilidad, ya se pueden determinar los lugares idóneos para la propuesta de zonificación de Infraestructura verde, pero antes de determinar la zonificación para Infraestructura verde, en el siguiente apartado se van a explicar los resultados que se obtuvieron en cada uno de los objetivos.

## 5. Resultados

En el apartado anterior, aplicación metodológica, se buscó analizar y explicar los procesos que se llevaron a cabo, para poder lograr cada objetivo, sin embargo, no se mencionaron los resultados obtenidos. Dentro de este apartado se busca expresar el producto conseguido de cada elemento que conforma los objetivos y esto es aplicado directamente al área de estudio.

La estructura dentro de este capítulo es la misma que la del anterior, porque se mencionan los objetivos y los elementos que los conforman, para de este modo plantear de una manera congruente y sintética, lo que se logró encontrar por medio del análisis al sitio.

El primer objetivo se relaciona con la estructura y se realizó por medio del análisis cartográfico de INEGI, donde se estudiaron los elementos de topografía, clima, geología, hidrología, edafología, uso de suelo, vegetación, formas de relieve, pendientes, aptitud de conservación y vulnerabilidad. Por lo tanto de cada uno de estos elementos en su apartado correspondiente se van a explicar los resultados encontrados.

El segundo tiene la base en usos y funciones de la Ecología de Paisaje, por lo que el elemento que se realizó en el apartado anterior fue una matriz de unidades de paisaje y un análisis visual de cada elemento encontrado, por lo que dentro de este capítulo se va a explicar en donde se encuentra cada unidad dentro de la poligonal y cuáles son los principales servicios eco sistémicos que desempeñan.

El tercero busca la relación en el paisaje por medio de la vegetación, donde se realizaron dos elementos necesarios para entender dicha relación, la clasificación supervisada y el NDVI, por lo que dentro de este apartado se va a explicar que se encontró en cada uno de estos procesos y el comportamiento que tienen al unirlos en el mapa resumen de vegetación.

Cada uno de los elementos analizados y encontrados en el apartado de aplicación metodológica, resulta indispensable para entender el comportamiento del paisaje dentro del área de estudio y así poder lograr el objetivo general de este proyecto el cual es -Analizar los elementos fundamentales aplicables a la planeación sustentable de la Infraestructura verde para integrar el paisaje natural con el urbano en San Felipe B.C., desde el enfoque de la

Ecología del Paisaje-. En este apartado se explica cómo actúan e interactúan cada uno de estos elementos que son la base para poder obtener una zonificación de Infraestructura verde, la cual busca integrar de una manera adecuada, con bases sólidas a los paisajes naturales y urbanos de San Felipe, B.C.

### **5.1. Analizar la estructura del paisaje natural de San Felipe, B.C.**

De acuerdo a la Real Academia de la Lengua Española (RAE, 2020) define la palabra estructura como la “Disposición o modo de estar relacionadas las distintas partes de un conjunto.” (p.1.). Tomando en cuenta esta definición y aplicándola al análisis ambiental, resulta de suma importancia entender el acomodo de cada uno de los elementos ambientales que conforman el sitio, para apreciar cual es el comportamiento del lugar de análisis. Es decir el paisaje actúa de tal o cual modo, porque tiene un clima específico, con una geología característica, íntimamente ligada a la edafología existente, donde depende en gran medida la hidrología para entender el uso de suelo y la vegetación que se da en determinada zona. Esto es porque los factores ambientales actúan de una manera similar a una ecuación, ya que de manera natural la suma de todos los factores ambientales, incluyendo las formas de relieve y las pendientes, van a dar como resultado una vegetación característica. Sin embargo, cuando entra la mano del hombre y el uso de suelo que éste desarrolla, muchas veces no lo hace de acuerdo a las necesidades del sitio, sino a las necesidades económicas y culturales que se requieran en un momento determinado.

Desgraciadamente al no leer de una manera correcta el sitio puede repercutir en catástrofes; por ejemplo, colocar viviendas donde se considero útil por las necesidades humanas que se requerían en el momento, sin entender que están emplazadas en zonas vulnerables como: escurrimientos, zonas de inundación o fallas geológicas, al paso del tiempo darse cuenta que la naturaleza tiene un curso definido que la mano del hombre no puede parar y esto puede convertirse en desastres naturales.

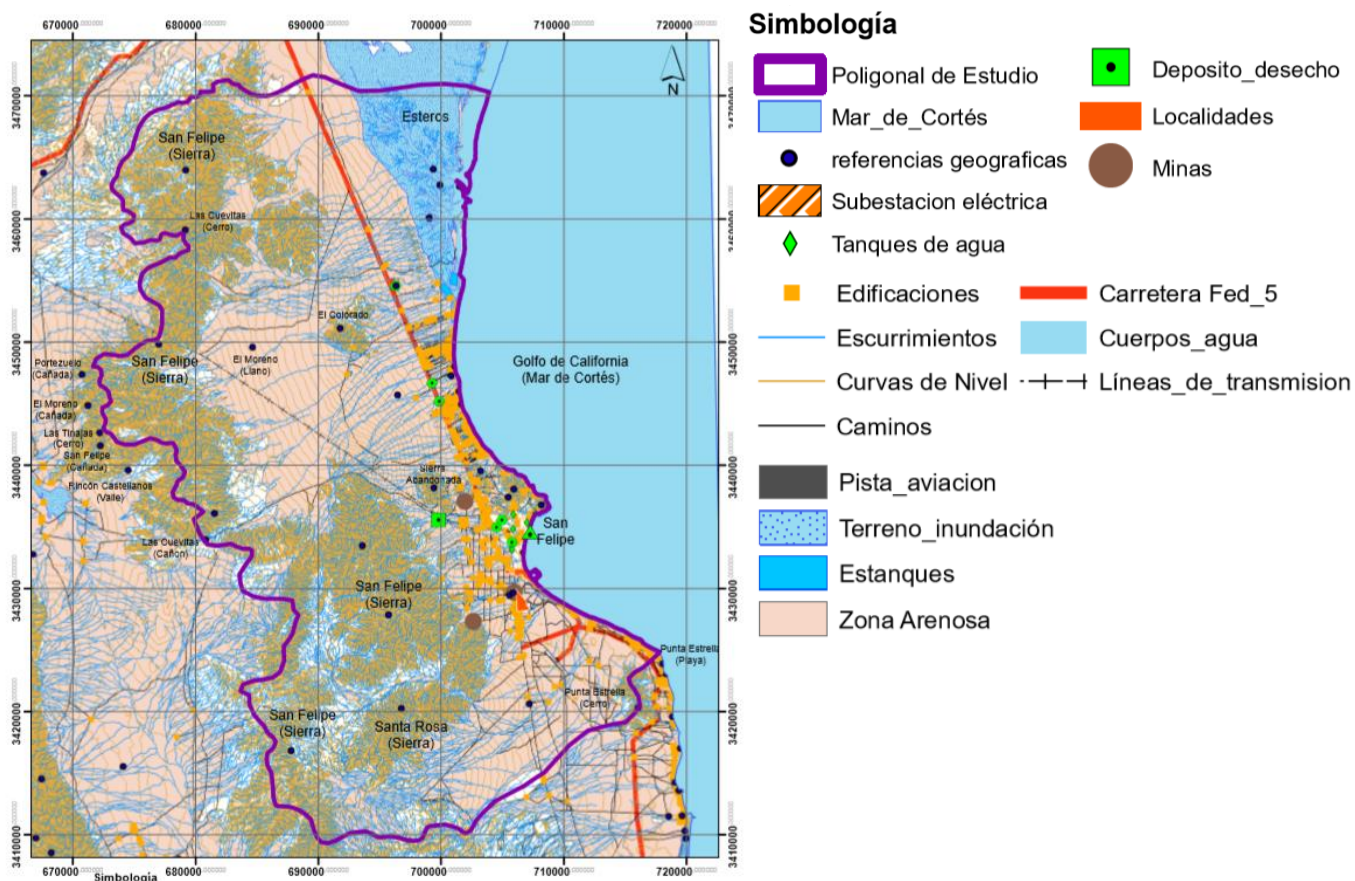
Del mismo modo, el ser humano no puede arrasar con la vegetación existente por que le “estorba” o no lo deja realizar sus desarrollos urbanos; porque a pesar de que la zona de estudio se encuentra en un ecosistema desértico, donde la vegetación es considerablemente menos densa que en una selva o en un bosque, esto no quiere decir que sea de menor importancia o menos rica en cuanto a su estado natural se refiere, así como

se mencionó en el apartado de vegetación, citando al PDUCP (2013) cuando expresa que la zona de estudio es una de las regiones que muestra un mayor número de endemismos vegetales, en el país. Siendo esta una razón de peso para buscar la conservación en mayor medida de las especies existentes. Tomando esto en consideración, en los elementos analizados dentro de la zona de estudio se encontró lo siguiente:

### a) Topografía

En el análisis topográfico de INEGI (2013 -2018) y aplicado a la poligonal de estudio se obtuvo como resultado la Figura 20. Mapa Topográfico, donde se puede distinguir en café más obscuro la unión de curvas de nivel que representan elevaciones, mientras que el café más claro es la zona arenosa; la poligonal se resalta con color morado, del lado derecho colinda con el Golfo de California o Mar de Cortés

Figura 20. MapaTopográfico



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

La Figura 20. se explica de Norte a Sur tomando como punto de referencia la carretera Federal No. 5 Mexicali - San Felipe B.C. que es la vía que comunica la capital de Baja

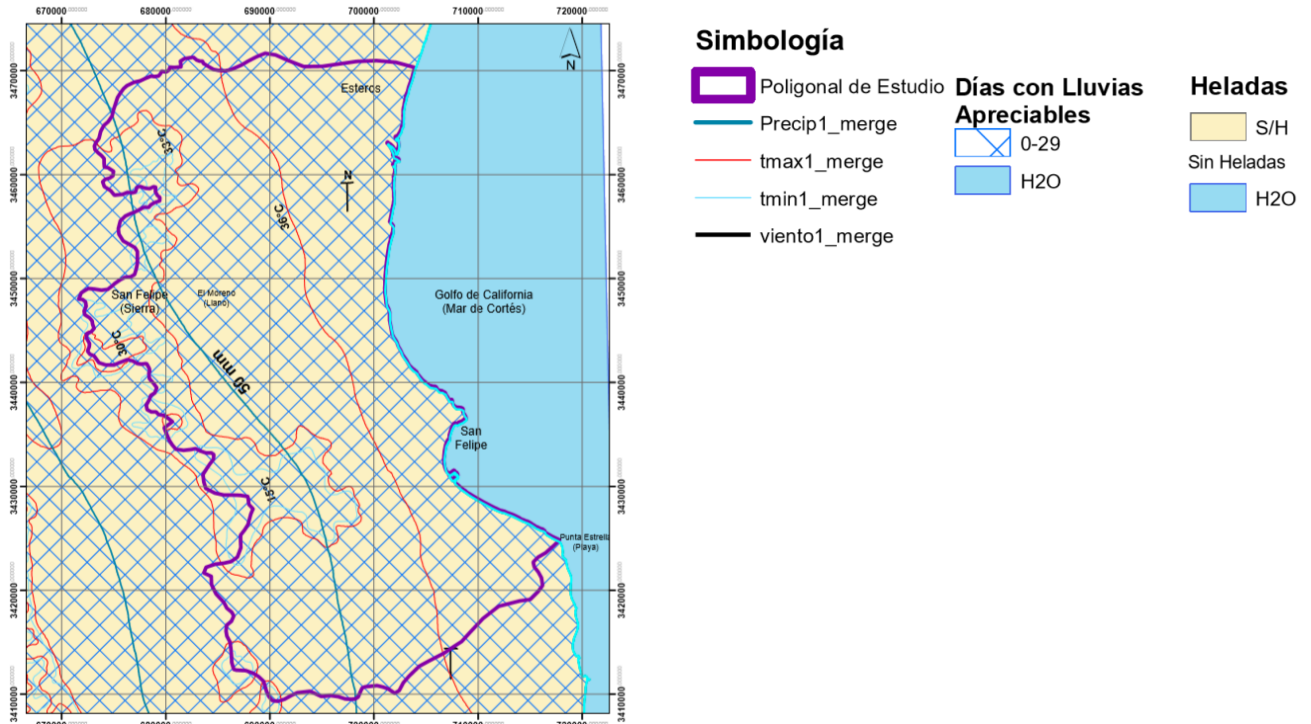
California, con la playa de San Felipe B.C., tomando en cuenta que ambos son parte del mismo municipio. Al entrar a la poligonal en la parte Nornordeste pegado al mar de Cortés se encuentran los esteros, que son terrenos de inundación que conforman parte de la superficie terrestre, mientras que al Nornoroeste, está el inicio de la sierra de San Felipe B.C.; para llegar a cualquiera de estos dos puntos se tiene que atravesar una zona arenosa. Al terminar los esteros al Noreste de la poligonal, empiezan a aparecer edificaciones que proveen servicios turísticos, sobre todo en la franja de la costa junto al mar, los cuales se han ido colocando y creciendo hacia esta zona, por lo que se observa la infraestructura básica necesaria para su funcionamiento como lo serian las instalaciones de comunicación, mientras que al noroeste podemos apreciar en primer plano el cerro del colorado y en un plano más lejano la sierra de San Felipe B.C., todo rodeado por una zona arenosa. Llegando un poco más al centro de la poligonal, hacia el Este, ya se encuentra la localidad de San Felipe B.C., la cual cuenta con la mayoría de servicios urbanos, como serian: las instalaciones de comunicación, el faro, tanques de agua, además de edificaciones que son tanto de vivienda, como turísticas y comerciales. Al Oeste, rumbo a la sierra de San Felipe en primer lugar 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 que también 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 se encuentra otra infraestructura turística necesaria como punto de movilidad para esta zona, que es la pista de aviación y en cuanto a la estructura natural que conforma el paisaje, además de la sierra de San Felipe, está la sierra de Santa Rosa, colocadas sobre zonas arenosas. En la parte Sur de la poligonal, se encuentra el cerro Punta Estrella donde sus faldas son el principio del valle de los gigantes.

## **b) Clima**

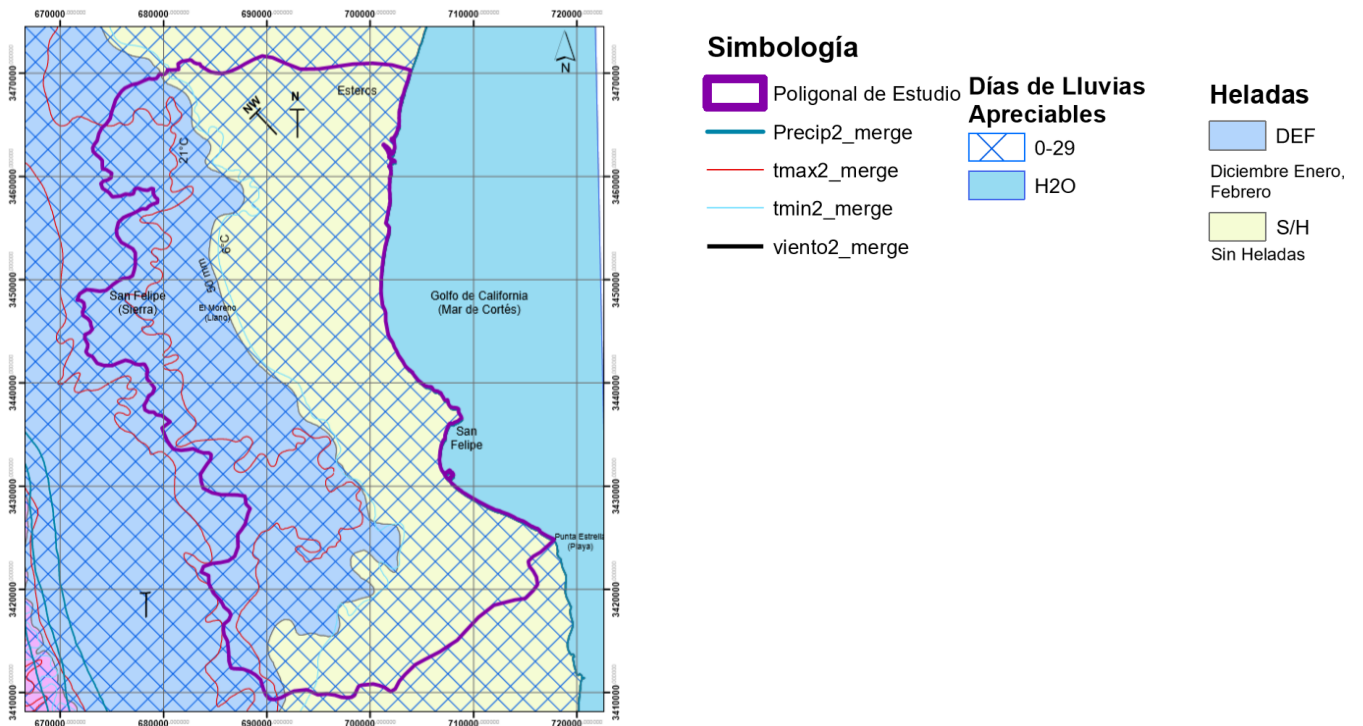
El análisis del clima está basado en la cartografía de INEGI (1985a y 1985b) teniendo como resultado las Figuras 21 y 22, donde la Figura 21. Es el mapa de efectos climáticos del primer periodo que corresponde a los meses de mayo a octubre, mientras que la Figura 22 Es el mapa de efectos climáticos del segundo periodo, correspondiente a los meses de noviembre a abril.

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)

En términos generales, en la Figura 21 y en la Figura 22 se pueden observar la temperatura máxima y la temperatura mínima representada por las isotermas, que se refieren a aquella temperatura media anual en grados centígrados. También se encuentra la precipitación media figurada en la carta por medio de las isoyetas, que son una isolínea en un mapa cartesiano. La precipitación se da en una unidad de tiempo y el dato que se expresa es la precipitación media anual en milímetros, también menciona el número de días con heladas, el número de días con lluvias apreciables y la dirección de los vientos dominantes.

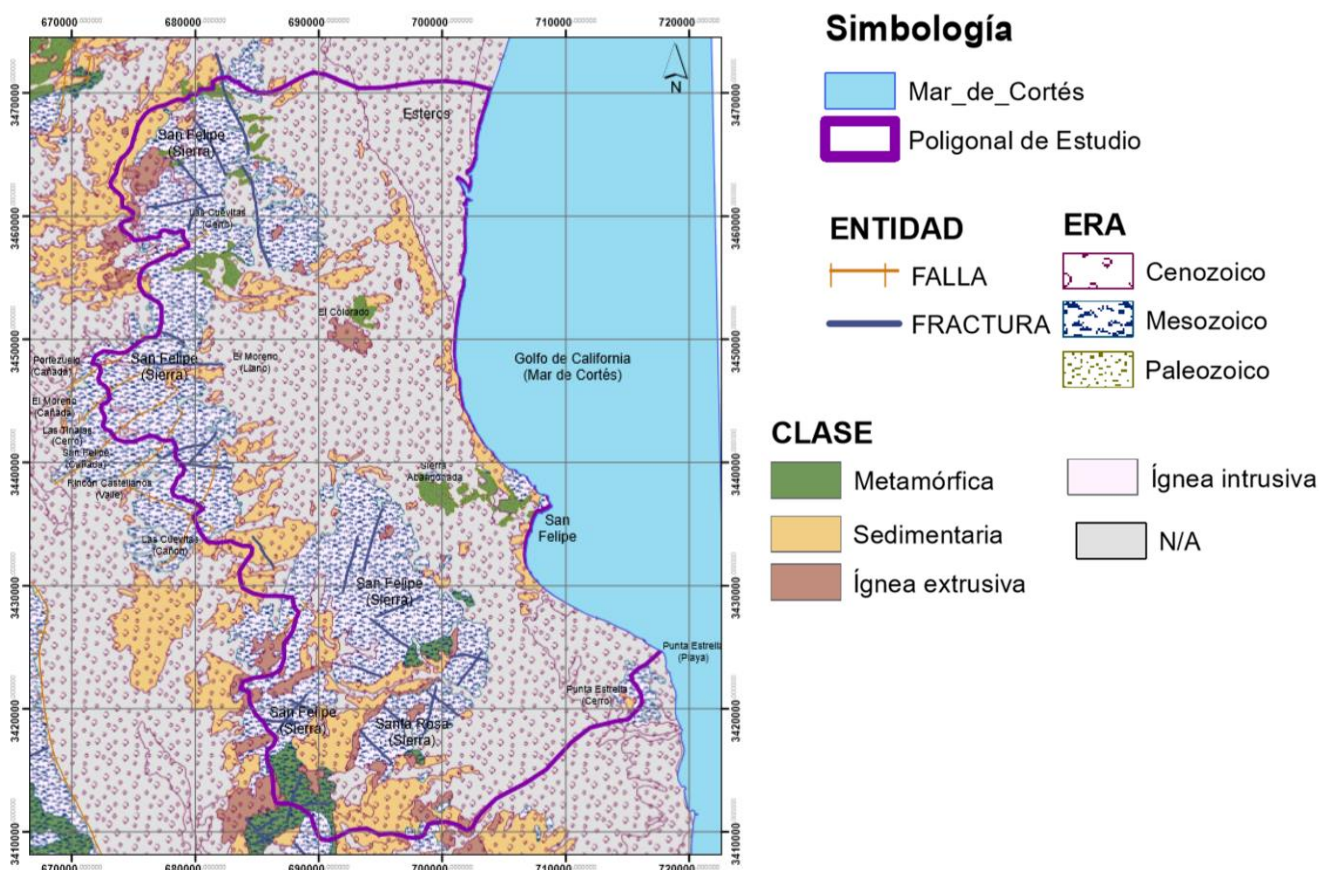
En la cartografía que expresa los meses de mayo a octubre, Figura 21., se refiere a la época de verano, la cual presenta mayores temperaturas, de acuerdo con las isotermas, se tiene como temperatura máxima media de 30°C al Oeste de la poligonal en las partes más elevadas de la sierra de San Felipe. En las partes medias de la sierra su temperatura media se eleva a 33°C. Mientras que en el desierto se refiere a una temperatura media de 36°C. En cuanto a la temperatura mínima, la isoterma está ubicada al lado Oeste de la Sierra, la cual expresa que son 15°C la temperatura mínima media de esta época. En cuanto a las isoyetas que son las que representan a la precipitación, solo se encuentra una, la cual cruza la poligonal cercana a la sierra de San Felipe y enuncia que su precipitación media anual son de 50 mm. El viento dominante que existe en 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.

Los efectos climáticos de noviembre a abril, expresados en la Figura 22., son los que se refieren a 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. Mientras que 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 que pueden existir heladas en los meses de diciembre, enero y febrero, mientras que la parte del desierto hacia el Este de la poligonal, donde se encuentra el poblado de San Felipe B.C., indica que no hay presencia de heladas en esta época del año.

### c) Geología

En cuanto al sistema geológico que se encontró en el área de estudio, teniendo como base INEGI (1982) y resultando en la Figura 23. Mapa Geológico.

Figura 23. Mapa Geológico



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1982)

Confirmando lo que menciona el PDUCP (2013) en el área de estudio se encontraron los tres tipos de roca principales que menciona, las rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, tanto intrusiva como extrusiva.

Las rocas metamórficas, son aquellas que modifican su forma, de acuerdo al Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2017a), cuando las rocas preexistentes experimentan cambios en su estructura o en los minerales que las conforman por haber sido sometidas bajo ciertas condiciones físicas o químicas como podrían ser la temperatura o la presión, se logran cambios en la roca preexistente, pero sin perder el estado sólido. Las rocas metamórficas

dependen de cómo estaba compuesta la roca original y la condición a la cual fue sometida, proveyendo de valiosa información histórica.

Las rocas sedimentarias están constituidas por capas, dichas capas están formadas por diferentes fenómenos, como la lluvia, consolidación de material orgánico: vegetal y animal, soluciones minerales, fragmentos de roca y productos de reacciones químicas. Cada una de las capas que la conforman se le conoce como sedimentos. (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, es decir la que se forma cuando el magma es expulsado por un volcán y al momento de tener contacto con la temperatura ambiente este se enfría y forma las rocas volcánicas. (SGM, 2017c).

Además del tipo de roca, es relevante entender la era en la cual se formó cada una de estas, para así ver la relevancia histórica del paisaje que conforma la poligonal de estudio, siendo esto una razón relevante para conservarlo ya que la formación de la roca más antigua en el área de estudio data de 542 millones de años.

Otro punto relevante a mencionar son las fallas y fracturas las cuales tienden a resaltar la parte de la estructura geológica, ya que su ubicación es de primordial importancia para poder evitar que los asentamientos humanos se ubiquen en lugares de alto riesgo.

En la Figura 23., dentro de la poligonal al Nornordeste donde están los esteros pertenece a la era cenozoica, es decir la era geológica más reciente, que también abarca el Sureste de la poligonal y la zona central de acuerdo a INEGI (1982) no se asocia a ningún tipo de roca en particular, este el fenómeno geológico que ocupa un mayor porcentaje dentro de la superficie de esta investigación. Al Este de la poligonal donde está la localidad de San Felipe B.C., tanto al Norte como al Sur de la misma y colindando con el mar, se encuentran pequeñas zonas alargadas que pertenecen a la misma era cenozoica, pero se relacionan directamente con la roca sedimentaria; este tipo de asociación, era - roca, también se encuentra junto a los esteros, al Noroeste del área de estudio en las faldas de la sierra de San Felipe y al Suroeste sobre la misma sierra. La era cenozoica también se asocia con la roca

ígneas extrusivas, esta relación era - roca, se encuentra en un porcentaje pequeño, localizada al Noroeste de la poligonal en la Sierra de San Felipe, al Noroeste, cercano al cerro El Colorado y al Suroeste sobre la misma Sierra de San Felipe.

La era mesozoica que es el periodo anterior al cenozoico, el cual terminó hace 251 millones de años, 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 que se localiza al Sur, esta era se encuentra asociada con la roca ígnea intrusiva. Esta asociación de era - roca, es donde se encuentran las fallas y fracturas de origen geológico que se forman en la Sierra de San Felipe. Estas están distribuidas a lo largo de toda la sierra desde el extremo Noroeste, hasta el Suroeste. Cuando la sierra de San Felipe se junta con la Sierra de Santa Rosa en el lugar donde se localiza la última fractura. Las fallas se encuentran en la zona central hacia el Oeste y el límite de la poligonal, sobre la misma Sierra de San Felipe con la misma asociación de era - roca. Esta combinación representa el segundo lugar de porcentaje de ocupación dentro de la zona de estudio. La Era Mesozoica también está asociada con la roca metamórfica es decir que a lo largo del paso del tiempo en estas zonas se ha modificado la estructura de la roca por haber estado sometido a condiciones físicas o químicas particulares. También se puede apreciar presencia de esta asociación, colindando con la poligonal al Suroeste y en pequeños manchones sobre la Sierra de Santa Rosa.

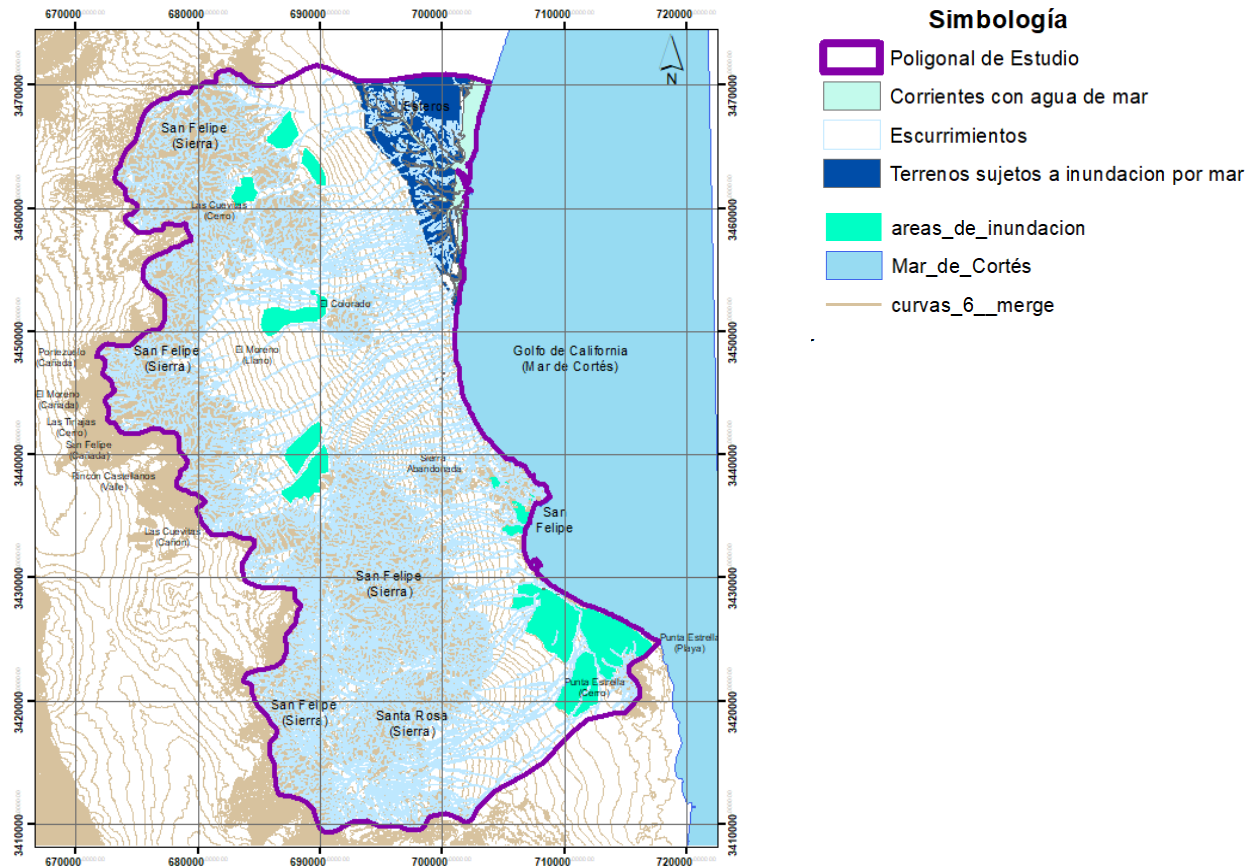
La era Paleozoica también forma parte de la poligonal y es la que culminó hace 542 millones de años, esta era está asociada con la roca metamórfica en la parte central de la poligonal sobre la Sierra Abandonada y cercano a la localidad de San Felipe B.C., también se encuentra al Norte sobre el Cerro del Colorado y al Noroeste sobre la Sierra de San Felipe. Esta combinación también representa un mínimo porcentaje de ocupación dentro del área de estudio.

#### **d) Hidrología**

La Hidrología es el siguiente tema analizado dentro de la estructura del paisaje de San Felipe B.C., esta se divide en superficial y subterránea. El resultado del análisis de las corrientes de agua exteriores, se muestra en la Figura 24. Mapa de Hidrología Superficial, que son los escurrimientos que se forman en las partes más altas de la sierra o en el pico de los cerros y terminan en áreas propensas a inundación. En la parte de los esteros, su

hidrología superficial es muy característica porque son terrenos sujetos a inundación que contienen corrientes de agua de mar. (INEGI, 2013 – 2018).

Mapa 24. Mapa de Hidrología Superficial.

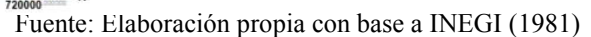


Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2013-2018)

El resultado del análisis de la Hidrología Subterránea se muestra en la Figura 25. Mapa de Hidrología Subterránea. En la parte que corresponde a los esteros se encuentra material no consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua; esto se da por la introducción de corrientes de agua marina y por la estructura del suelo que logra que el territorio tenga grandes concentraciones de sales y no sea 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 que pertenecen al desierto de San Felipe y abarcan del Norte a Sur el área de estudio se encuentra material no consolidado con posibilidades altas de extracción de agua subterránea.

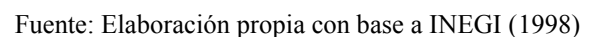
En la parte Suroeste de la poligonal entre la sierra de San Felipe y la sierra de Santa Rosa, se puede encontrar tanto material no consolidado con posibilidades bajas, como

Figura 25. Mapa de Hidrología Subterránea.



El resultado del análisis de los suelos se muestra en la Figura 26. Mapa de Edafología. De acuerdo a INEGI (2014), se encontraron los siguientes suelos dominantes: Arenosol. Es derivado de los sedimentos o arenas y conforma lo que son dunas o playas; Calcisol. Presenta sustancia calcárea o capa cementada de 10 cm de grosor; Cambisol. Se diferencian sus horizontes por cambios de estructura, color y cantidad de arcilla; Fluvisol. Suelo de arrastre poco desarrollado, relacionado con depósitos aluviales, lacustres o marinos; Leptosol. Suelo

Figura 26. Mapa Edafológico.



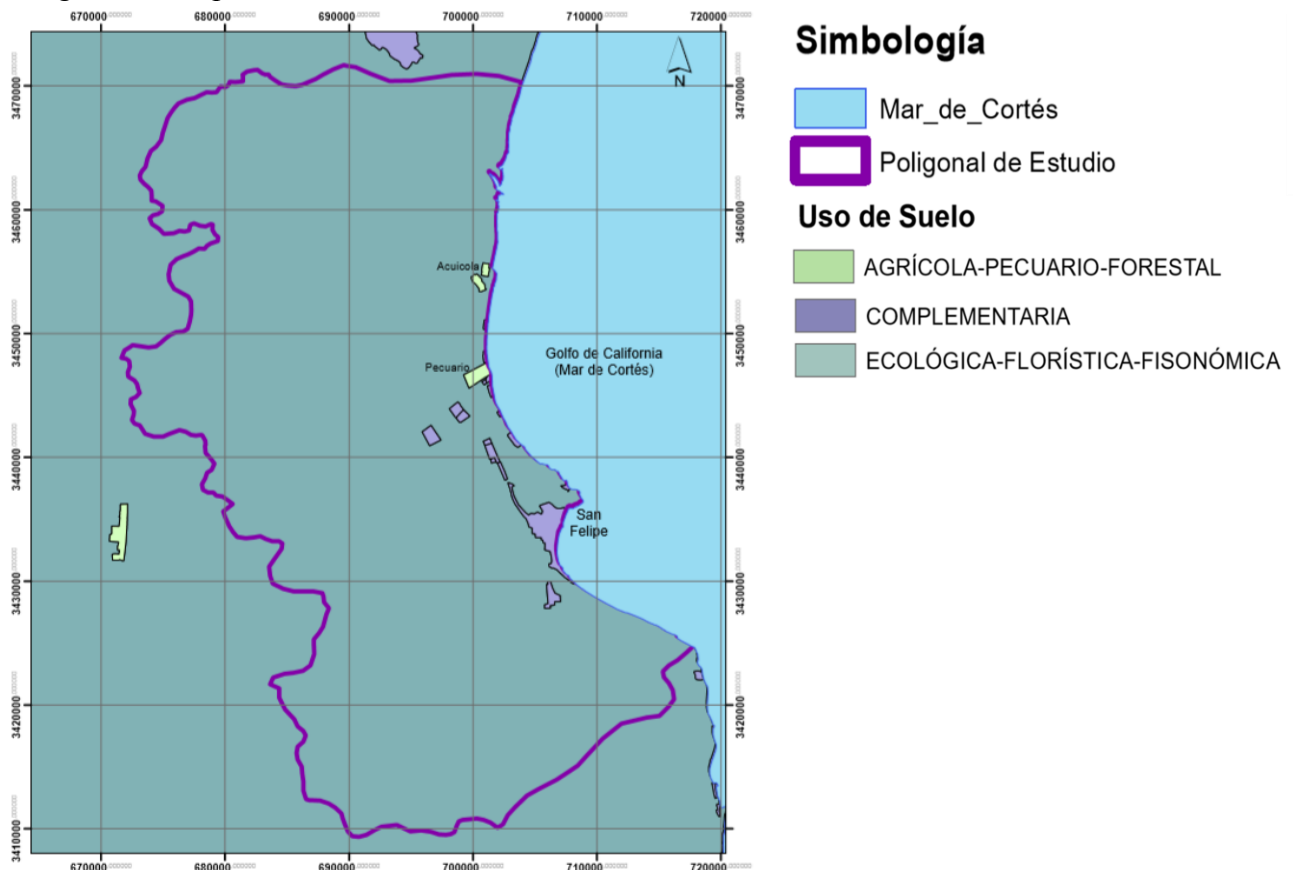
106

todos los suelos presentes en el área de estudio presentan una clase textural gruesa. (INEGI, 2014)

### i) Uso de Suelo

Los Usos de Suelo de acuerdo a INEGI (s.f.b) el uso de suelo se divide en: 1. Agrícola-Pecuario- Forestal, 2. Ecológico-Florística-Fisionómica y 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; el tercero es el uso que complementa a las actividades antropogénicas como podría ser el uso urbano. El resultado del análisis de estos tres usos se puede apreciar en la Figura 27 Mapa de Uso de Suelo.

Figura 27. Mapa de Uso de Suelo.



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

El uso de suelo se da por actividades naturales y humanas, gracias a la carta de INEGI (2008) se puede apreciar en la Figura 27, que la mayoría del área de estudio pertenece a una zona natural denominada Ecológica-Florística-Fisionómica. Otra de las áreas primordiales

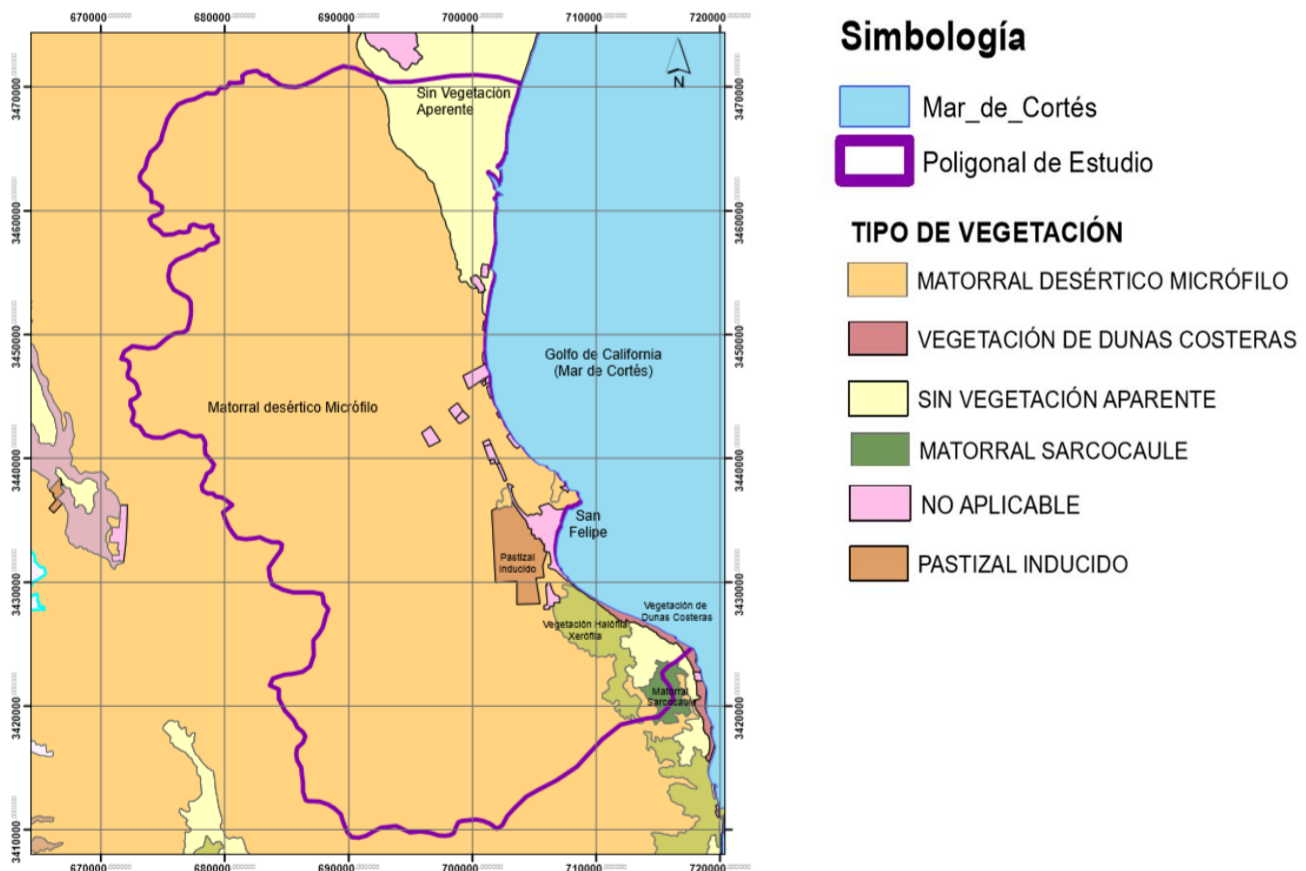
que representa este tema es la complementaria, por que se refiere sobre todo a las zonas urbanas; esta área se puede apreciar al Este de la poligonal, donde está localizado el poblado de San Felipe B.C. y muestra una mancha urbana; también se encuentran pequeños polígonos al Norte y al Sur del poblado, que sobre todo están donde existen actividades turísticas. La actividad que aparece en menor medida dentro de esta poligonal es la Agrícola-Pecuaria-Forestal, de la cual se pueden ubicar dos zonas, una es sobre los esteros y es actividad acuícola y la otra se encuentra al Sur de los esteros, en la costa del mar con un terreno que corresponde a actividad pecuaria. (INEGI, 2008)

#### **j) Vegetación**

El resultado del análisis de las comunidades vegetales que muestra INEGI (2009) se pueden apreciar en las Figuras 28. Mapa de vegetación y Figura 29. Mapa de Matorrales. De la vegetación encontrada, en la Figura 28. en primer lugar está el Matorral desértico micrófilo, que 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, la cual se reconoce por la presencia de plantas pequeñas o suculentas, las cuales tienen un papel fundamental ya que son las pioneras y fijadoras de la arena, por lo que gracias a ellas se evita el arrastre de la arena por viento y oleaje.

La siguiente asociación vegetal que se menciona es el Matorral sarcocaulé, el cual se puede identificar por la presencia de arbustos carnosos con tallos gruesos que se desarrollan sobre suelos rocosos y someros, tiene como especies representativas a los cardones *Pachycereus pringlei* y las sahuaros. Posteriormente se explica la vegetación halófila xerófila, la cual se refiere a vegetación arbustiva o herbácea que se desarrolla en suelos ricos en sales, son especies de baja altura, que provienen 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. (INEGI, 2009)

Figura 28. Mapa de Vegetación

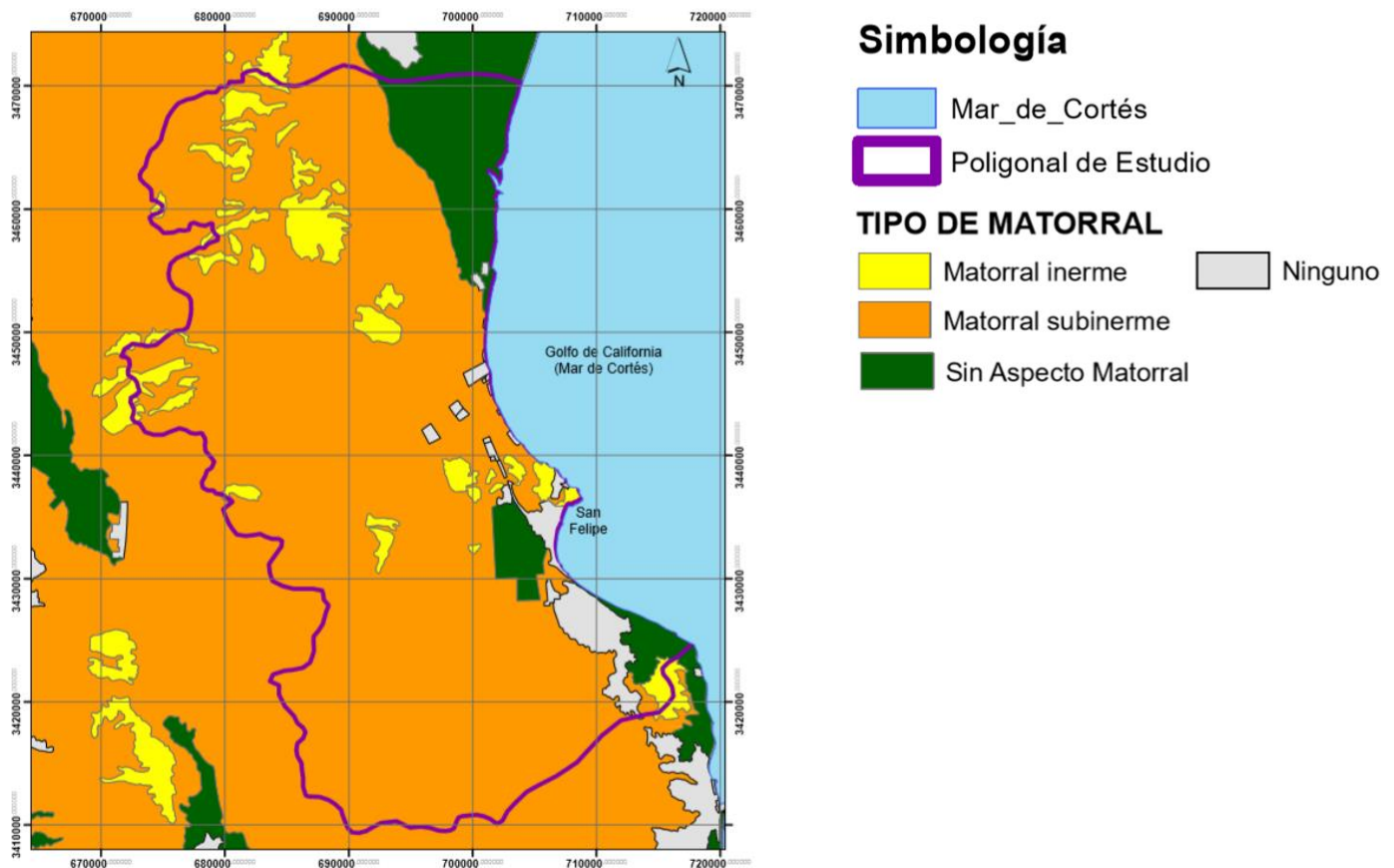


Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

En cuanto a la distribución de la vegetación en la poligonal de estudio expresada en las Figuras 28 y 29 de acuerdo a INEGI (2008). En la parte Nornordeste de la poligonal donde están los esteros es una parte sin vegetación aparente y sin aspecto de matorral, la cual también tiene las mismas características en la zona sureste casi al final de la poligonal en la falda del cerro de Punta Estrella. La mayor parte del área de estudio está compuesto por matorral desértico microfilo, siendo matorral inermes en lo que son el cerro El Colorado, la Sierra Abandonada, además de unos pequeños manchones al Suroeste y al Oeste de la sierra de San Felipe, la otra parte de la poligonal que está compuesta por matorral, se divide en subinermes. Otros tres tipos de comunidades vegetales relevantes encontradas en la zona de estudio son: la vegetación de dunas costeras las cuales están al suroeste colindando con el límite de la poligonal y el mar de Cortés. La vegetación Halófita Xerofila, la cual se encuentra entre los límites sur del poblado de San Felipe B.C. y el cerro Punta Estrella. El Matorral Sarcocaul, que se encuentra en cerro de Punta Estrella y es la vegetación característica del Valle de los Gigantes. Las zonas donde no son aplicables las comunidades

naturales de vegetación son en las zonas urbanas y en las zonas donde se realiza alguna actividad económica.

Figura 29. Mapa de Matorrales.



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2008)

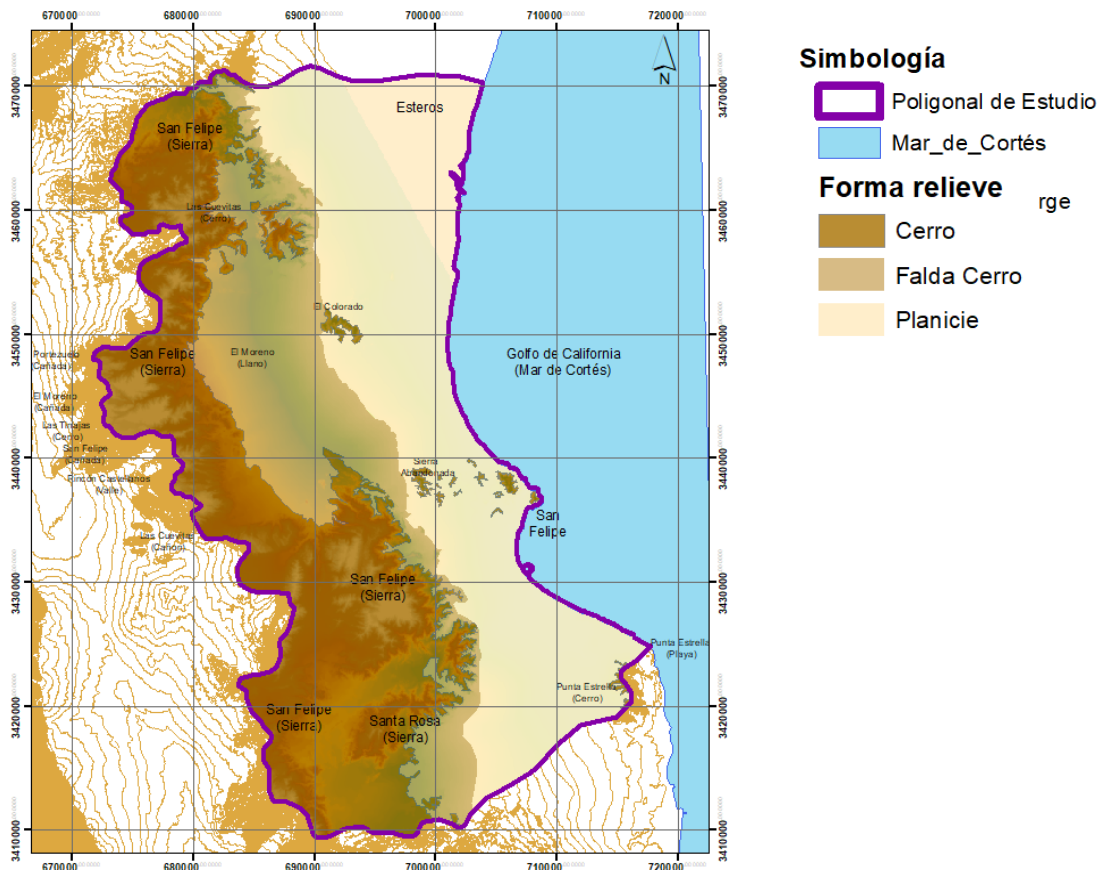
Dentro de la Figura29. Mapa de matorrales, se pueden apreciar cuatro zonas principales, Los dos tipos de matorrales, que se dividen en inerme y subinerme, aquellas zonas que no tienen aspecto de matorral y también se identifican las áreas que no presentan vegetación alguna. De acuerdo a INEGI (2009) el matorral inerme es aquel que está formado en un 70% o más por plantas sin espina y el matorral subinerme es aquel compuesto por plantas espinosas y no espinosas, donde las plantas espinosas deben tener al menos un 70%, para poder ser considerado como este tipo de matorral

### k) Formas de relieve

El resultado de las formas de relieve se muestra en la Figura 30. Mapa de Formas de Releve. Las formas de relieve se dividieron en tres, que son los cerros, sobre todo la sierra de San Felipe. y la sierra de Santa Rosa que abarca todo el lado Oeste de la poligonal, así como

el cerro El Colorado, la sierra La Abandonada que está cercana de la localidad de San Felipe B.C. y el cerro Punta Estrella, mientras que las faldas de los cerros están alrededor de los mismos, y la planicie es la zona predominante que colinda con el mar de Cortés.

Figura 30. Mapa de Formas de Relieve



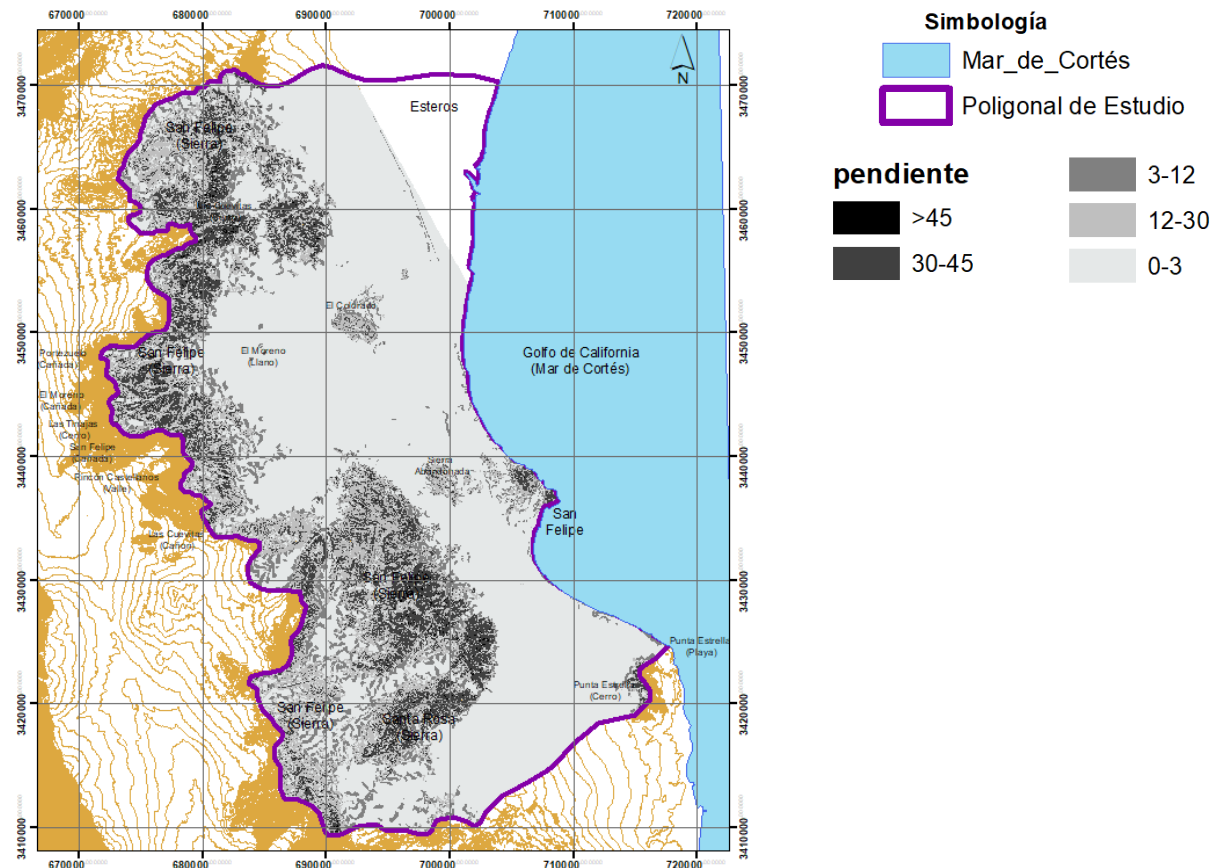
Fuente: Elaboración propia con base En ArcMap 10.5 (ESRI, 1999)

## I) Pendientes

En cuanto a las pendientes el resultado se muestra en la Figura 31. Mapa de Pendientes, se puede apreciar que la mayor parte de la poligonal es considerada como planicie, por tener una pendiente de 0 a 3 ° que es donde está 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 áreas 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 microfilo. Mientras que las pendientes desde 12 a 30 ° hasta los 45°, se dan en la parte de la sierras y cerros, como la

sierra de San Felipe., sierra de Santa Rosa, cerro El Colorado, la Sierra la Abandonada y el cerro Punta Estrella.

Figura 31. Mapa de Pendientes

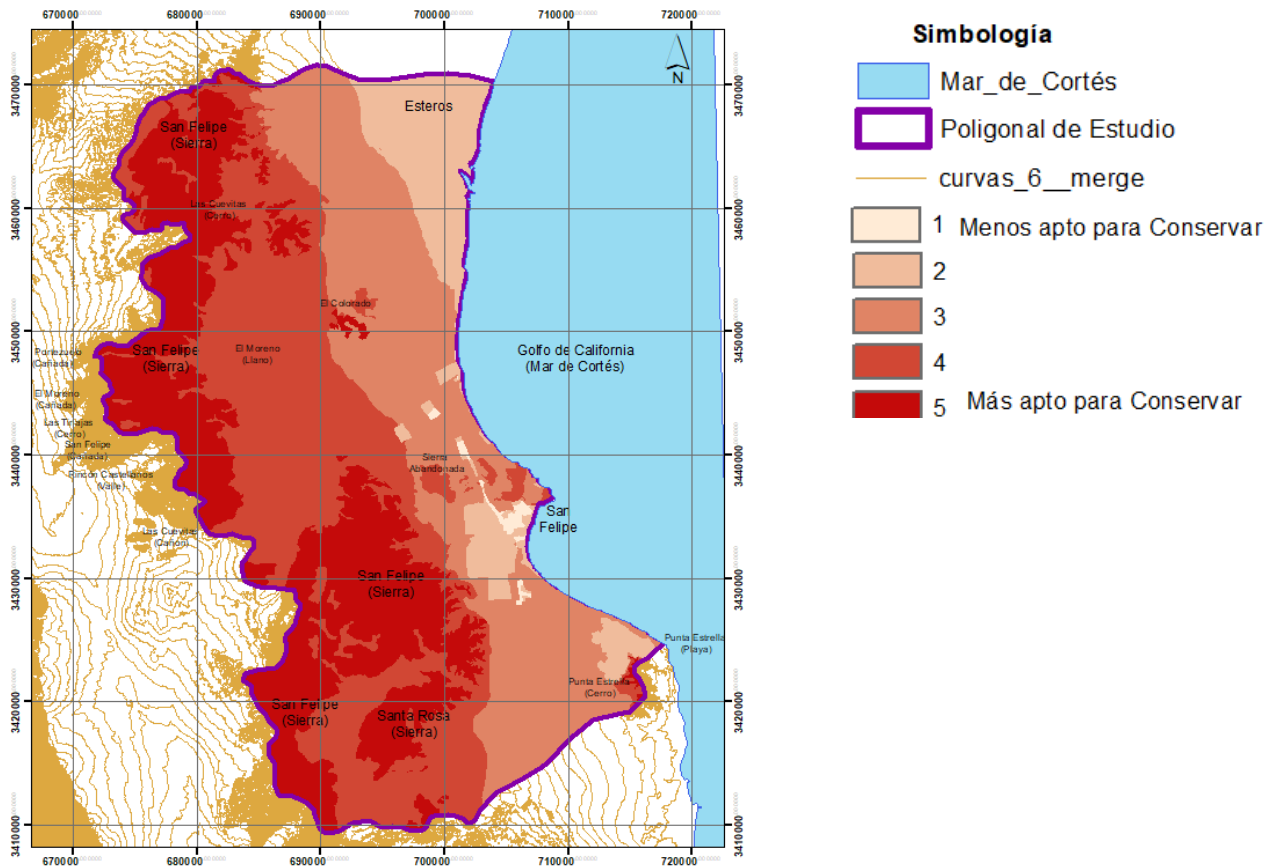


Fuente: Elaboración propia con base en ArcMap 10.5 (ESRI, 1999)

### 5.1.1. Idoneidad Intrínseca para Conservación

Los resultados finales que se obtuvieron de este análisis estructural, fueron tanto el mapa de aptitud para conservación como el mapa de vulnerabilidad; ya que se busco entender los factores más relevantes que actúan en el territorio para poder encontrar la aptitud intrínseca con estos fines en específico. El primer tema que se va a abordar es el de conservación, resultando en la Figura 32. Mapa resumen de conservación.

Figura 32. Mapa resumen de conservación



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

En la Figura 32. se puede apreciar que las zonas con mayor aptitud para conservación se encuentran en la sierra, que sería la zona 5, representada por el rojo más oscuro; son las que muestran menores temperaturas y pueden llegar a existir heladas en los meses de diciembre, enero y febrero; de acuerdo a la geología, en esta zona se encuentra la era mesozoica con roca ígnea intrusiva; de acuerdo a la hidrología subterránea este es un material consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea; Como suelo predominante en cuanto a la Edafología, es el suelo leptosol que se representa por la roca aparente y es de textura gruesa; por este tipo de suelo, justifica el hecho de que no se puede extraer agua del subsuelo; En cuanto al uso de suelo es Ecológico- Florístico-Fisionómico, donde la vegetación predominante es de matorral desértico microfilo, teniendo pequeñas zonas sobre la sierra de matorral inerme, es decir matorral espinoso; en cuanto a pendientes, es donde se encuentran las más pronunciadas. Por las características naturales que presenta esta zona, demuestra las razones de tener una mayor aptitud para conservación.

La zona 4, la cual no es la de mayor importancia para buscar su conservación, no obstante, es relevante por los elementos que la componen y por cómo interactúan en sí. Se encuentra en la sierra de San Felipe, de Santa Rosa y en sus faldas, también ocupa la parte que pertenece a la Sierra Abandonada, el cerro El Colorado y el cerro Punta Estrella. Se resalta la geología existente, donde se aprecia la combinación de la era paleozoica con la roca metamórfica; esta era terminó hace 541 millones de años, tiempo que han tomado para formarse las formas de relieve; otra combinación geológica es la era cenozoica con la roca sedimentaria; razón por la cual justifica que la hidrología subterránea este formada por un material consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea. En cuanto a la edafología tiene varios tipos de suelo, los 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 es el uso natural Ecológico-Florístico-Fisionómico. La vegetación también es matorral desértico microfilo, sobre todo en donde están los cerros y la sierra La Abandonada se encuentra matorral inerme. Por sus características, y por ser la segunda en relevancia, también se vuelve apta para conservación.

La zona 3 es de importancia media para su conservación, ya que se encuentra en la zona de planicie y las zonas arenosas que rodean los asentamientos urbanos. Sin embargo, dentro de esta zona existen puntos naturales que son vitales para su conservación como es el caso de la vegetación halofita 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. A pesar de su importancia la vegetación de dunas costeras es susceptible a desaparecer porque da pie al desarrollo de otras actividades; de acuerdo con INEGI (2009) la actividad principal que se desarrolla en esta comunidad es el pastoreo de ganado bovino y caprino. En algunos casos se presenta la eliminación de la vegetación de dunas para incorporar terrenos a la agricultura. Sin embargo este tipo de vegetación es tan susceptible que en el plano de INEGI (2008) aun aparece como existente, sin embargo en las imágenes satelitales de 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; presenta material no consolidado con posibilidades bajas de extracción de agua subterránea, suelo solonchack, exceso de sales. Razones suficientes para evitar realizar un asentamiento en esta zona, por las características físicas de la misma se obtendría un costo beneficio desfavorable.

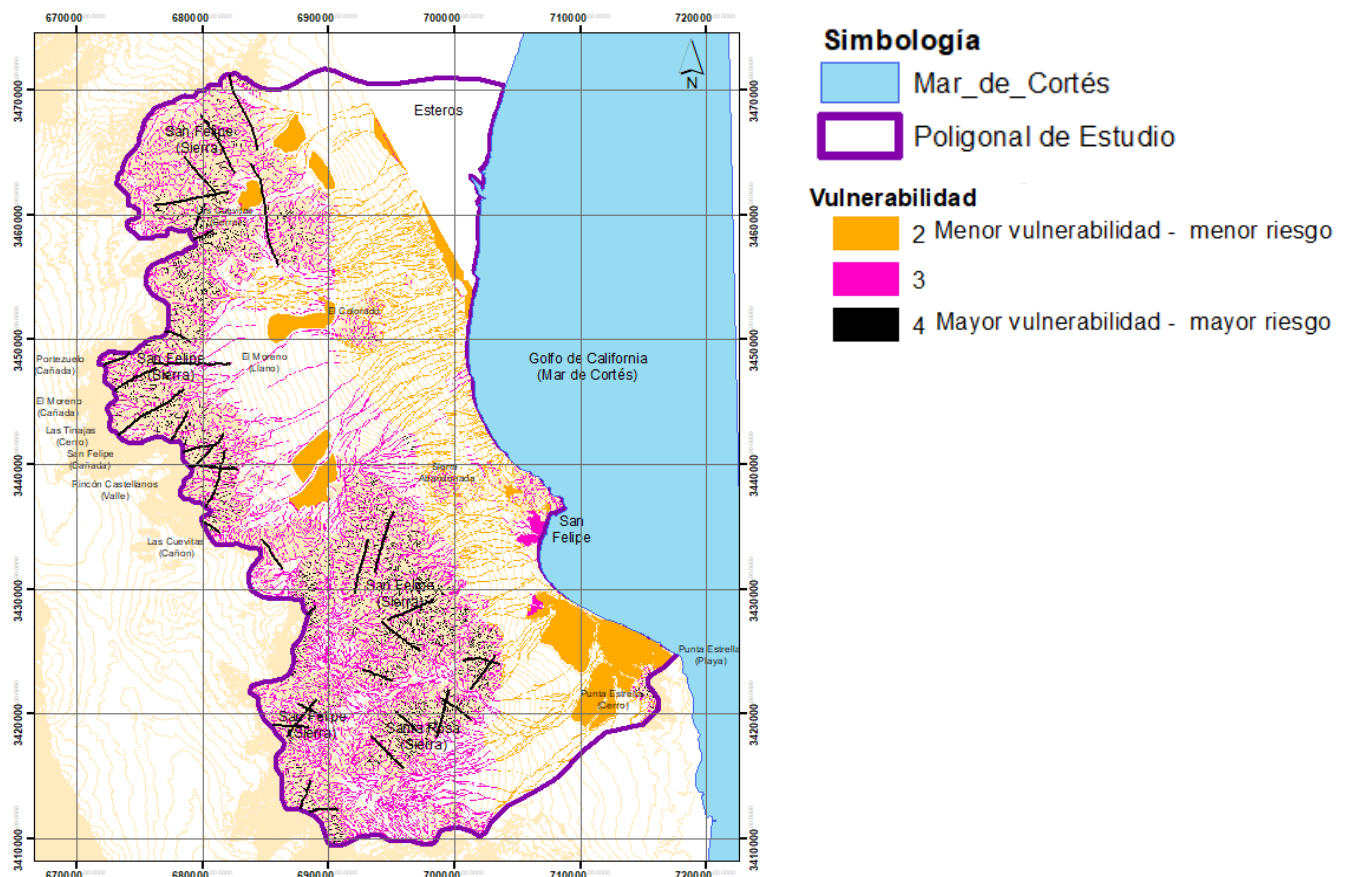
Se menciona como zona sin vegetación aparente, por lo que los elementos que la componen no son los más relevantes para su conservación, pero de acuerdo a su estructura tampoco permite que la mancha urbana crezca sobre ella, solo el realizar actividades como la acuícola.

La zona que no tiene aptitud para conservación es la zona 1, que de acuerdo a la carta de usos de suelo se localiza el área complementaria, es decir la mancha urbana, siendo evidente el hecho de no tener aptitud para conservación, porque ya esta urbanizada.

### 5.1.2. Idoneidad Intrínseca para Vulnerabilidad

En cuanto a la vulnerabilidad en este trabajo se está tomando por el riesgo que representa la colocación de asentamientos humanos en puntos vulnerables, por lo tanto son zonas que se deben proteger de alguna manera para evitar estos asentamientos, y favorecer a la colocación de Infraestructura verde se obtuvo como resultado, la Figura 33. Mapa resumen de vulnerabilidad, que identifica las zonas con mayor vulnerabilidad.

Figura 33. Mapa resumen vulnerabilidad.



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

La Figura 33. está compuesta por los factores de: uso de suelo, hidrología superficial, formas de relieves, pendientes, edafología clase(tipo de suelo), geología fallas y fracturas, hidrología subterránea. Al momento de realizar el procesamiento dio como resultado tres puntos principales de vulnerabilidad el 4,3 y 2. Con el número 4 están las puntas de los cerros donde tienen mayor pendiente y presentan fallas y fracturas de carácter geológico, estas áreas son vulnerables porque en caso de llegar a urbanizarse serian las más propensas a sufrir un riesgo. La zona con el numero 3 que también son susceptibles a sufrir algún riesgo, se encuentran en las bajadas de los cerros donde existe una pendiente media y escurrimientos pronunciados. La zona número 2 se ubica en las planicies, propiciando facilidad para la colocación de infraestructura urbana, no obstante, se encuentran las zonas propensas a inundación. Uno de los puntos a destacar en este análisis, es que toma como zonas de vulnerabilidad identificadas con el número 3 la Sierra Abandonada, que es la que se encuentra rodeando a la localidad de San Felipe B.C., por lo tanto, dentro de la misma población ya asentada existen zonas de riesgo en caso de lluvias extraordinarias, por las bajadas de los escurrimientos y la localización de las zonas propensas a inundarse.

Con el mapa resumen de vulnerabilidad se concluye lo que es la estructura del paisaje, donde ya se analizaron los componentes del medio natural y sus interacciones que dan como resultado aquellas zonas propensas a conservar y zonas vulnerables no aptas para los asentamientos humanos. Por lo que el siguiente objetivo se basa en los usos y funciones existentes realizados con base en las unidades de paisaje, donde se determinan los servicios ecosistémicos que provee en cada zona.

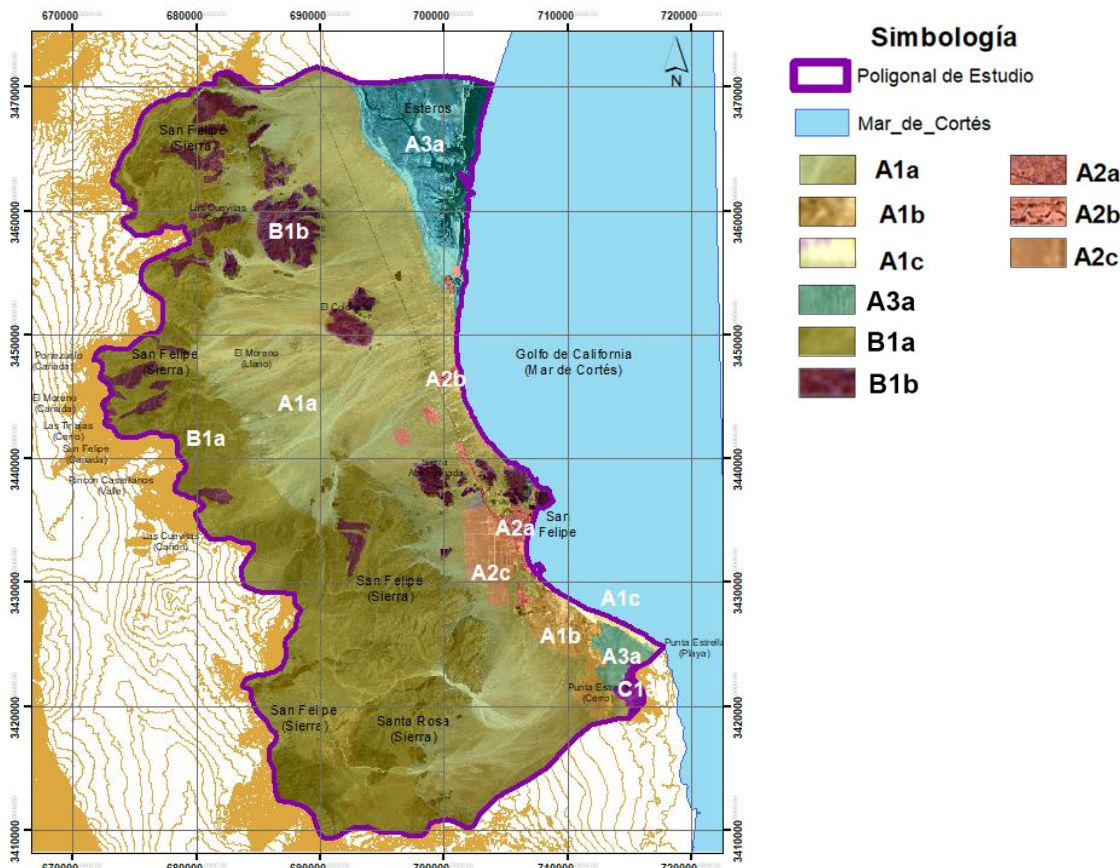
## **5.2. Describir los usos y funciones que presenta el paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.**

### **5.2.1. Unidades de Paisaje**

Con los elementos que constituyen el medio natural y analizando las dos interacciones principales, la conservación y la vulnerabilidad; se procede a obtener los usos y funciones de los elementos que conforman la estructura del medio natural, por medio de unidades de paisaje. El resultado de estas unidades se presenta en la Figura 34. Mapa de Unidades de Paisaje. Para realizarlas se utilizó como base el mapa topográfico (INEGI, 2013- 2018), el mapa de vegetación (2008), el mapa de matorrales (2008) y la imagen satelital de baja resolución *Landsat 8*. Esta información sumada a la matriz de unidades de paisaje que se

realizó en el apartado anterior, sirvieron de base para determinar las unidades que rigen el paisaje, así como, las subunidades y los modificadores. Teniendo como resultado la Figura 34. Unidades de Paisaje

Figura 34. Mapa de Unidades de Paisaje



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

En la Figura 34. el área de estudio está dividida por colores y claves, cada uno de estos representa una unidad de paisaje característica. La unidad son las formas de relieve, la subunidad es el uso de suelo y la vegetación general y los modificadores que son los usos de suelo específicos y la vegetación específica de cada área. Con esto en consideración, se obtienen las siguientes unidades.

La primera unidad corresponde a las planicies

A1a. Planicie con vegetación natural y matorral subinerme. Esta unidad es representada por un color verde claro, que contiene escurrimientos en las faldas de los cerros y en las planicies, ocupa un área considerable de Norte a Sur de la poligonal.

A1b. Planicie con vegetación natural y con una comunidad vegetal halófitas, xerófila se encuentra representada por un color naranja claro y está ubicada al Sureste de la poligonal, colindando con la vegetación de dunas costeras.

A1c. Planicie con vegetación natural y con vegetación de dunas costeras. la cual está representada por un color amarillo y se encuentra al extremo Sureste de la poligonal entre la vegetación halófitas xerófila y el mar de Cortés.

A2a. Planicie con actividad complementaria urbana, que es la que conforma el poblado de San Felipe B.C. al Este de la poligonal.

A2b Planicie con actividad complementaria periurbana. Son aquellos complejos turísticos ubicados al Norte del poblado de San Felipe B.C. Se encuentran dispersos y no tienen todos los servicios urbanos pero están a una distancia aceptable del poblado, por si se requiere el uso de los mismos.

A2c. Planicie con actividad complementaria de pastizal inducido. Está representado por un naranja intenso y se encuentra al Oeste de la localidad de San Felipe B.C.

A3a. Planicie sin vegetación con esteros. Localizada al Noreste de la poligonal a orillas del mar de Cortés.

La siguiente unidad corresponde a los cerros.

B1a. Cerros con vegetación natural de matorral subsericeo, identificados por un color verde oscuro y son los que se encuentran en la sierra de San Felipe y la sierra de Santa Rosa al límite Oeste de la poligonal, abarcando toda el área de Norte a Sur.

B1b. Cerros con vegetación natural de matorral sericeo. Están representados por un café rojizo, localizados en el cerro El Colorado, la Sierra Abandonada y algunos polígonos existentes dentro de la sierra de San Felipe. al Noroeste de la poligonal.

La última unidad corresponde a las faldas de los cerros.

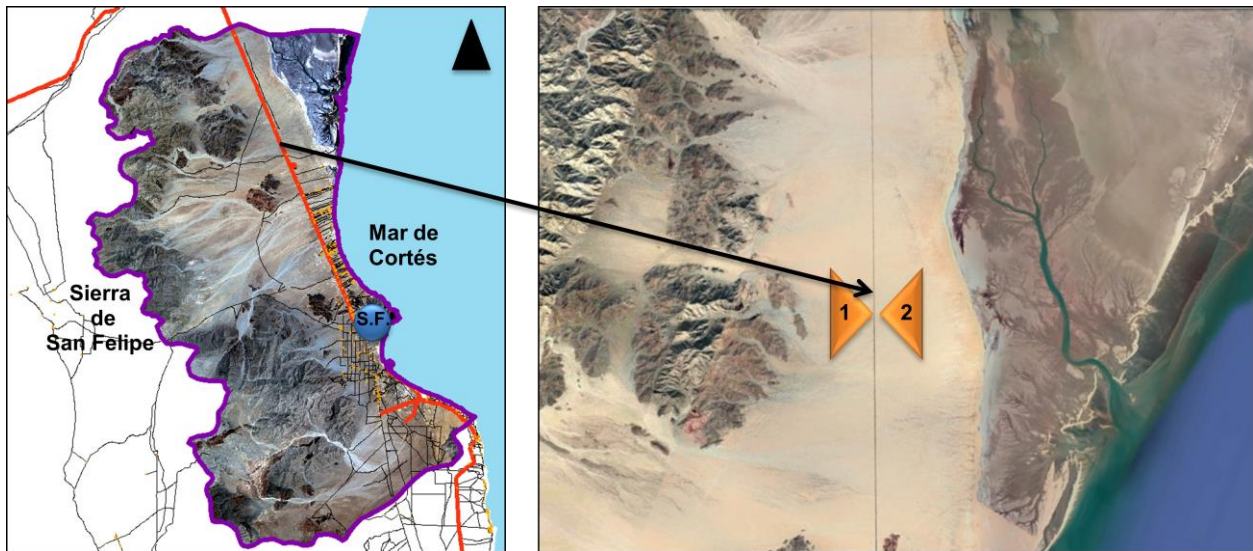
C1a.-Falda de Cerro con vegetación natural de matorral sarcocaulis. Esta identificada por un color morado y localizada en las faldas del cerro Punta Estrella al Sur de la poligonal.

A continuación de manera grafica y visual se van a explicar cada una de las unidades encontradas, así como los servicios ecosistémicos que cada una de estas unidades provee.

**A1a.** Planicie con vegetación natural y matorral subinerme. Este elemento se puede apreciar en la Figura 35. A1a

Figura 35. A1a

Croquis de Localización



Visuales

1



Fuente: Imagen propia (06/2020)

2



Fuente: Imagen obtenida de Google Earth Pro (09/2009)

Análisis Visual.

En esta unidad prevalece la vegetación arbustiva y herbácea, lo que provoca un contraste entre los manchones de color verde opaco de la vegetación y la arena que conforma el suelo. Predominan los colores ocres. En la visual 1, hacia la sierra, se pueden apreciar tres planos dimensionales, el lejano que es la sierra, el medio que son los cerros y el cercano que es la vegetación natural. En la visual 2, hacia el mar, se encuentra el mar de Cortés, en el

plano medio, los esteros y en el cercano, la vegetación natural. Predomina la horizontalidad dentro de estas visuales.

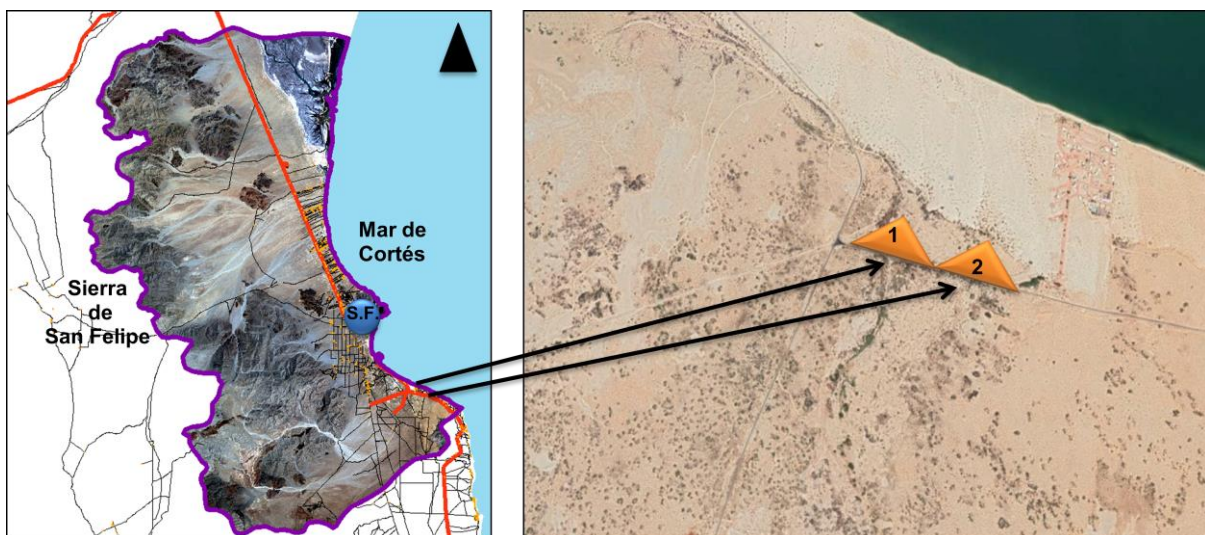
#### Usos y Funciones.

De acuerdo a CONABIO (2020a) dentro de la vegetación de matorrales se pueden encontrar todos los servicios ecosistémicos mencionados por De Groot, et al. (2002), empezando por el de regulación que se encarga de sistematizar nutrientes, realiza polinización y control biológico. También está el servicio de hábitat que sirve como refugio y criadero de especies endémicas. El servicio de producción existe porque se puede producir con la vegetación, alimentos, combustibles, textiles, medicina y utilizarla como plantas ornamentales. El último servicio encontrado en esta unidad es el de información, porque esta zona puede ser soporte para actividades culturales, científicas y educativas. A pesar de que se encuentran los cuatro servicios mencionados De Groot, et al. (2002). dentro de esta unidad los que más resaltan son los servicios de hábitat e información, el primero es por el estado natural del sitio y por albergar especies tanto endémicas como nativas de la comunidad vegetal, siendo un ecosistema propio del clima árido. Sirve de estancia y de paso para ciertas especies animales provocando un flujo entre unidades. El servicio de información cobra relevancia al ser una comunidad vegetal propia del desierto, esta ofrece aquella información necesaria para poder conocerla y apreciarla.

**A1b.** Planicie con vegetación natural y con una comunidad vegetal halófila, xerófila. Este elemento se puede apreciar en la Figura 36. A1b

Figura 36. A1b

Croquis de Localización



Visuales: 1



2



Fuente: Imágenes propias (06/2020)

### Análisis Visual.

Esta unidad está representada en su mayoría por herbáceas de poca altura, sobre arena más blanca, este color es debido a su alto contenido en sales; predomina la horizontalidad en el paisaje. Se pueden apreciar tres planos principales, el lejano que es la sierra; el medio, que es la vegetación natural de matorral subinerme y la cercana que es la vegetación propia de esta comunidad. Lo que distingue entre la vegetación halófila-xerófila y matorral subinerme, son dos características, la primera es la altura, puesto que a pesar que el matorral subinerme no tiene una altura considerable, es más alto que la vegetación halófila y la segunda característica es el color, puesto que en el matorral predomina el verde opaco, mientras que en la vegetación halófila predomina un verde cenizo. Otro punto relevante es el contraste en las zonas con agua, debido a la presencia de especies arbóreas, contra las herbáceas predominantes, tanto en altura como en color.

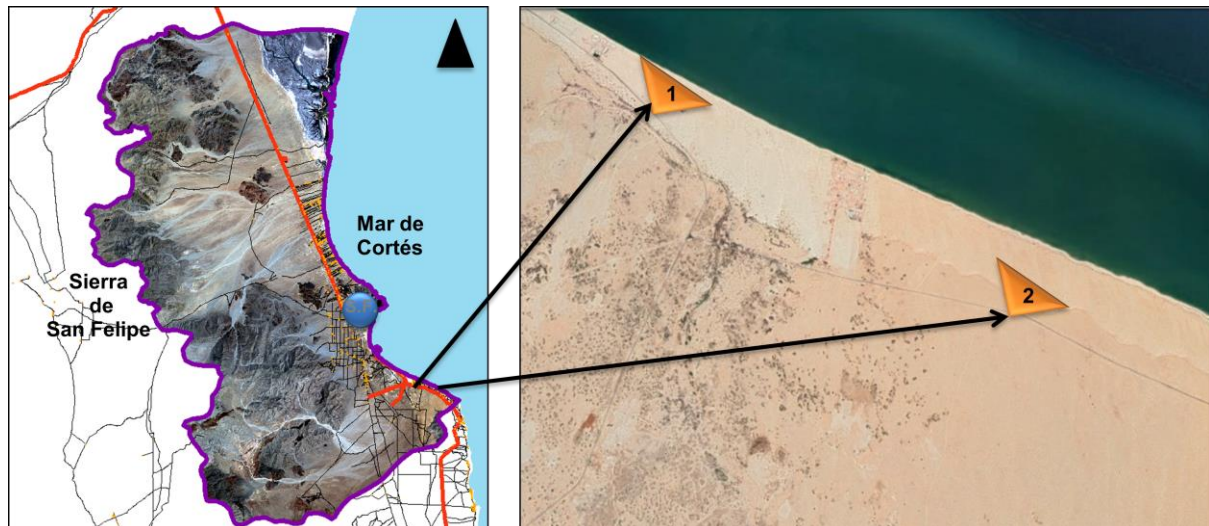
### Usos y Funciones.

Al igual que la vegetación de matorral subinerme tiene servicios ecosistémicos de hábitat e información por ser una vegetación propia de esta comunidad vegetal y al mismo tiempo tener características particulares como el exceso de sal. Dentro de esta unidad, se pueden apreciar los lugares donde existen escurrimientos, caminos de agua naturales y terrenos de inundación, porque son zonas de transición con especies arbóreas, siendo un flujo continuo que viene desde la sierra hasta el mar.

**A1c.** Planicie con vegetación natural y con vegetación de dunas costeras. Este elemento se puede apreciar en la Figura 37. A1c

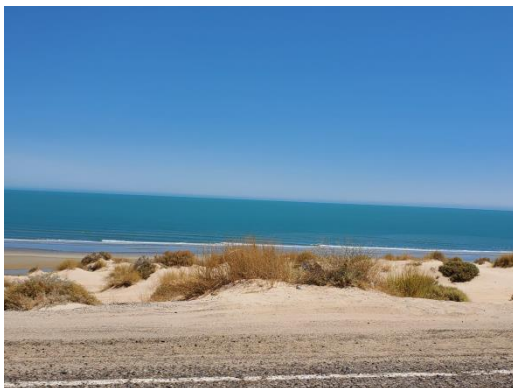
Figura 37. A1c

Croquis de Localización



Visuales

1



2



Fuente: Imágenes propias, (06/2020)

Análisis Visual.

Al ser dunas costeras vivas, el primer contraste que se puede apreciar es el blanco de la arena con el color del mar. Dentro de los planos, el lejano es el mar y el cercano son las dunas. Sobre la arena blanca existen contrastes con pequeños manchones de vegetación rastrera o fijadora para impedir el arrastre de la misma. Sigue predominando la horizontalidad en el paisaje, esta unidad se caracteriza por no ser recta, es decir por tener ondas que son las que forman las dunas.

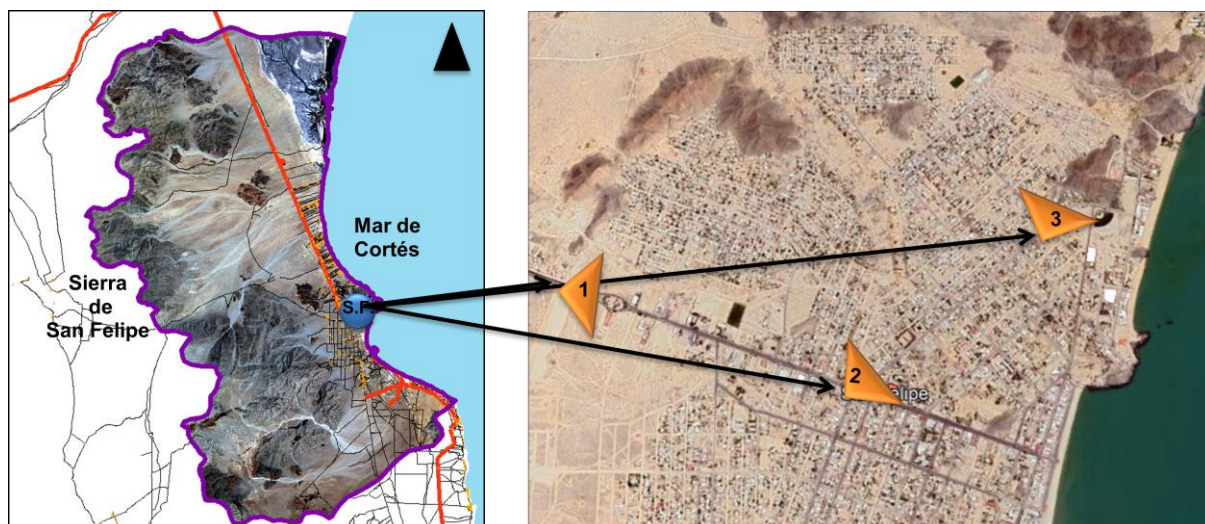
## Usos y Funciones.

Una de las funciones principales que caracterizan esta comunidad vegetal es el de regulación por que se comportan como barreras de las corrientes de viento, logrando que el viento disminuya su velocidad, lo que impide que la salinidad se introduzca de una manera agresiva hacia el ecosistema terrestre. Además, esta comunidad también tiene un servicio de hábitat, tomando en cuenta que la vegetación existente es considerada pionera o fijadora. (CONABIO, 2020b)

**A2a.** Planicie con actividad complementaria urbana. Este elemento se puede apreciar en la Figura 38. A2a

Figura 38. A2a.

Croquis de Localización



## Visuales

1



2



3



Fuente: Imágenes propias (06/2020)

### Análisis Visual.

El uso urbano en San Felipe B.C. se caracteriza construcciones, en su mayoría de un nivel, máximo 2. En avenidas principales generalmente están pavimentadas, calles secundarias con tierra y vegetación arbórea introducida, la cual contrasta con la vegetación natural existente, tiene como remates visuales tanto los cerros de la Sierra La Abandonada, como el mar de Cortés.

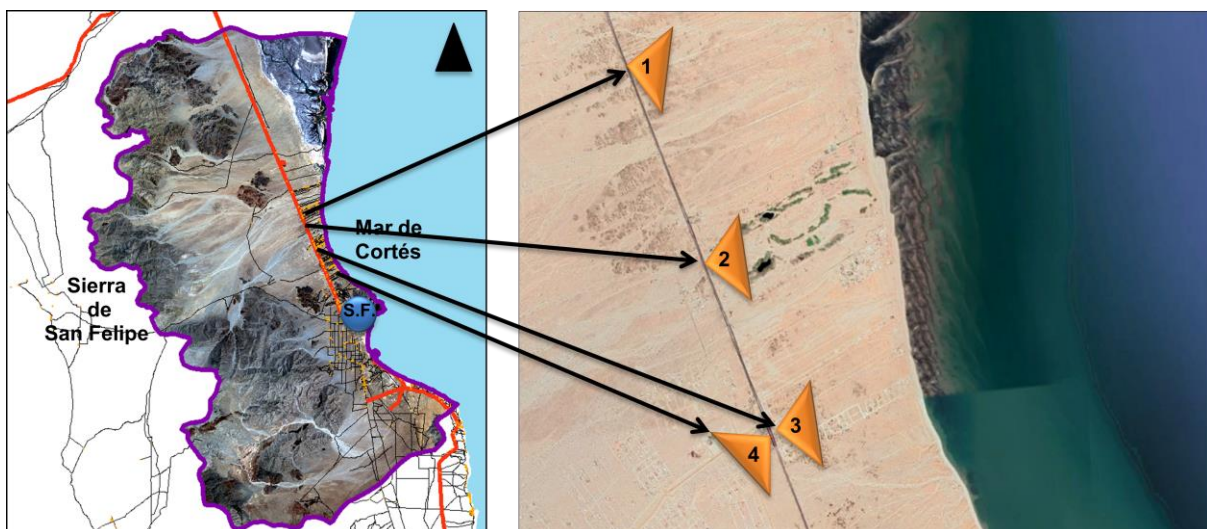
### Usos y Funciones.

Al ser un ecosistema urbano debería fomentar y promover los servicios ecosistémicos del hábitat donde está inmerso, sin embargo, la manera en cómo se lleva a cabo la urbanización de la zona, genera un conflicto porque no se entiende el tipo de desierto particular en el que está inmerso. En las zonas turísticas como en la ciudad predominan el uso de especies introducidas, estas en lugar de brindar un beneficio, pueden generar un problema ambiental mayor, como la introducción de plagas hacia la vegetación natural.

**A2b** Planicie con actividad complementaria periurbana. Este elemento se puede apreciar en la Figura 39. A2b

Figura 39. A2b.

Croquis de Localización



## Visuales

1



2



3



4



Fuente: Imágenes propias (06/2020)

### Análisis Visual.

Esta unidad se caracteriza por tener asentamientos humanos dispersos, en su mayoría los que tienen vista hacia el mar son infraestructura turística. Como en la visual 1, construcción nueva que rebasan los dos niveles promedio que se estaban utilizando, La visual 2 se observa la vegetación introducida parte de la infraestructura turística, la visual 3 Servicios para turistas y la visual 4. Área vivienda periurbana. No cuentan con todos los servicios urbanos y no forman parte de la mancha urbana. Del mismo modo que en el área urbana predominan las construcciones de uno a dos niveles. En el área turística la mayoría de las construcciones se caracterizan por mimetizarse con la naturaleza, con colores similares al entorno donde únicamente resaltan los techos y predomina la horizontalidad en el paisaje, exceptuando las nuevas construcciones. En las zonas donde hay servicios y no son parte de infraestructura turística, tienen elementos verticales contruidos, como letreros, que logran sobresalir ante el paisaje natural y sobreponerse ante la horizontalidad del paisaje y en el area de vivienda periurbana, calles de terracería, amplias, construcciones dispersas en grandes

terrenos, vegetación introducida. En cuanto a los planos, únicamente se puede apreciar como plano lejano el mar de Cortés y como plano cercano la vegetación natural erosionada en conjunto con las construcciones existentes.

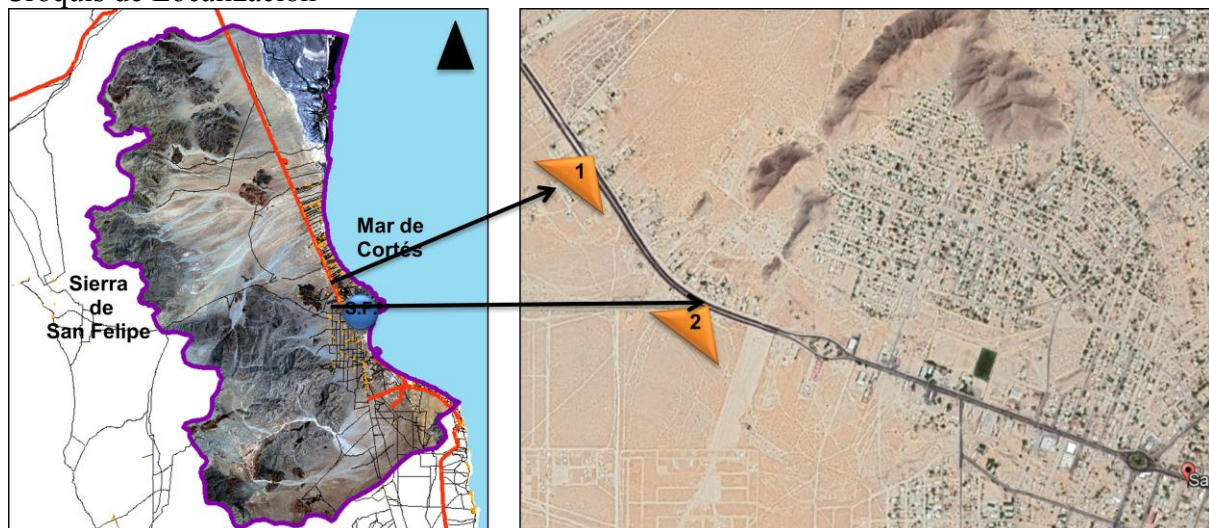
#### Usos y Funciones.

En cuanto a los usos y funciones de esta unidad, es similar a la urbana ya que desplazan o eliminan a la vegetación natural original por construcciones y vegetación introducida. Por lo tanto no permite de una manera correcta que se lleven a cabo los servicios ecosistémicos que se podrían generar

**A2c.** Planicie con actividad complementaria de pastizal inducido. Este elemento se puede apreciar en la Figura 40. A2c

Figura 40. A2c.

Croquis de Localización



Visuales: 1



Fuente: Imágenes propias (06/2020)

2



Fuente: Imágenes de Google Earth Pro (09/2009)

### Análisis Visual.

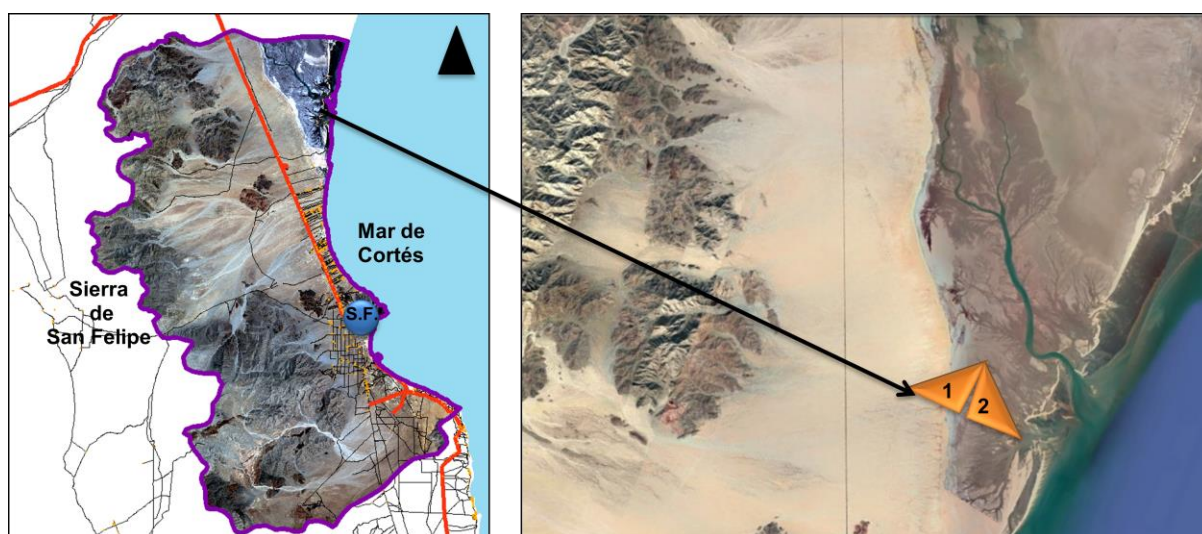
Esta unidad se caracteriza por tener un terreno erosionado y degradado, con escasa vegetación, donde existen caminos de tierra existentes. Predominan los colores ocres. En cuanto a visuales se pueden apreciar tres planos, el lejano con la sierra, el medio con vegetación natural y el cercano con escasa o nula vegetación

### Usos y Funciones.

Al ser un ecosistema degradado promueve en una mínima cantidad los servicios ecosistémicos. Sin embargo, al no tener construcciones permanentes, puede ser adecuado de tal manera que si los genere y produzca beneficios para la población.

**A3a.** Planicie sin vegetación con esteros. Este elemento se puede apreciar en la Figura 41. A3a.

Figura 41. A3a  
Croquis de Localización



Visuales: 1



2



Fuente: Imágenes propias (06/2020)

### Análisis Visual.

Grandes terrenos de inundación, donde predominan los colores cafés claro de la arena con una mezcla de blanco que representa la sal, estos terrenos contrastan en alturas y en color con la vegetación circundante. En cuanto a los planos se tiene en primer plano los terrenos, en segundo plano la vegetación natural de matorral subinermes, en cuanto a la visual 1 el plano lejano es la Sierra y en la visual 2, el plano lejano es el mar

### Usos y Funciones

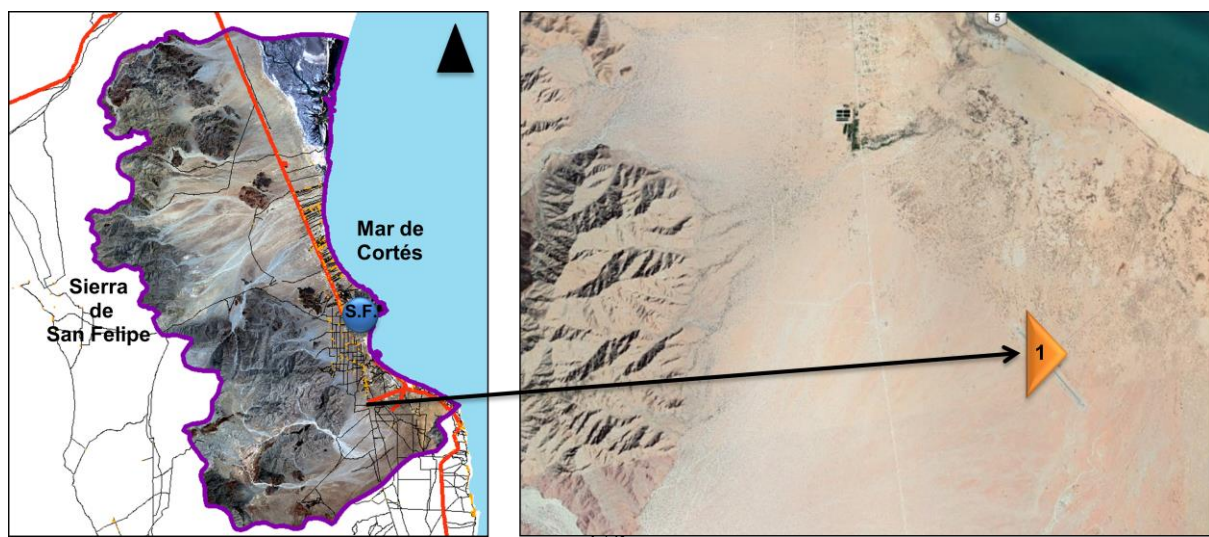
El servicio eco sistémico predominante es el de regulación por la infiltración del agua de mar y de producción, por la sal y por que se puede realizar alguna actividad de crianza de pescado.

La unidad B corresponde a los cerros y únicamente tiene una subunidad representada por el número. 1. Que corresponde a la vegetación natural de desierto, dependiendo al subtipo que se encontraba dentro de esta forma de relieve, los modificadores fueron los matorrales inermes que les corresponde la letra a, con la clave B1a y los matorrales subinermes, a los cuales le corresponde la letra b, teniendo como clave B1b. Dentro de esta unidad, se puede apreciar que todos los cerros aislados corresponden a ser un matorral inerme, es decir donde predominan las plantas con espinas, mientras que en la sierra en su mayoría se encuentran los matorrales subinermes, es decir aquellos sin espinas. Por lo tanto de acuerdo a sus claves se explican de la siguiente manera

**B1a.** Cerros con vegetación natural de matorral subinermes Este elemento se puede apreciar en la Figura 42. B1a

Figura 42. B1a .

Croquis de Localización



## Visuales

1



Fuente: Imagen propia (06/2020)

### Análisis Visual.

Debido a la difícil accesibilidad a la sierra de San Felipe, la visual más cercana que se pudo obtener fue desde el aeropuerto de San Felipe. Por lo tanto en esta visual podemos apreciar en primer plano la vegetación predominante de matorral subinerme que contrasta con el cubresuelos que es la arena teniendo la vegetación colores verdes brillantes y opacos, en el segundo plano, también se observa una capa de vegetación natural y hasta el tercer plano se observa la Sierra, debido a la lejanía no se puede distinguir la presencia de vegetación en ella mas sin embargo, resaltan las texturas que la conforman, como lo son las luces y sombras sobre todo en los escurrimientos.

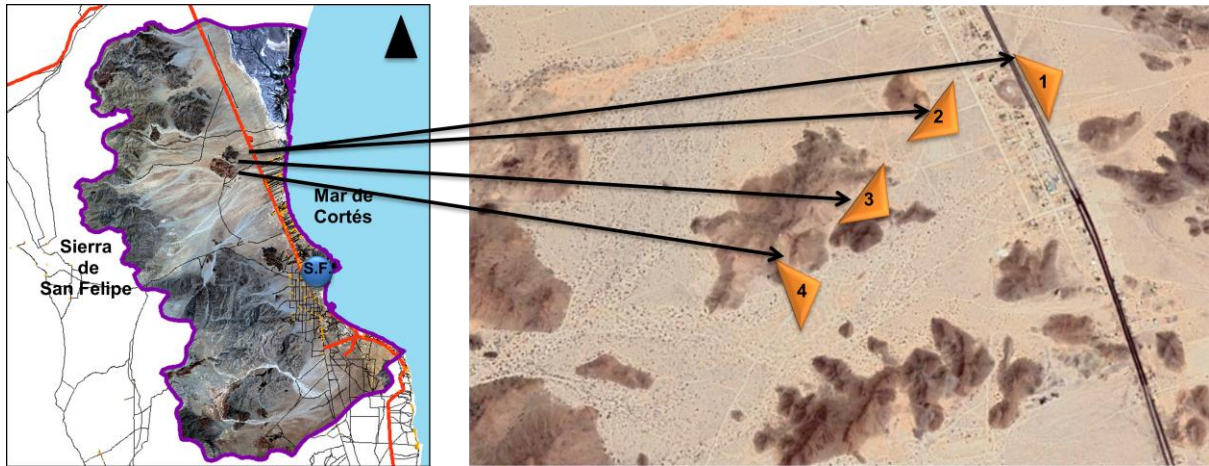
### Usos y Funciones

Los servicios ecosistémicos que esta zona provee es de regulación por la riqueza de las formas de relieve que conforman los escurrimientos y cañadas que logran estabilizar la temperatura y propician la llegada de diferentes especies animales, otro servicio con el que cuenta en con el de información por la importancia de la era geológica y la antigüedad de la misma sierra, se puede aprender como a actuado el paso del tiempo sobre esta zona.

**B1b.** Cerros con vegetación natural de matorral inerme Este elemento se puede apreciar en la Figura 43. B1b

Figura 43. B1b

Croquis de Localización



Visuales

1



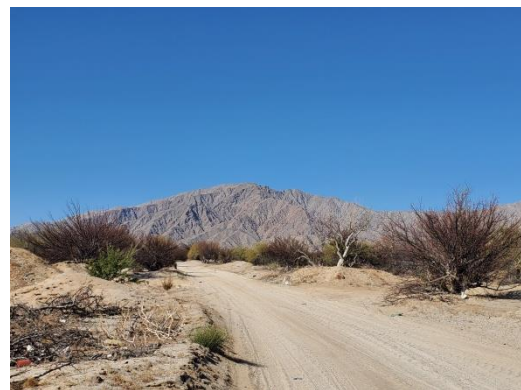
2



3



4



Fuente: Imágenes propias (06/2020)

### Análisis Visual.

En teoría de acuerdo a INEGI estos cerros son con vegetación natural de matorral inerme, es decir donde predominan las plantas espinosas, sin embargo de acuerdo a las visuales se puede apreciar que los cerros tienen el material de origen aparente y poco consolidado, con vegetación escasa sobre ellos. En la visual 1 resaltan los elementos construidos de tuberías, sobre todo por el color del cual fueron pintados. Se aprecian especies espinosas en la planicie pero en muy poca proporción como se puede observar en la visual 2. En la visual 3 se puede observar que la falda del cerro y la planicie además de tener suelo erosionado está contaminado con basura de gran tamaño, el material del cerro tiene un contraste entre la textura, debido a que las partículas más grandes tienen un color café oscuro mientras que las partículas más pequeñas tienen un color café claro. En la visual 4 se observa la vegetación natural de matorral subinerme que resalta por el contraste de color café cobrizo, con la arena café claro se encuentra el cerro donde no se puede apreciar vegetación aparente.

### Usos y Funciones

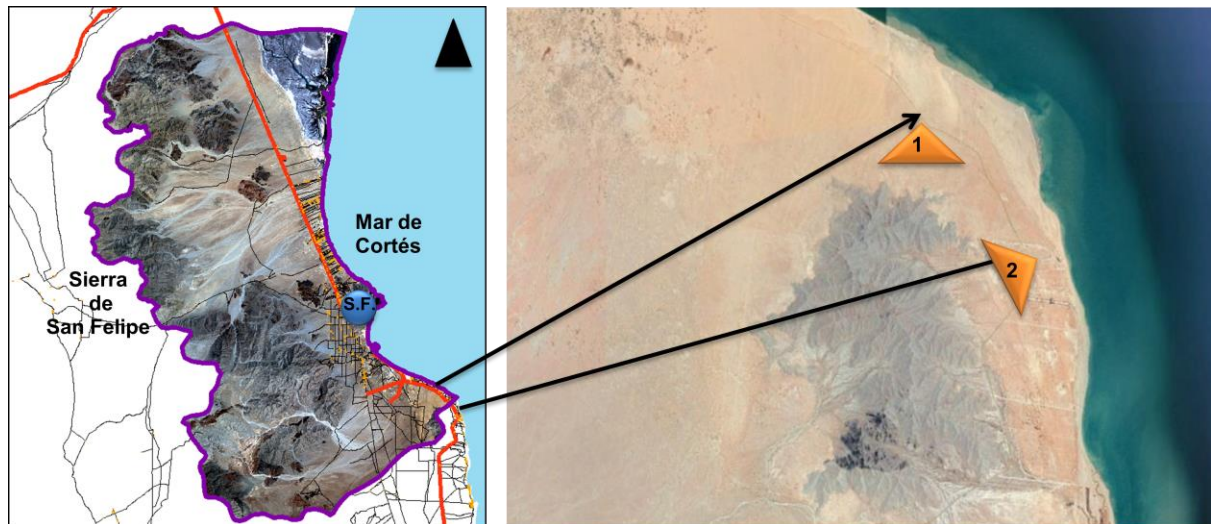
En cuanto a los servicios ecosistémicos que se generan en esta zona, predominan los de información para entender la constitución de cada uno de los cerros desde su formación geológica, también tiene servicio de hábitat por la presencia de vegetación natural. Sin embargo si la gente tuviera mas conciencia de la importancia de los elementos naturales que conforman el paisaje, no los utilizaría como basureros y además podrían generar un mayor número de beneficios ecosistémicos

Por último se encuentra la unidad C, que corresponde a la faldas de los cerros, el numero 1, se refiere a la vegetación natural desértica y la letra a, que corresponde al matorral sarcocaula, teniendo como clave C1a, en este caso solo se utilizó una subunidad y un modificador para este tipo de forma de relieve; porque era el que marcaba un cambio considerable dentro del paisaje, mientras que dentro de las faldas de los otros cerros y de las sierras por las grandes extensiones, no había una distinción considerable entre la falda del cerro y la planicie con vegetación de matorral.

**C1a.** Falda de Cerro con vegetación natural de matorral sarcocaula. Este elemento se puede apreciar en la Figura 44. C1a

Figura 44. C1a

Croquis de Localización



Visuales

1



2



Fuente: Imágenes propias (06/2020)

Análisis Visual.

Cambio en color en la cobertura de suelo dentro de la falda del cerro, debido a que en lugar de predominar el color arena, predomina el color verde claro, la cual se puede apreciar en la visual 1, donde en el plano cercano tenemos a la vegetación natural, en segundo plano esta el verde de la vegetación de la falda del cerro y en tercer y último plano esta el cerro Punta estrella. En la visual 2 se puede apreciar que entre mas cerca del cerro la vegetación comienza a tener mas altura, por lo tanto existen verticales predominantes que permean la visual. Son herbáceas de grandes alturas que pueden llegar hasta 4m, (CONABIO, 2020 a)

Los colores que resaltan son verdes más brillantes. En la cobertura de suelo predominan herbáceas y poco suelo desnudo.

### Usos y Funciones

Esta es una de las unidades más ricas en cuanto a servicios ecosistémicos, ya que posee al menos tres de los que mencionan tanto CONABIO (2020a) como De Groot, et al. (2002), siendo servicios de regulación, información y hábitat. Acerca del servicio de producción, a pesar de que es una comunidad vegetal rica en especies, están protegidas y no es permitido utilizarlas para otros fines.

Hasta este punto ya se realizó el análisis estructural y visual del paisaje, por medio de los mapas temáticos digitalizados de INEGI, las imágenes *Landsat 8*, imágenes de Google Earth, de *street view* y recorrido al sitio. Con estos elementos se entiende la estructura, los usos y las funciones de las áreas naturales y urbanas. Sin embargo, falta determinar la relación que brinda la vegetación en el sitio, para entender esta relación en el siguiente apartado se realizan los procesos pertinentes.

### **5.3. Analizar la relación existente entre paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C.**

Una vez que se entiende de manera visual y espacial el paisaje, gracias a las unidades de paisaje, se debe recordar que el objetivo final de esta investigación es encontrar una Infraestructura verde, por lo que la vegetación es el elemento que va a ayudar a encontrar los lugares adecuados para la misma infraestructura, porque es un elemento que puede unir o dividir las áreas, determinando la relación existente entre los tipos ,coberturas y densidad de vegetación, gracias a los procesos que se elaboraron con Arcmap 10.5 (ESRI, 1999), los cuales son la Clasificación de Imágenes Satelitales y en el NDVI.

En la clasificación supervisada que se muestra en la figura 18. Clasificación Supervisada, la cual se encuentra en el apartado de aplicación metodológica. Es la que muestra el tipo de cobertura que tiene el área de estudio. Se puede apreciar que en la parte de las sierras y los cerros predomina la cobertura de roca aparente, teniendo parches de vegetación, sobre todo en las áreas que se encuentran los escurrimientos. En la planicie ubicada entre la sierra de San Felipe y el cerro El Colorado, que de acuerdo a INEGI (2013-2018) tiene por nombre: llano El Moreno, dentro de la zona del desierto es en donde se puede apreciar la cobertura vegetal con parches más grandes de vegetación que de suelo desnudo.

Entre la sierra de San Felipe y la población se encuentran grandes y pequeños parches de vegetación además de grandes y pequeños parches de suelo desnudo. Al extremo Sur de la poligonal, entre las sierras y el cerro Punta Estrella, es en donde la cobertura vegetal esta mas uniforme, siendo áreas con vegetación más grandes que las otras que existen dentro del área que se está trabajando.

En cuanto al otro proceso que se menciona para analizar la vegetación, es el NDVI, la cual se explica en la Figura 19. NDVI. Se encuentra en el apartado de aplicación metodológica. Con este proceso el software de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), indica la densidad y el estado de la vegetación existente. Se debe recordar que este análisis se realizó sobre una imagen satelital a la cual se le removieron tanto carreteras y caminos como áreas periurbanas y urbanas; por lo que las mismas también se considerarían áreas sin vegetación; otras zonas que muestra la Figura 19. Sin vegetación, se encuentran en los cauces que tienen los esteros de introducción de agua salina; representadas por color café. El siguiente valor que se puede apreciar son zonas con poca vegetación, representadas por un color verde claro, éstas abarcan la gran mayoría de la poligonal desde el Norte al Sur. Consecutivamente el valor que sigue, representado por un verde un poco mas oscuro, se refiere a aquellas zonas donde se encuentra mayor vegetación arbustiva, que se encuentran en el llano El Moreno, cercano a la carretera y al mar, donde está la periurbe. Destaca la presencia de estas zonas con mayor vegetación arbustiva y mayor densidad al extremo Sur de la poligonal, entre las sierras y el cerro Punta Estrella. El último valor que se muestra se refiere a la vegetación más densa, este tipo de valor por la escala no se logra apreciar su ubicación, sin embargo se encuentra localizado rodeando la planta de tratamiento de aguas, localizada al Sur del poblado

### ***5.3.1. Resumen de Vegetación***

Para tener un resultado general de este apartado, se elaboró un mapa resumen que es la interpretación de los dos procesos realizados, los cuales son la clasificación supervisada y la obtención del índice NDVI, esto es para poder conseguir un solo mapa ya que el mapa resumen dentro de la siguiente etapa es una de las bases indispensables para realizar la zonificación de Infraestructura verde, en San Felipe B.C de manera justificada. A continuación se muestra la Figura 45. Resumen de vegetación.

**Simbolología**

- Poligonal de Estudio
- Mar\_de\_Cortés
- curvas\_6\_\_merge      vegetación
- 2 Cerro + Suelo desnudo
- 3 Vegetación

The map displays a study area outlined by a thick purple polygon. The terrain is color-coded: tan for bare ground and hills (category 2) and green for vegetation (category 3). Brown contour lines represent elevation at 60m intervals. The area is bordered by the Gulf of California (Mar de Cortés) to the east. Key locations labeled include San Felipe (Sierra), Santa Rosa (Sierra), Puntos Estrella (Playa), and various smaller settlements like El Moreno and San Felipe (Cerro). A north arrow is located in the upper right corner.

Fuente: Elaboración propia con base en *Landsat 8* (USGS, 2019 Y 2019a)

Para elaborar la Figura 45. Resumen de Vegetación, se realizó el mismo proceso utilizado en el objetivo 1, cuando se hicieron los mapas de identificación de zonas que poseen mayores beneficios ecosistémicos. Teniendo como resumen el de conservación y vulnerabilidad. Siguiendo los pasos de la sobreposición ponderada, los datos introducidos fueron los *rasters* obtenidos tanto en la clasificación supervisada como en el NDVI, donde en el porcentaje de influencia se colocó 50 para cada uno, puesto que se considera tienen la misma relevancia dentro de este objetivo. Se utilizó el proceso de *Weighted Overlay*, en la opción del rango elegido fue del 1 al 3, puesto que con este rango se realizó la calificación de cada elemento encontrado. Donde el 1 son las zonas donde indica la presencia de agua y de zonas sin vegetación, en este caso ubicadas en los esteros. El número 2 son zonas relevantes y de importancia paisajística sobre todo para este ecosistema, que son los cerros y el suelo desnudo. No obstante el objeto de estudio que resulta más relevante es la vegetación, razón

por la cual tiene el mismo nombre en ambos procesos y por lo tanto se le dio la calificación más alta.

En la Figura 45. Se pueden apreciar 3 grandes zonas, la primera es la de Agua + Zonas sin vegetación, la cual se encuentran únicamente en los cauces que tienen los esteros de introducción de agua salina. La segunda zona es el Suelo + Cerro Desnudo, este se ubica en las sierras, en los cerros, y en parches a lo largo del desierto. Por último está la tercera zona que es la que se refiere a la vegetación, se encuentra donde se une la cobertura y la densidad vegetal. Teniendo una presencia más evidente sobre el llano El Moreno y al extremo Sur de la poligonal, entre las sierras y el cerro Punta Estrella.

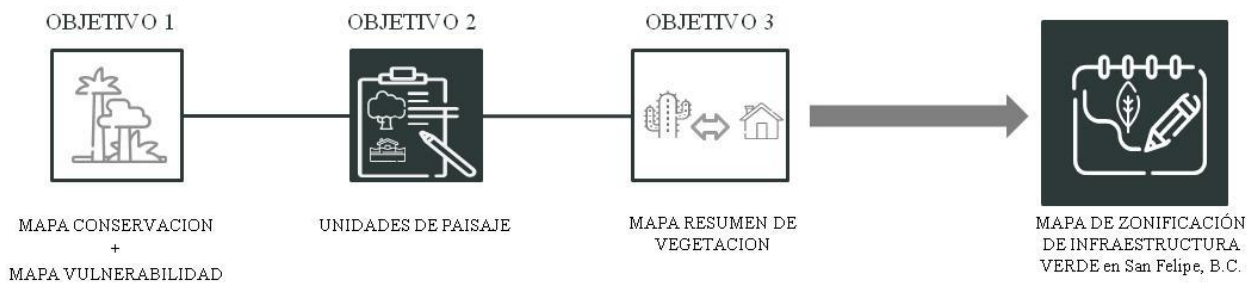
En cuanto a la relación que se puede observar en la Figura 45. Es que la vegetación une las zonas elevadas entre sí, como las sierras y cerros, además de unir las sierras con el mismo mar, esta última relación se corta por la presencia de infraestructura (la carretera federal No.5). Por lo tanto ya se encontró como actúa el territorio, en cuanto estructura con los mapas de conservación y vulnerabilidad, usos y funciones con el mapa de unidades de paisaje y la relación con el mapa resumen de vegetación. Por lo cual se va a concluir con el proyecto de zonificación de infraestructura verde y recomendaciones generales para lograr este proyecto de investigación.

#### **5.4. Proponer una estrategia para incluir la zonificación de Infraestructura verde dentro de los lineamientos de una política pública**

##### **5.4.1. Zonificación de Infraestructura verde basada en los principios de la Ecología de Paisaje en San Felipe, B.C.**

En primer lugar uno de los resultados generales de esta investigación es la zonificación de infraestructura verde, la cual se realiza analizando los resultados finales de cada objetivo. El primer objetivo es: Analizar la estructura del paisaje natural de San Felipe, B.C. en este objetivo se tienen como productos finales dos mapas, el de conservación y el de vulnerabilidad. El segundo objetivo es: Describir los usos y funciones que presenta el paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C. aquí el producto final es el mapa de Unidades de Paisaje. El Tercer objetivo es: Analizar la relación existente entre paisaje natural y urbano de San Felipe, B.C., en este último objetivo, su producto final es el mapa resumen de vegetación. Como se puede apreciar en la figura 46. Obtener mapa de zonificación.

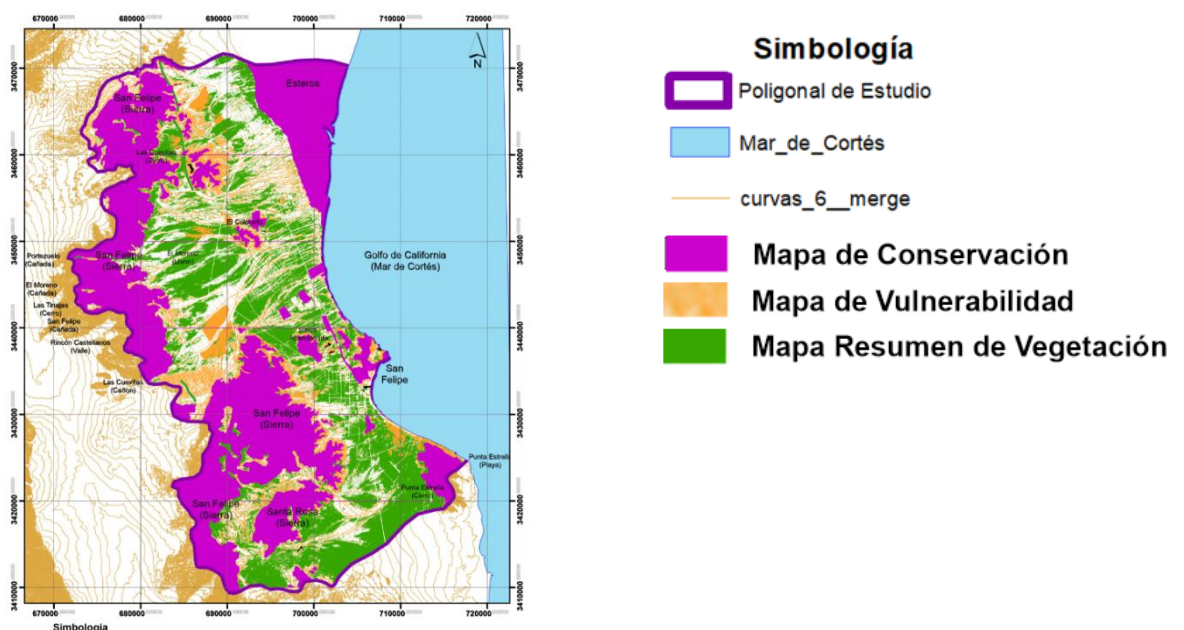
Figura 46. Obtener mapa de Zonificación.



Fuente: Elaboración propia con base en Photoshop.

En la Figura 46. Se observa que la suma de estos factores va a dar como resultado el mapa de zonificación de Infraestructura verde. Para poder realizar esta suma, se utilizó el Programa de *Photoshop*. En este programa se utilizaron los mapas obtenidos de ArcMap 10.5 (ESRI, 1999), exportados en formato pdf. De este modo se pueden editar en *Photoshop*, teniendo cada elemento como un *layer* diferente; primero se resaltaron los elementos de cada mapa que eran imprescindibles para la zonificación, después se utilizaron transparencias para apreciar la interacción de todos los elementos. Se obtuvo la figura 47. Primera etapa de Infraestructura Verde.

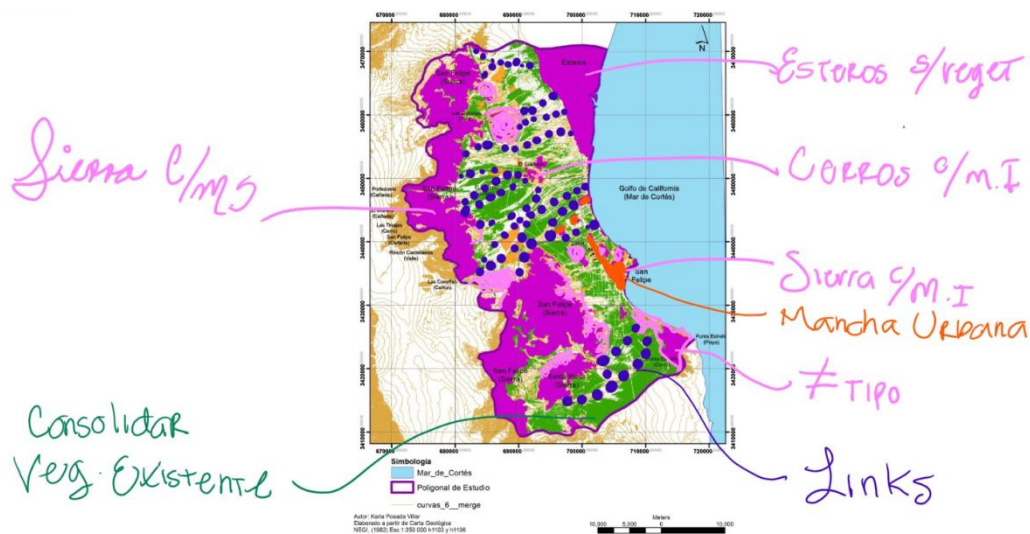
Figura 47. Primera etapa de Infraestructura Verde



Fuente: Elaboración propia con base en Photoshop.

En la Figura 47. Se aprecia cómo interactúan de manera conjunta los elementos de: Mapa de conservación, Mapa de Vulnerabilidad y Mapa de Vegetación. Al tener esta figura, se realiza la Figura 48. Primer Croquis. En donde se determinan los elementos que van a formar la Red de Infraestructura Verde en San Felipe, B.C., esta red está formada de acuerdo a Benedict, y McMahon (2002), por *Hubs* y *Links*; entendiéndose que los Hubs, son los parches y los links, los corredores que conforman la infraestructura verde.

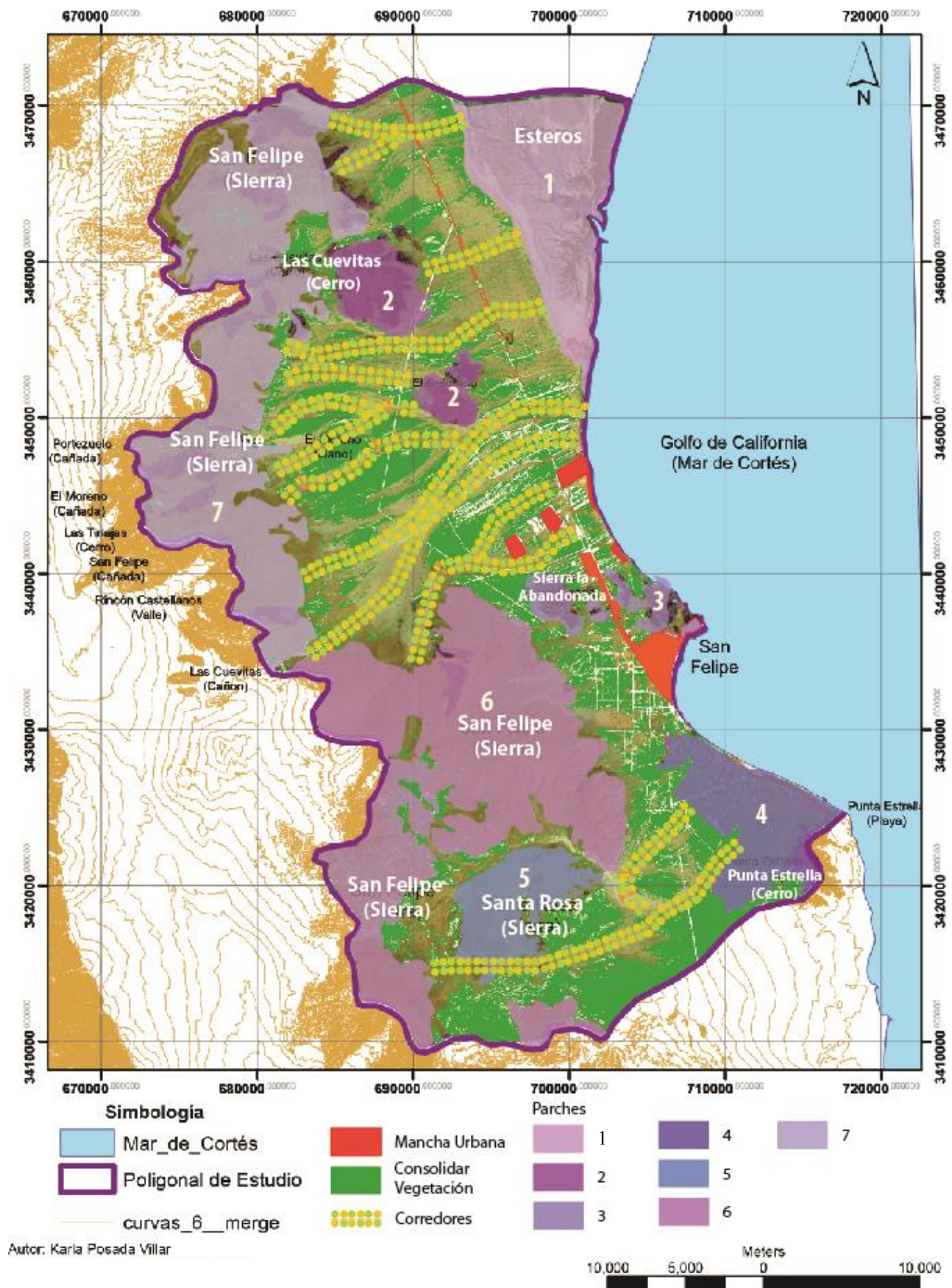
Figura 48. Primer Croquis



Fuente: Elaboración propia con base en Photoshop.

En la Figura 48. Se determinaron los *hubs*, es decir los parches, de acuerdo a como actúan en el paisaje, por lo que se utilizaron las unidades de paisaje para diferenciar los parches existentes, determinando las unidades más visibles como la forma de relieve y la vegetación. Estos *hubs* se conforman por la unión de los elementos más aptos para conservar y los elementos que representan una mayor vulnerabilidad. Los *links*, es decir, los corredores, se muestran en líneas punteadas, las cuales representan los escurrimientos que el mapa de vulnerabilidad expone, Una vez determinada la vocación de cada lugar, ya se puede proceder a plasmar la Red de Infraestructura Verde, que se muestra en la Figura 49. Red de Infraestructura verde.

Figura 49. Red de Infraestructura verde



Fuente: Elaboración propia con base en Illustrator

En la Figura 49. Esta plasmada la zonificación de la Red de Infraestructura verde para San Felipe B.C. donde se busca unir los parches por medio de los corredores. Se determinaron siete parches principales, diferenciados por tonalidades de morado e identificados por un número, de esta manera se obtienen los siguientes parches: 1. Esteros sin vegetación. 2. Cerros con matorral inerme. 3. Sierra La Abandonada con matorral inerme. 4. Esquina Sureste: cerro, falda de cerro y planicie con cuatro tipos diferentes de comunidades vegetales; matorral sarcocaula, vegetación de dunas costeras, vegetación halófila, xerófila, vegetación con matorral subinerme. 5. Sierra Santa Rosa con matorral subinerme. 6. Sierra de San Felipe con vegetación subinerme. 7. Sierra de San Felipe con predominancia de matorral subinerme y parches de matorral inerme.

Los parches identificados, sobre todo las sierras y los cerros son los lugares más aptos para su conservación y a su vez son los que representan un mayor riesgo de vulnerabilidad. Gracias a las unidades de paisaje se resalto el tipo de vegetación y el tipo de visuales que se va a obtener por en las siete diferentes zonas propuestas. En cuanto a la vegetación se refiere al resaltar la vegetación indicada del mapa resumen lo que se busca es consolidarla, para lograrlo se va a tomar como base las zonas identificadas por medio del índice de vegetación normalizada o NDVI, donde se resaltan los lugares con mayor densidad vegetal y mayor cantidad de la misma. Los corredores se determinaron por medio del mapa de vulnerabilidad y el de unidades de paisaje, donde se identificaron los principales escurrimientos, esto con el fin de realizar una acción específica de reforestación para prevenir el emplazamiento de asentamientos humanos.

#### **5.4.2. Infraestructura verde de San Felipe, B.C. como estrategia dentro de los lineamientos de las políticas públicas**

En segundo lugar se explican las razones por las cuales la zonificación de la Infraestructura verde obtenida puede ser una estrategia real que se ubique dentro de los lineamientos de una política pública ambiental aplicable a la zona de San Felipe B.C. Una política pública de acuerdo a Gutiérrez Velázquez et al. (2017) es una acción que implementa el gobierno a través de programas. Tiene como finalidad solucionar problemas que atañen a la población con estrategias a corto, mediano y largo plazo, estas acciones deben tener un diseño coherente enfocado a un fin particular; sin embargo, los autores subrayan que una deficiencia recurrente en el diseño de políticas públicas es la falta de análisis del contexto territorial. Razón por la cual este trabajo se enfoca en realizar un análisis multiescalar del

contexto de San Felipe B.C. para poder implementar una Infraestructura verde que genera diversos beneficios.

Las políticas públicas que se utilizan en México se realizan a diferentes escalas, la primera es Federal, siendo ámbito de intervención el de la federación, La segunda es estatal, donde cada gobierno del estado es el que propone dichas políticas, la siguiente es municipal y la última es de centro de población, que abarca las soluciones a manera local. Para que esta Infraestructura verde pueda servir como estrategia para integrar los lineamientos de las políticas públicas ambientales, entra dentro del ámbito estatal, del estado de Baja California, en primer lugar por el hecho de que abarca dos municipios Mexicali y Ensenada y en segundo lugar por los mismos beneficios que la Infraestructura verde produce.

De acuerdo a Torres, Vega y León (2009), sumado con los beneficios encontrados dentro de las Unidades de Paisaje, los servicios ecosistémicos que se producirían por la implementación de la Infraestructura verde propuesta para San Felipe B.C. son:

- 1.Regulación: por que influye en la mitigación del cambio climático y adaptación a sus efectos.
2. Hábitat: porque permite la adaptación de las especies de fauna silvestre a las nuevas condiciones ecosistémicas brindándoles mayor confort en cuanto a su movilidad por medio de los corredores.
3. Producción. Se van a producir plantas endémicas y regionales, las cuales van a ayudar a la biodiversidad del sitio y a la protección del ambiente, a su vez que se pueden utilizar como materia prima para generar algún beneficio económico a los habitantes de la región.
4. Información, al reproducir especies propias de la zona, se genera una información más rica de cómo es que el ecosistema desértico actúa en beneficio social.

Tomando en cuenta la zonificación y los beneficios que se producen con la Infraestructura Verde para implementarlos se necesita recurrir a una autoridad, en este caso las que tendrían incidencia con la aplicación de esta propuesta son la Secretaria de Economía Sustentable y Turismo, antes era Pesca Protección al Ambiente y Economía, la Secretaria de Infraestructura Desarrollo Urbano y Reordenación Territorial, además de la Comisión de Servicios Públicos.

En el ámbito jurídico también quedaría sustentada por las diferentes leyes y normas existentes en nuestro país, como lo serían la Ley de Desarrollo Urbano, la Ley de Fomento a la Competitividad, y sobre todo la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al

Ambiente. Incluyendo a la norma fundamental que rige jurídicamente al país: La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 1, 4, 25, 27 y 28, porque son aquellos artículos que tocan el tema ambiental bajo diferentes aspectos.

En los últimos ámbitos mencionados, que pertenecen a las autoridades y a las normas y leyes, se deberá profundizar en etapas posteriores, para que la estrategia de zonificación de Infraestructura Verde esté debidamente justificada para su posterior aplicación y realización; ya que en la fase de Implementación de acuerdo a Gutierrez Velazquez (2017) se deben de poner en marcha los programas de acción con financiamiento gubernamental ya que esta Infraestructura verde está dirigida hacia un espacio geográficamente definido y beneficia a la sociedad de San Felipe B.C.

El objetivo de identificar las zonas resaltadas en la Figura 49 y aquellas estrategias que sirven como base para realizar los lineamientos de una política pública, es llegar a cumplir el objetivo general planteado dentro de este proyecto de investigación: Analizar los elementos fundamentales aplicables a la planeación sustentable de la infraestructura verde para integrar el paisaje natural con el urbano en San Felipe, B. C., desde el enfoque de la Ecología del Paisaje. Donde los conceptos rectores son los que enfatizan la integración que se logra. Por una parte que se busca consolidar el Paisaje, por medio de los elementos del medio físico que lo conforman y las visuales que se destacan. Es desde el enfoque de la Ecología de Paisaje, por que se utilizan los principios de ella, los cuales son estructura, usos y funciones y relación. Es una planeación sustentable por que toma aquellas características ambientales y naturales del sitio para poder determinar la red de Infraestructura verde.

## **Conclusiones**

En este trabajo la conceptualización teórica de los ejes rectores es la que brinda los fundamentos teóricos para poderlos hacer prácticos y aplicarlos de acuerdo a la metodología que se estableció; teniendo así el Paisaje, Ecología de Paisaje, Planeación e Infraestructura verde, como ejes rectores, siendo aquellos elementos imprescindibles para poder entender el medio que rodea la zona de estudio y de este modo caracterizar la parte natural e integrarla con la urbana.

El paisaje es vital para la planeación territorial por que toma en cuenta aquellos elementos tanto físicos como biológicos que lo conforman, incluyendo dentro de los biológicos al ser humano. Todo paisaje conlleva un cambio específico al pasar de los años, al momento en que el ser humano se apodera del paisaje, acelera estos cambios, por lo que al entender el paisaje, también entendemos la evolución del hombre y la cultura que lo ha habitado.

Para poder profundizar en el paisaje se necesita tener bases claras de cómo se van a realizar estas actuaciones sobre él, por lo que la Ecología de Paisaje es aquella disciplina que expone las bases sólidas para intervenirlo. Porque explica el paisaje de manera vertical como horizontal, exponiendo las causas que dan la heterogeneidad en el mismo, ya que identifica y analiza todos los componentes y fenómenos que se llevan a cabo así como sus interrelaciones.

Al ser este un proyecto de paisaje, de un programa enfocado en la planeación se determino que gracias a la ecología de paisaje se desarrollo una nueva manera de planear conocida como la planeación de infraestructura verde, esta incluye a todos los componentes del paisaje como parte del territorio, ya que con ellos permite desarrollar una red que actúa como recurso multifuncional, exponenciando los beneficios ecosistémicos que las zonas naturales proveen al ser humano y consolidando el territorio para garantizar la sostenibilidad del mismo.

Siendo el objetivo principal de este proyecto poder caracterizar e integrar las áreas naturales con las urbanas en San Felipe B.C. la infraestructura verde es el vehículo que se utiliza, porque esta inicia desde el paisaje circundante y se introduce a la zonas urbanas por lo que dentro del área urbana refuerza las características naturales del territorio en el que se encuentra inmerso y así brinda un mayor número de servicios ecosistémicos.

Con los conceptos rectores y los objetivos particulares planteados dentro de este proyecto de investigación se desarrolló una metodología que ayudará a lograr tanto los objetivos principales como el objetivo general y poder llegar a una integración optima entre

el poblado de San Felipe, B.C. y el paisaje en el que está inmerso. La metodología que se desarrollo, Tomaba en cuenta los principios de la Ecología de Paisaje, representados en los objetivos particulares, porque en la primera fase, se busca entender la estructura del medio natural de San Felipe, B.C. en la segunda fase, analizar los usos y funciones del paisaje tanto natural como urbano de San Felipe, B.C. y en la tercera fase analiza la relación que se da dentro del mismo paisaje por medio de la vegetación, logrando así tener las bases adecuadas para poder desarrollar la cuarta fase que es generar una estrategia que permita realizar una zonificación de Infraestructura verde en la zona de estudio.

Por lo que se realizó la caracterización del paisaje natural en San Felipe. B.C. por medio de entender la estructura, usos y funciones y relación de la zona de estudio, obteniendo lo siguiente:

La estructura se realizó por medio del análisis cartográfico digitalizado de INEGI, determinando un área de estudio, la cual es la base para ver aquellos fenómenos que forman el territorio, tales como la Topografía, el Clima, la geología, la hidrología, la edafología, el uso de suelo, la vegetación, las formas de relieve y las pendientes. Con esta información se busco entender la aptitud territorial hacia la conservación y hacia la vulnerabilidad, utilizando la metodología de Mc Harg (2000) con la sobrepocisión ponderada.

Los usos y funciones se determinaron por medio de las unidades de paisaje realizadas de acuerdo a la Guía metodológica de estudio de paisaje (2012), donde se ejecutó una matriz y un plano de unidades de paisaje, en cada una de las zonas identificadas, se explicó cuales eran los servicios ecosistémicos que cada una de estas podía brindar, que de acuerdo a De Groot, et al. (2002), los servicios son de regulación, información, producción y hábitat.

La relación se determino por medio de la vegetación analizada con las imágenes satelitales de la zona de estudio y obteniendo el resultado de dos procesos, el de clasificación supervisada y el de NDVI, donde el primero explica la cobertura vegetal que existe y el segundo la densidad y cantidad vegetal de la zona de estudio, uniendo estos dos procesos en un mapa resumen.

Siendo la estrategia para poder llegar a una infraestructura verde el tener los productos de los primeros tres objetivos para poder realizar el cuarto y así tener como resultado final una red de infraestructura verde, planteando la zonificación.

Esta zonificación muestra los *Hubs* que son las grandes zonas que integran el paisaje natural con el urbano, al momento de plantar mas vegetación con su distancia y especies adecuadas consolidar el paisaje y que al mismo tiempo generen un mayor número de

beneficios ecosistémicos de los que actualmente se están dando. De igual modo los *Links* son los corredores que unen los parches del paisaje y van a servir para realizar la integración que se busca para introducir la riqueza de la zona natural a la urbana.

Recomendaciones<sup>8</sup> que faltarían para poder implementar la Infraestructura verde de San Felipe, B.C. como estrategia dentro de los lineamientos de las políticas públicas:

Consolidar un marco jurídico con a las normas y leyes que sustentan la implementación de la Infraestructura Verde,

Incluir las especies vegetales que conforman el paisaje de los diversos ecosistemas encontrados en la región estudiada.

Establecer un plan de acción para la implementación de la Infraestructura verde en San Felipe B.C. que sea a corto, mediano y largo plazo, tomando en cuenta el mantenimiento de la misma.

Determinar a escala local las diferencias en especies de los ecosistemas existentes en el área de estudio.

Construir una base de datos con información faunística para entender el tipo de especies animales que constituyen la zona de estudio; sin embargo no se encuentra elaborado ningún catalogo de fauna de alguna fuente oficial que pueda servir como base para encontrar y avalar dicha información.

Este trabajo es un análisis ambiental, que explica la caracterización del entorno de San Felipe, B.C. para promover la integración entre el área natural y la urbana, por lo que se puede tomar como base para trabajos posteriores, que ayuden a complementar y justificar las líneas de acción que se decidan sobre San Felipe B.C., tomando en cuenta las principales esferas del Desarrollo Sustentable, faltaría profundizar en el análisis económico y social.

---

<sup>8</sup> Las Recomendaciones no están listadas en un orden específico de acción

## Referencias

- .A. Sánchez, (2019). Definición de Hidrología. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/hidrologia/>
- Agencia ambiental europea, 2014, análisis espacial de Infraestructura verde en Europa. *EEA Technical report* (2). ISSN 1725-2237
- Alejandro Cruz Retana. (25 de Septiembre de 2014). ¿Cómo hacer un mapa de pendientes en Arc Gis 10.2.2?. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=rK4Z39WtS0s>
- Amaya H., C. A. (2005). El Ecosistema Urbano: Simbiosis Espacial entre lo Natural y lo Artificial. *Revista Forestal Latinoamericana*, 37, 1 - 16.
- Amézquita Becerra G., y Pérez Castillo J.N.,( 2009). Servicio Grid para la Clasificación no Supervisada de imágenes satelitales utilizando autómatas celulares. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 19 (2), 59 – 76.
- 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.
- Arias-Vallejo A.M. (2016). Evaluación ecológica y ambiental de las áreas verdes a través de tres escalas: Regional, urbana y de transecto en Mexicali, B. C. (Trabajo de tesis doctoral) Universidad Autónoma de Baja California, México
- Arroyo-Rodríguez, V., Moreno, C. E., & Galán-Acedo, C. (2017). La ecología del paisaje en México: logros, desafíos y oportunidades en las ciencias biológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88, 42-51.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable resources journal*, 20(3), 12-17.
- Bocco, G. (2003). Carl Troll y la ecología del paisaje. *Gaceta ecológica*, (68), 69-70.
- Camagni, R. (2003). Incertidumbre, capital social y desarrollo local: enseñanzas para una gobernabilidad sostenible del territorio. *Investigaciones regionales*, (2). España. Pp. 31-57
- Cantó, M. T. (2014). La planificación y gestión de la Infraestructura verde en la Comunidad Valenciana. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, (43), 215-234.
- Consejo Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, (CONABIO, 2020). Portal de Geoinformación 2020, Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

- Consejo Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, (CONABIO, 2020a). Biodiversidad Mexicana: Ecosistemas: Matorrales. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral>
- Consejo Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, (CONABIO, 2020b). Biodiversidad Mexicana: Ecosistemas: Dunas Costeras. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/dunasCosteras>
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista ecosistemas*, 13(2).
- 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 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 La Fuente, G. (2010) Estudios De Paisaje: Ámbitos De Estudio Y Aplicaciones Prácticas. Madrid, España: Asociación Técnica de Ecología del Paisaje y Seguimiento Ambiental
- Duran, E. et al, (2002). El paisaje en ecología. *Ciencias*. (67), Julio –Septiembre 2002
- El Reglamento de Áreas Verdes para el Municipio de Mexicali, Baja California, (2005)
- Environmental System Research Institute (ESRI, 2016). Función NDVI. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>
- Environmental System Research Institute ESRI (1999). ArcGis Desktop 10.5.0.6491. CA: Environmental Systems Research Institute.
- Feng Li, F. Wang, R. Paulussen, J. Liu, X., (2005). Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*. 72. Pp. 325–336
- Flores-Xolocotzi, R. (2012) Incorporando Desarrollo Sustentable Y Gobernanza A La Gestión Y Planificación De Áreas Verdes Urbanas. *Frontera Norte*, Vol. 24, (48). ,Julio-Diciembre De 2012
- Forman R.T y Gordon M. (1986). *Landscape Ecology*. Estados Unidos de América. John Wiley and Sons, Inc.

- Forman R.T.T., y Gordon M. (1986). *Landscape Ecology*. Nueva York. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal (GODF). Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal. GODF. México. 2000 (13 de enero; última reforma: 17 de septiembre de 2013).
- Gavrilidis, A. A., Niță, M. R., Onose, D. A., Badiu, D. L., & Năstase, I. I. (2019). Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure. *Ecological Indicators*, 96, 67-78.
- González, G. (S.f.). Metabolismo urbano y gestión de recursos. Bioazul
- Google Earth Pro. (09/2009). [Mapa de San Felipe B.C., Baja California, México, Street View].
- Guía Metodológica. Estudios del Paisaje.(2012). *Valencia. España*.
- Gutiérrez, N. S., Velázquez, A., Ayala-Ortiz, D. A., Bocco, G., & Merino, L. F. G. (2017). Implementación del Índice de Condición Forestal (ICF) como un insumo para el diseño de políticas públicas de corte forestal en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2017(92), 74-86.
- Hu, T., Chang, J., Liu, X., & Feng, S. (2018). Integrated methods for determining restoration priorities of coal mining subsidence areas based on green infrastructure:—A case study in the Xuzhou urban area, of China. *Ecological Indicators*, 94, 164-174.
- 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 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 (2014). Diccionario de Datos Edafológicos Escala 1:250 000 (versión 3).
- 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, (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, (1998). Carta de Edafología [Digitalizada]. Escala 1:250 000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, (2005). Guía para la Interpretación de Cartografía Geológica. INEGI. México. p.1.
- 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>
- 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/rig.36568](https://doi.org/10.14350/rig.36568).
- López de Juambelz, R., (2008). Diseño ecológico, aspectos estéticos, formales y técnicos. (Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, programa de maestría y doctorado en Arquitectura). Recuperado de [http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/JNUYLQ5MM8DA8QHPDAN1J76A6GXITE6A5CCUI4X8SLX11BG1ML-22213?func=full-set-set&set\\_number=001257&set\\_entry=000002&format=999](http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/JNUYLQ5MM8DA8QHPDAN1J76A6GXITE6A5CCUI4X8SLX11BG1ML-22213?func=full-set-set&set_number=001257&set_entry=000002&format=999)

- M. E. Raffino, (2020). Concepto de: Eras geológicas. Argentina. Recuperado de: <https://concepto.de/eras-geologicas/>.
- 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, (2013), Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del municipio de Mexicali
- Maderuelo, J. (2010). El paisaje urbano. *Estudios geográficos*, 71(269), 575-600.
- Martín, A. G., Campoy, M. R., & Vázquez, F. E. S. (1994). Topografía básica para ingenieros (Vol. 42). EDITUM.
- Martínez, E. Ortega, N.(2010). El paisaje, valores e identidades. Madrid, España:Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. p.208
- McHarg, I. L. (2000). *Proyectar con la Naturaleza*. México: Gustavo Gil
- Mell, I. C. (2008, June). Green infrastructure: concepts and planning. In *FORUM ejournal* (Vol. 8, No. 1, pp. 69-80).
- Moreira, A. (1996) Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Ciencia y Ambiente*. XII (2). Pp 80 – 86.
- Naveh, Z, Lieberman, A,(1984). *Landscape Ecology theory and application*, Springer, Verlag New York, Capitulo 1. The evolution of the Landscape Ecology.
- Newsome, D., Dowling, R. K., & Moore, S. A. (2013). *Natural Area Tourism : Ecology, Impacts and Management* (Vol. 2nd ed). Bristol: Channel View Publications.
- Retrieved from <http://libcon.rec.uabc.mx:2051/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=519615&lang=es&site=ehost-live>
- Ochoa González, Y., & Ojeda-Revah, L. (2017). Conservación de vegetación para reducir riesgos hidrometereológicos en una metrópoli fronteriza. *Estudios fronterizos*, 18(35), 47-69.
- Odum, E. P. (1969). La estrategia de desarrollo de los ecosistemas. *Ciudades para un futuro Sostenible*. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n26/aeodu.html>
- 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.

- Peña, C.A.,(2011). Metodología para la planificación de áreas verdes urbanas: el caso de Mexicali, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Editorial UABC, p.338
- Periódico Oficial, (1993). Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de San Felipe B.C., Baja California. A 24 de Diciembre de 1993
- Periódico Oficial, (2000). Programa de Ordenamiento ecológico del Municipio de Mexicali. XVI Ayuntamiento de Mexicali, Dirección de Catastro Control Urbano y Ecología. Departamento de planeación urbana y ecología.
- Periódico Oficial, (2006). Directrices generales de desarrollo urbano del Rancho el dorado y del centro cívico y cultural de San Felipe B.C., Municipio de Mexicali, B.C. a 3 de noviembre de 2006.
- Periódico Oficial, (2010). Programa Regional del Desarrollo Urbano, Turístico y Ecológico del Corredor Costero, San Felipe B.C., Puertecitos, Bahía de los Ángeles.
- Peter, G. D., y Jerez, E. D. M. (2010). Comunidades en transición: hacia otras prácticas sostenibles en los ecosistemas urbanos. Ciudades-Comunidades e Territorios, 87-95.
- Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali, (POE,1995 – 2000)
- Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de San Felipe B.C., Municipio de Mexicali, para el 2030, (PDUUP, 2013), Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana del municipio de Mexicali
- R.C. Brusca, (2019). A Brief Geologic History of Northwestern Mexico. Recuperado de: [https://www.rickbrusca.com/http\\_\\_\\_www.rickbrusca.com\\_index.html/Sea\\_of\\_Cortez\\_files/Geology%20of%20NW%20Mexico.pdf](https://www.rickbrusca.com/http___www.rickbrusca.com_index.html/Sea_of_Cortez_files/Geology%20of%20NW%20Mexico.pdf)
- Real Académi de la Lengua Española, RAE (2014). Planeamiento, recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=TJaBKLn>
- Real academia Española, RAE, 2019. Evaluar. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=H8KIdC6>
- Real Academia de la Lengua Española (RAE, 2020), Estructura. Recuperado de <https://dle.rae.es/estructura>
- Rendon, R.E., (2010). Espacios Verdes Públicos y Calidad De Vida, 6CTV, Mexicali.
- Ružička, M., & Mišovičová, R. (2013). Landscape ecological planning-Landep I. *Nitra: UKF Nitra*.

- Sauer, C. O. (2006). La morfología del paisaje. Polis. Revista Latinoamericana, (15).
- Secretaría de Marina Armada de México, (SEMAR s.f.). Recuperado de:  
<https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioSanfelipe.pdf>
- Secretaría de Marina Armada de México, (SEMAR s.f.). San Felipe B.C., Baja California.  
 Recuperado de <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioSanfelipe.pdf>
- Segovia, O. (1998). Gestión social y territorio. Análisis de modalidades de participación local. *Proposiciones N°28. Sur Ediciones*.
- 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.
- Serrano, D. (2015). Valoración escénica de paisaje periurbano con utilidad en planeamiento territorial. Estudio de caso en la Región Metropolitana de Barcelona. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. 2015 (88), pp.5-190. DOI: 10.14350/rig.45090. Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-investigaciones-geograficas-boletin-del-instituto-118-articulo-valoracion-escenica-paisaje-periurbano-con-S0188461116300097>
- Servicio Geológico Mexicano ( SGM, 2017a). Rocas Metamórficas. Recuperado de:  
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-metamorficas.html>
- Servicio Geológico Mexicano ( SGM, 2017b). Rocas Sedimentarias. Recuperado de:  
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-sedimentarias.html>
- Servicio Geológico Mexicano ( SGM, 2017c). Rocas Igneas. Recuperado de:  
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-igneas.html>
- Sirkku Juhola, (2018). Planning for a green city: The Green Factor tool. Urban Forestry & Urban Greening. (34) pp. 254–258
- Subsecretaría de Recursos Naturales, (2015). Red Estatal de Parques y Bosques Urbanos.  
 Recuperado de: <https://www.sema.gob.mx/SRN-CON-REDPARQUES-INDEX.html>
- Terradas, J., Franquesa, T., Parés, M., & Chaparro, L. (2011). Ecología urbana. Revista Investigación y tecnología.
- Thompson, G.F., Steiner, F.R., (1997). Ecological Design and Planning, Estados Unidos de América: Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- Tinghao Hua , Jiang Changb, , XiangXu Liub , Shanshan Fengb, (2017) Integrated methods for determining restoration priorities of coal mining subsidence areas based on green

- infrastructure: –A case study in the Xuzhou urban area, of China. *Ecological Indicators* 94 (2018) 164–174
- Trinca Fighera, D. (2006). Paisaje natural, paisaje humanizado o simplemente paisaje. *Revista geográfica venezolana*, 47(1).
- Torres, C. R., Vega, J. A. A., & León, E. P. (2019). Buenas prácticas de la infraestructura verde: su aportación como red estratégica de planeación. *Terr@ Plural*, 13(1), 153-175.
- Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta ecológica*, (68), 71-84
- Turner, M.G., Gardner, R.H. y O'Neill, R.V. (2001). *Landscape Ecology, in theory and Practice, Pattern and process*, Nueva York, Estados Unidos de América: Springer.
- UN, Hábitat (2002). *Herramientas para una gestión urbana participativa. Colección de Manuales*. Ediciones SUR.
- UN, Hábitat (2002). *Herramientas para una gestión urbana participativa. Colección de Manuales*. Ediciones SUR.
- 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.).
- 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.
- Vásquez, A. E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 63-86.
- Weißhuhn, P. (2019). Regional assessment of the vulnerability of biotopes to landscape change. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00771.
- 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.

Zubia, V. Y. O. (2000). *Análisis y crítica de la metodología para la realización de planes regionales en el estado de Guanajuato*. Juan Carlos Martínez Coll.