



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Entidades participantes:

Facultad de Arquitectura

“Estrategias arquitectónicas para la recuperación ecológica de la
Subcuenca Río Sabinal, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”.

Tesis

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO/A EN ARQUITECTURA

En el campo de conocimiento de Arquitectura Desarrollo y Sustentabilidad

Presenta:

Arq. Verónica Nazar Coutiño.

Tutor principal:

Dr. Hermilo Salas Espíndola.

Facultad de Arquitectura

Comité Cotutor:

Dra. Isabel Rocío López de Juambelz.

Facultad de Arquitectura

Maestro Héctor Segura Carsi.

Facultad de Arquitectura.

Ciudad de México, agosto, 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, considerado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí contenidas, manifiesto que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Las citas de otras obras y las referencias generales a otros autores, se consignan con el crédito correspondiente”.

Dedicatoria.

Dedico este trabajo a mis padres, Yadira y Moisés que siempre fueron mi inspiración, motivadores y ejemplos a seguir, a mis hermanos David y Moisés que siempre son mi alegría y a mi esposo Benito que es mi compañero de vida.

Agradecimientos.

Agradezco al Dr. Hermilo Salas Espíndola por la paciencia y apoyo que me brindó a lo largo de este trabajo, a la Dra. Isabel Rocío López de Juambelz que me enseñó y motivó a seguir en el tema del diseño ecológico y la arquitectura, de igual forma agradezco al Mtro. Héctor Segura Carsi, a la Mtra. Adriana Díaz Caamaño y a la Dra. Paola Massyel García Meneses, por sus amables comentarios y sugerencias para siempre mejorar el trabajo de investigación.

A mis queridas amigas Verónica y Penélope les agradezco por su incondicional consejo y acompañamiento. También agradezco a los profesores y compañeros del Campo de Conocimiento: Arquitectura, Desarrollo y Sustentabilidad, quienes directa o indirectamente, contribuyeron a este trabajo.

Resumen

El trabajo presentado a continuación, plantea el fenómeno encontrado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, con la absorción del ecosistema natural a través de la expansión urbana, tras comenzar a estudiar el fenómeno, se plantea que el problema no es en sí de la ciudad sino del territorio geográfico de la cuenca hidrológica en la que se encuentra la ciudad, es decir, los procesos de producción arquitectónica y urbana ajenos al funcionamiento natural del sitio, generaron la absorción del ecosistema, perdiendo no solo sus espacios físicos sino también los valores ambientales que brindaban calidad de vida a la ciudadanía de Tuxtla Gutiérrez principalmente. El trabajo busca comprender el fenómeno y proponer estrategias arquitectónicas y urbanas que mitiguen, rehabiliten y recuperen el ecosistema y el ambiente de la Subcuenca Río Sabinal. A lo largo del documento se hizo un estudio teórico, análisis y descripción ambiental de la Subcuenca para poder posteriormente proponer un conjunto de propuestas arquitectónicas y urbanas para la recuperación y reintegración del ecosistema con la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

El fenómeno estudiado evidenció la necesidad de la interdisciplinariedad para el desarrollo integral de la ciudad, se comenzó a estudiar desde la arquitectura, se amplió a la ciudad, al territorio, y por ende al ecosistema de la zona. La ecología, biología, ingeniería civil, economía e incluso psicología, fueron disciplinas necesarias para poder estudiar o desarrollar partes del proyecto de investigación.

Palabras clave:

Estrategias arquitectónicas, Subcuenca Río Sabinal, Chiapas.

Abstract

The work presented, raises from the phenomenon found in the city of Tuxtla Gutiérrez, with the absorption of the natural ecosystem through urban expansion, When I began to study the phenomenon, I realized that the problem is not the city, but rather a matter of territorial organization.in the hydrological basin in which the city is located, that is, the processes of architectural and urban production outside the natural functioning of the site, generating the absorption of the ecosystem, losing not only its physical spaces but also the environmental values that provides quality of life to citizens of Tuxtla Gutiérrez mainly. The work seeks to understand the phenomenon and propose architectural and urban strategies that mitigate, rehabilitate, and recover the ecosystem and environment of the Sabinal River Sub-basin. Throughout the document, a theoretical study, análisis, and environmental description of the Sub-basin was made in order to subsequently propose a set of architectural and urban proposals for the recovery and reintegration of the ecosystem with the city of Tuxtla Gutiérrez.

The phenomenon studied evidenced the need for interdisciplinarity for the integral development of the city, it began to be studied from architecture, it was extended to the city, to the territory, and therefore to the ecosystem of the area. Ecology, biology, civil engineering, economics and even psychology were some of the disciplines necessary to be able to study or develop parts of the research project.

Keywords:

Architectural strategies, Sabinal River Sub-basin, Chiapas.

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	10
Capítulo 1.- Arquitectura, ciudad y recursos hídricos	12
1.1. Relación histórica de la ciudad y el agua.	14
1.2.-Escurrimientos y su funcionamiento.	18
1.3.- Estrategias arquitectónicas y la intervención humana.	20
1.3.1.- Estrategias arquitectónicas usadas en las ciudades.	23
1.3.2.- Deficiencias de las estrategias en la actualidad y su impacto en la calidad de vida.	28
1.4.-Arquitectura y ecología.	32
1.4.1.- Diseño ecológico y diseño arquitectónico.	34
1.4.2.- Asistencia ecológica mediante arquitectura.	36
1.4.3.- Ciudad y ecosistema, coexistencia base para la calidad de vida urbana.	40
1.5.- Cuencas hidrológicas y planeación urbano – ecológica.	42
1.5.1.- Funcionamiento natural de las cuencas hidrológicas.	42
1.5.2.- Cuencas hidrológicas unidades de planeación socio-ecológicas.....	44
1.5.3.- Ciudad y expansión en las cuencas hidrológicas.	46
Capítulo 2.- Características ambientales, históricas y arquitectónicas de la subcuenca Río Sabinal	52
Introducción de capítulo	54
2.1.-Descripción climatológica	56
2.1.1.- Comparativa de las cinco estaciones climatológicas.	68
2.2.- Plano topográfico base (P.T.)	70
2.3.- Plano urbano del área de estudio (P.U.)	78
2.4.-Plano de altimetría	80
2.5.- Plano geológico	82
2.6.- Plano Edafológico	86
2.7.- Plano de vegetación	88
2.8.- Plano de escurrimientos superficiales.	90
2.9.-Plano de escurrimientos superficiales 2 (P.E.S.2).	92

2.10.- Cálculo de gastos para los Ríos Sabinal y San Fernando.	94
2.10.1.- Río Sabinal.....	94
2.10.2.- Río San Fernando.....	98
2.11.- Plano de riesgos de inundación.	102
2.12.- Plano de marginación.	104
2.13.- Conclusión ambiental.	106
2.14.- La ciudad de Tuxtla Gutiérrez y su relación histórica con el Río Sabinal.	108
2.15.- Externalidades negativas o problemas urbano-arquitectónicos.	116
Capítulo 3.- Estrategias arquitectónicas y urbanas.	122
Introducción de capítulo.	124
3.1.- Proceso de asistencia ecológica para la Subcuenca Río Sabinal.	128
3.2.- Análisis ecológico regional.	130
3.3.- Calificación del ecosistema.	134
3.4.- Caso análogo.	138
3.5.-Estrategia No. 1 Evitar azolvamientos dentro de los afluentes de la ciudad.	140
3.5.1.- Técnica de presas filtrantes.....	140
3.5.2.- Casos análogos exitosos de la técnica de presas filtrantes.....	142
3.6.-Estrategia No. 2 Recuperar los espacios vegetales al interior de la ciudad, mediante técnicas de reintegración ecológica y urbana.	146
3.6.1.- Técnica de Módulos de Plantación.....	146
3.7.-Técnica de Terrazas de evocación aluvial.	170
3.8.-Propuesta conceptual en sitio.	174
3.8.1.- Galería fotográfica, para consideraciones arquitectónicas.....	176
3.8.2.- Consideraciones arquitectónicas.....	182
4.- Conclusiones.	186
5.- Bibliografía.	188
6.- Anexos.	192
6.1.- Glosario de términos.	198

Introducción

La investigación aquí presentada, inició a raíz de detectar el fenómeno de la absorción del ecosistema natural del Río Sabinal dentro de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la manera en la que los procesos de producción arquitectónica eran y son ajenos al funcionamiento natural del sitio, alterando y degradando no solo el ecosistema natural, sino también la calidad de vida de los ciudadanos tuxtlecos. La ciudad y sus habitantes constantemente son amenazados por inundaciones, pues el desarrollo de la ciudad no contempló los escurrimientos temporales, así como los perennes cuyas riberas fueron invadidas. Después de identificar el fenómeno, se inició la investigación de lo general a lo particular es decir, mediante un método deductivo, por lo que primero se necesitó entender realmente cuál era el caso de estudio, ya que el Río Sabinal en sí solo era una parte del problema, realmente el fenómeno abarcaba el territorio de la Subcuenca, sabiendo lo anterior e investigando cómo funcionan las cuencas hidrológicas y sus características y valores ambientales, así como su relación con la arquitectura y el urbanismo, como se puede ver en el Capítulo 1, se inició con el estudio de las características ambientales de una parte de la subcuenca, es decir, en esta investigación no se abarca a toda la subcuenca del Río Sabinal, sino que solo se estudió la parte de la cuenca que incorpora a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y sus afluentes. La investigación teórica arrojó lo imprescindible de la investigación ambiental y contextual del sitio, como base en la comprensión del fenómeno arquitectónico y urbano, es por esto que a pesar de que es una investigación en arquitectura, se abarcan diversos términos y planos ambientales ya que, sin estos elementos ecológicos y ambientales, no se podría llegar a una propuesta aterrizada para una posible solución o mitigación de daños en el fenómeno que

existe en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, lo que llevó a que la investigación fuera hecha mediante una metodología de investigación mixta, es decir, cualitativa y cuantitativa. Por lo que en resumen la investigación está dividida en tres partes, Capítulo 1: Arquitectura, ciudad y recursos hídricos (Marco teórico), capítulo 2: Características regionales, urbanas, arquitectónicas e históricas de la Subcuenca Río Sabinal (análisis del caso de estudio), capítulo 3: Estrategias arquitectónicas y urbanas. (propuesta).

El planteamiento hipotético de la investigación consiste en el pensamiento positivista de que ante el problema ecológico de la Subcuenca “Río Sabinal” derivado de los procesos de edificación ajenos al funcionamiento ecológico del sistema hidrológico, se requiere del desarrollo de estrategias urbanas-arquitectónicas para lograr la integración ecológica y ambiental de la Subcuenca con la ciudad. De igual forma el principal objetivo de la investigación es el desarrollo de un conjunto de estrategias arquitectónicas y urbanas que permitan recuperar el equilibrio ecológico de la Subcuenca Sabinal integrando el sistema natural del ecosistema a la identidad de la ciudad. Desde un estudio materialista histórico, se analizó el proceso de evolución de la ciudad en relación con el territorio geográfico de la Subcuenca y por ende su ecosistema, entendiendo como base material el proceso de producción arquitectónica que a través de la historia de la ciudad y como se ha modificado el contexto natural, habiendo diversos momentos históricos en donde la ciudad incrementó tanto su población como su extensión territorial. Retomando la relación imprescindible que hay del estudio ambiental, ecológico y territorial con la disciplina de la arquitectura y urbanismo, resaltando así la importancia de la interdisciplinaria.

Capítulo 1.- Arquitectura, ciudad y recursos hídricos.

1.1. Relación histórica de la ciudad y el agua.

A lo largo de historia la relación del humano y el ecosistema son indivisibles, siendo también parte esencial del desarrollo de las ciudades, el ejemplo histórico más claro de esta relación es el desarrollo urbano, social y evolutivo que se dio en la creciente fértil, siendo denominado por la autora Susan Wise Bauser (2007) como el inicio de la civilización, pues a partir de esta región rica en recursos hídricos, se dio pie a grandes civilizaciones, en las partes de las cuencas bajas de los ríos Éufrates y Tigris se desarrolló la civilización sumeria, y en la cuenca baja del Nilo se desarrolló la civilización egipcia. La situación inhóspita de la geografía donde se encontraba este espacio geográfico de la creciente fértil rodeado en su mayoría por desierto y montañas, hacía necesaria la cooperación de los humanos para el desarrollo de la zona, es por esto que las primeras civilizaciones, dieron inicio a las ciudades, ya que permitía que el comercio dentro de los pobladores, es decir, ya podía haber otras actividades que quizá no eran esenciales, como carpinteros, cesteros, curtidores, etc. Las actividades que no eran directamente relacionadas con el trabajo del agricultor y que generaban la compra y venta de productos, las poblaciones fueron creciendo, pues había abundancia derivada de la riqueza que ofrecía la tierra, por lo que también se pudieron establecer líderes y posteriormente los primeros reyes siendo el primero el dios-rey Marduk, el cual fue soberano de la ciudad Eridu de sumeria, el rey y su ciudad se ven reflejados en el mito babilónico de El Edén sumerio.

Así como el agua trae plenitud y riqueza, también es temida, por la fragilidad del propio ser humano, dentro de la historia del principio de la civilización es necesario mencionar

también la catástrofe, la civilización sumeria ya establecida también vivió la sequía y tras ver como su ciudad Edén se quedaba sin agua, se rogaba por nubes y cuando por fin llegó la lluvia, esta no paró, el Diluvio universal tiene presencia en los poemas babilónicos, sobre la historia sumeria, en la que se cuenta, como Enril, rey de los Dioses, se desespera por momentos por que el rugido de los humanos en la tierra no le permite conciliar el sueño, convence a los demás dioses para desaparecer al humano, pero el dios Ea, que ha jurado proteger a la humanidad, trasmite las noticias de la conspiración al sabio Utnapishtim en un sueño (Bauer, 2007, pág. 34).

Este diluvio, no se define en sí como la destrucción completa de toda la humanidad, tampoco se sabe con certeza de si acabo con sí con toda la población de la delta del río Éufrates y Tigris, pero si se sabe que fue un hito histórico y precedente del cuidado e incluso respeto que hay que tener a los fenómenos naturales, que son complemente normales en su acción, pero el ser humano, los ve como catástrofes, por los efectos nocivos que tienen sobre sus poblaciones.

Diversas ciudades que aún se encuentran en la actualidad habitadas se edificaron en las riberas de los ríos o incluso en las llanuras de inundación de dichos ríos, ocasionando que se vean alterados los ciclos naturales de funcionamiento de los ecosistemas, es decir, si por naturaleza los ríos en épocas de lluvias inundaban sus llanuras, al haber ciudad obviamente ya no se puede llevar acabo esta acción natural sin causar problemas a la población asentada, lo que lleva a un conflicto básico de interés entre la población y el ecosistema.



Ilustración 1 Mapa de la región geográfica denominada "Creciente Fértil", obtenido de: <https://www.greelane.com/es/humanidades/historia-y-cultura/fertile-crescent-117266/16/Octubre/2020>

Ciudades como, Lyon en Francia, Sevilla en España y Florencia en Italia, por mencionar algunas ciudades europeas, se edificaron desde su principio junto a grandes ríos, lo que generó que generacionalmente tuvieran que aprender a cómo convivir con este ecosistema, ciertamente las ciudades europeas aprendieron a convivir también desde un enfoque antropocentrista, en dónde el humano domina el contexto y somete a la naturaleza a su voluntad, un ejemplo claro de esta convivencia es el río Sena en París, en dónde, más que un río natural, es un canal, pues no se ven sus riberas naturales, ni sus terrazas aluviales, es un río hecho a la medida para la ciudad, perfectamente entallado para la traza de la ciudad, disfrutable y estético a la vista, pero viéndolo en retrospectiva de cómo debería ser un cauce natural, carece de los elementos propios de un río.

En el caso específico de Lérida se puede ver como a través de los años la ciudad española reformó la forma en que el río se integraba con la ciudad recuperando el funcionamiento

natural del río Segre para dar paso a una nueva imagen urbana en donde regresó a tener sus llanuras de inundación, permitiendo que a pesar de sus crecientes naturales no se perjudique a la población y brindando un espacio público de recreación e integración con el medio natural.



Fotografía 1 Río Sena, París, elaboración propia, (2019).



Fotografía 2 Río Segre, Ciudad de Lérida, Autor: Arq. Benito Mejía Palacios, (2019).

1.2.-Escurrecimientos y su funcionamiento.

Los ríos se clasifican según su régimen hidrológico determinado por las características de la cuenca en la que se encuentren y la cantidad de agua que se precipite en el río.

Una primera clasificación básica es la que define si un río es permanente o efímero, es decir, si cuenta con agua en todo momento del año o si únicamente tiene escurrecimientos superficiales en época de lluvias.

La segunda clasificación que funciona para saber el funcionamiento de los ríos es su posición en la cuenca, mediante el orden de corriente que va del 1 al 4 según el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, el orden tributario 1 significa que no tiene ramificaciones, una corriente de orden 2 se forma por dos o más corrientes de orden 1, es decir, dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc. El orden de la cuenca que se estudia será del mismo tipo de orden de la corriente de salida.

Por último, pero no menos importante es el tipo de clasificación de ríos por drenaje que se clasifican por el tipo de cuencas, según la clasificación Way (1978), que las clasifica según, la forma y textura de la red de drenaje.

Clasificación Way (1978):

- a) Cuencas de textura fina.
- b) Cuencas de textura media.
- c) Cuencas de textura gruesa.
- d) Cuencas dendríticas.
- e) Cuencas pinnadas.
- f) Cuencas de drenaje rectangular.

- g) Cuencas de drenaje angulado.
- h) Cuencas de drenaje enrejado.
- i) Cuencas de drenaje bardado.
- j) Cuencas de drenaje desordenado.
- k) Cuencas de drenaje paralelo.
- l) Cuencas de drenaje radial o centrífugo.
- m) Cuencas de drenaje anular.
- n) Cuencas de drenaje centrípeto.
- o) Cuencas de drenaje trenzado.
- p) Drenaje artificial.

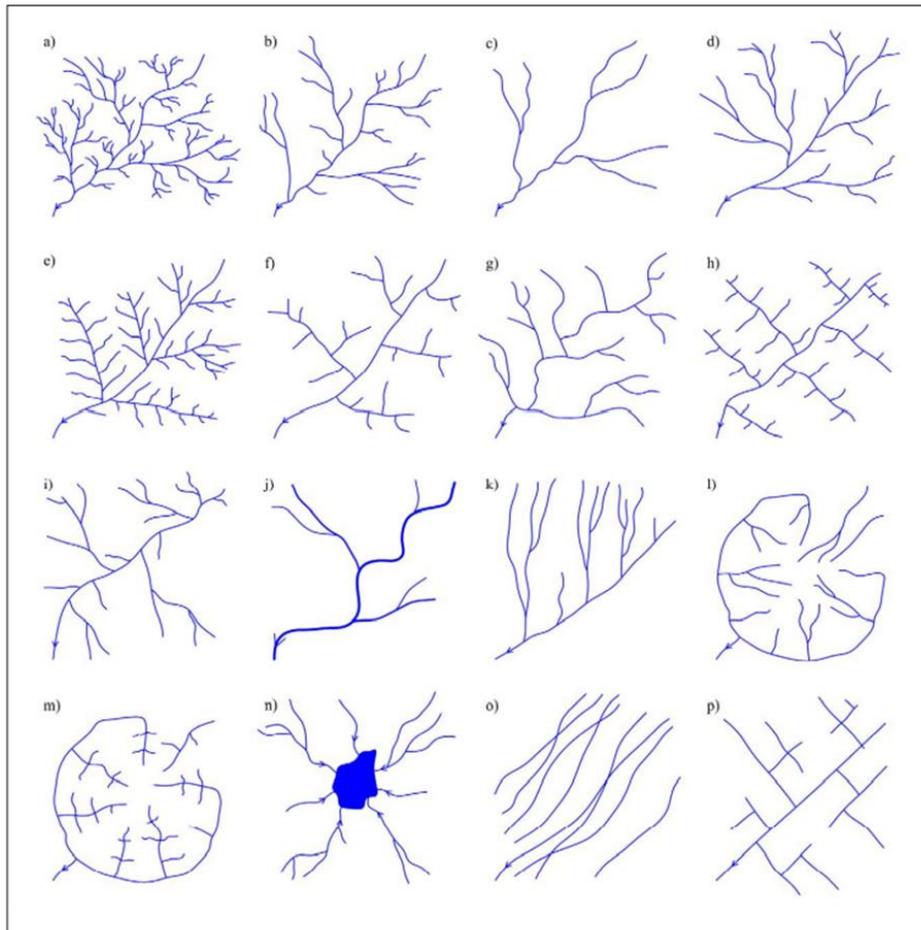


Ilustración 2 Tipos de cuencas según la clasificación de Way (1978). Aguiló M. et al. (2014)

1.3.- Estrategias arquitectónicas y la intervención humana.

Las estrategias buscan que la intervención humana sea lo más eficaz, rápida, económica y efectiva posible, se usará este concepto dentro de la investigación ya que al hablar sobre un proyecto urbano – arquitectónico dentro de un ecosistema es imprescindible que la acción humana sea mínima con el mayor efecto positivo sobre el ambiente natural y de igual forma sobre la población que interactúa dentro del propio ambiente.

La acción humana puede ser vista desde dos amplios polos la que, con el afán de lograr el desarrollo social y económico, se absorbe el ecosistemas para lograr explotar los recursos naturales, obteniendo la mayor ganancia económica y por otro lado, la acción humana que busca generar el menor impacto ambiental sin perder de vista el desarrollo social y económico, es decir, esta última pasa a ser la ramificación de acciones humanas que buscan mediar el conflicto de interés socio-ambiental, buscando no exceder los consumos humanos de los recursos naturales por el bien de las sociedades, sino tomar lo que sea necesario, salvaguardando los intereses futuros, tomando en cuenta que vendrán generaciones futuras que necesitan de los mismos recursos y si se explotan en una sola demostración, entonces pasarían a desaparecer o degradarse al punto de ser inutilizables, es por esto que la acción humana debe ser medida y controlada mediante regulaciones, reglamentos, leyes e incluso la propia ética de los actores implicados, pues son los arquitectos, ingenieros, comerciantes, abogados, legisladores, etc. los que regularán el consumo de los recursos naturales dentro y fuera de las ciudades desde cada disciplina, Fernández hace referencia a la degradación ambiental como consecuencia del humano, “...*la actividad humana es precisamente la principal causante de la degradación ambiental, se puede prevenir y evitar una vez que se*

tomen las medidas necesarias. La posibilidad de sustentar las estructuras sociales y económicas depende de la disponibilidad de recursos naturales.... La contaminación de los recursos naturales tiende a ser el resultado de un proceso lento y acumulativo de actividad humana.'' (Fernández., 1996, pág. 9) Es decir, el ser humano depende directamente de los recursos naturales y son estos los que propician el desarrollo social y económico de la población, por lo que es necesario un cambio de paradigma en cuanto a la intervención humana sobre el medio ambiente, usar el ecosistema como la bodega de recursos para el desarrollo económico, es simplemente insostenible, lo que a la larga generará el desabasto y próxima extinción de innumerables especies de plantas y animales, así como la calidad de los elementos naturales, agua, aire y tierra. La calidad de los elementos son directamente proporcionales a la calidad de vida de la población dentro del ecosistema, es por esto que también la arquitectura pasa a ser base para el cuidado ambiental, pues mediante la arquitectura se construye el ambiente artificial construido que genera ciudad, por lo que si no hay relación entre la arquitectura y el medio natural, entonces estamos haciendo arquitectura antropocentrista que tendrá repercusiones ambientales y sociales, afectando la calidad de vida en términos generales.

Las estrategias arquitectónicas aplicadas desde la vivienda, comercio y espacio público, para mejorar la calidad de vida, dependerá directamente del funcionamiento natural del sitio, es decir, la calidad de vida se puede medir en diversos factores dentro de los cuales los cuatro más importantes son, la salud física, psicológica, relaciones sociales y medio ambiente. El medio ambiente incide en la salud física, pues el ejemplo más claro es el consumo de agua o de aire contaminados, los cuales repercuten en enfermedades o deficiencias respiratorias,

gastrointestinales, cutáneas, etc. De igual forma, la salud psicológica, también se ve afectada por el medio ambiente, mediante el estrés ambiental, las percepciones del ambiente, al igual que como podrían incidir las percepciones negativas sobre el medio ambiente, pues ya en la teoría de las ventanas rotas¹ se ve como la percepción negativa, puede aumentar la degradación de un sitio u objeto. De igual forma las relaciones sociales se ven afectadas pues no hay espacios de convivencia sana para poder cultivar las interacciones y relaciones sociales de la población, así como las inseguridades de un medio ambiente degradado, lo mismo que se ve en la teoría de las ventanas rotas, es por estos factores principales que la calidad ambiental incide directamente en la calidad de vida de las poblaciones.

Las estrategias arquitectónicas y urbanas pueden ser utilizadas para mejorar la calidad de vida, pues pueden ser estas estrategias las acciones eficaces y convenientes para dar soluciones a cortos, medianos y largos plazos a problemas y fenómenos encontrados en el ambiente natural y artificial de las ciudad, mientras que con la degradación ambiental, únicamente logran desventajas de calidad de vida, de igual forma, puede que las estrategias arquitectónicas y urbanas se realicen con las mejores intenciones pero por falta de conocimiento, se logran realizar estrategias que platean mejorar la calidad de vida, pero en lugar de eso empeoran la situación de las familias o comerciantes, pues las estrategias arquitectónicas y urbanas, deben estudiarse y comprenderse también desde el aspecto natural del sitio, es decir, las situaciones y características propias del sitio en donde se

¹ Wilson, J. Q., & Kelling, G. (2001). Ventanas rotas: la policía y la seguridad en los barrios. *Delito y Sociedad. Revista de Ciencias Sociales*, 10(15-16), 67-78.

encontrará, pues cualquier intervención arquitectónica sobre un ambiente natural alterado, tendrá repercusiones sobre el mismo ambiente y si no se conoce con detenimiento y de forma integral el sitio natural y su funcionamiento con el ambiente artificial, puede lograr que las estrategias no solo no funcionen, sino empeoren la situación, problemática o fenómeno que se procuraba intervenir. El conocer las bases ambientales y el funcionamiento natural del sitio, es imprescindible para el correcto diseño arquitectónico de las edificaciones planeadas dentro de cualquier asentamiento humano y ecosistema natural.

1.3.1.- Estrategias arquitectónicas usadas en las ciudades.

Las estrategias arquitectónicas y urbanas implementadas dentro de las ciudades hasta el momento aplicadas para poder desarrollar y potenciar los asentamientos humanos, han sido detonantes del conflicto de interés que se desarrolló entre el humano y la naturaleza, es decir, a través de las acciones humanas que se hacen para poder seguir desarrollándose dentro de las ciudades que se construyen dentro de ecosistemas naturales, se genera la lucha de poder entre el humano y la naturaleza.

Al hablar explícitamente de la arquitectura es importante señalar que, como actividad humana, conlleva a consecuencias ecológicas, pero el grado e intensidad de las consecuencias dependerá directamente de la actitud y conciencia del humano o humanos que la ejerzan, es decir, se puede hacer arquitectura que busque el menor impacto negativo posible en el ecosistema, teniendo en cuenta que todo ejercicio arquitectónico por mínimo que sea generará consecuencias ecológicas.

Siguiendo el curso de la historia humana, nos podemos dar cuenta que el humano como ser vivo dependiente de su ambiente natural y por lo tanto de sus recursos, coexistía hasta cierto punto con el ecosistema, sin embargo al haber una industrialización y aumento tanto territorial de los asentamientos y de la población el tema de la planeación ecológica comienza a ser cada vez más problemática, pues los asentamientos se expanden, comienzan a reconocer el nombre de ciudad y entonces ya no solo se satisfacen las necesidades primarias sino que también, se comienzan a satisfacer necesidades de consumo para aquellos grupos de poder que pudieran pagarlo, es decir, la lucha de poder del capital se hace ver cada más evidente, también los asentamientos comienzan a tener diversos factores, ya que más allá de solamente ser un sitio seguro para una comunidad, también se comienzan a presentar situaciones de brindar servicios, infraestructura, espacios de trabajo y consumo, entre otros. En ese contexto lo ecológico pasa a ser un asunto tratado en segundo plano, es por eso que Fernández (1996) también plantea, que el tema tiene que ver tanto con la planeación, como la futura escasez debido a la creciente población y también el crecimiento espacial de los asentamientos, por lo que se hace la relación humana – naturaleza un tema de problemática y conflicto, pues es un círculo vicioso, siguiendo el modelo de consumo capitalista que genera aún más absorción de espacio natural para generar espacio urbano y consumo de recursos naturales.

Por otro lado, el material ecológico dentro de la planeación urbana también se asocia a la calidad de vida urbana, es decir, hay ciertas demandas sociales de salud como respuesta de necesidades, donde se engloban el uso y/o consumo de los satisfactores ambientales naturales, teniendo en cuenta que dentro de lo ambiental existen dos tipos, el ambiental artificial (producto humano) y el ambiental natural (propio del ecosistema). Por lo que las

ciudades, al expandirse de manera explosiva y absorber los ecosistemas, no solo presentan la situación ecológica del ambiente natural degradado y/o destruido, sino también la situación ecológica de sus miembros que habitan el ecosistema (incluidos los humanos) que se quedan sin los espacios naturales dónde satisfacen estas necesidades ambientales.

“La concentración urbana y efectos sobre la degradación ambiental de las ciudades son el resultado de un proceso histórico y económico, en el que las economías de las aglomeraciones se han combinado y se han visto favorecidas por las economías de escala de patrones tecnológicos importados. En la “producción urbana” (que no puede desvincularse del desarrollo capitalista dependiente de México), el Estado ha asumido los costos de las condiciones sociales de la producción, mientras que la sociedad en su conjunto ha soportado los costos ambientales resultantes.” (Perló Cohen et al, 1990).

La investigación urbana, ecológica y arquitectónica, ha llegado al punto de poder decir abiertamente que el tema de la expansión urbana y las estrategias arquitectónicas usadas hasta el momento, son la manera en que se puede solucionar de forma parcial el daño generado por la expansión urbana, lo que deja a los asentamientos urbanos en la dimensión de problemática ecológico, social y con ello económica.

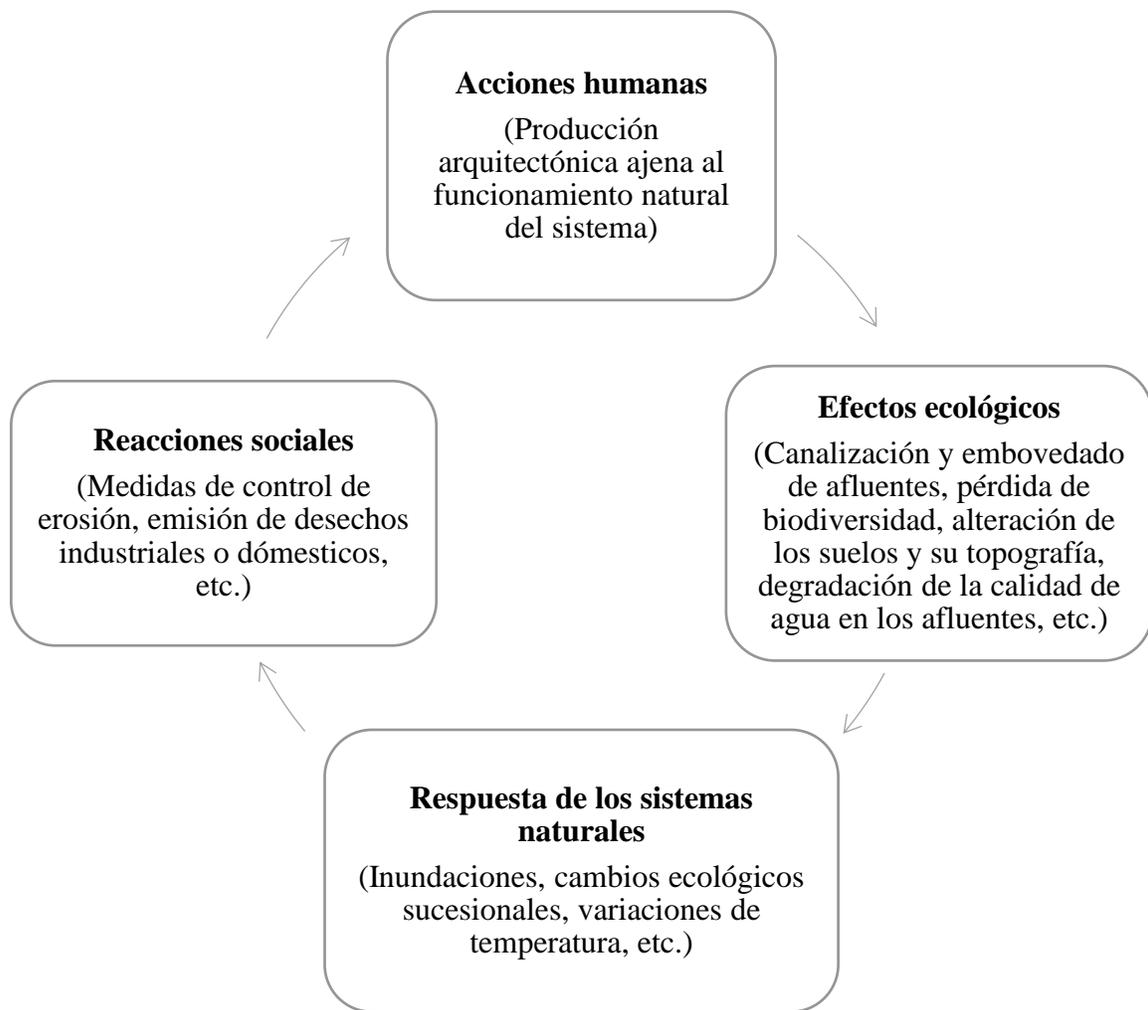


Diagrama 1 Relación sociedad - naturaleza, esquema de autoría (2020), con información de Gallopín (2014).

En el caso de los asentamientos urbanos, la mayor parte están cerca de uno o más cuerpos de agua, y todos sin dudas están asentados dentro de una cuenca hidrológica, por lo que la manera en que la sociedad perteneciente al asentamiento y su política y acciones públicas actúan en el conflicto de interés socio-ambiental será clave para saber si realmente están siendo justos o aplicando estrategias mediáticas, es decir, la línea en el conflicto de interés es demasiado delgada, si hay una acción humana (edificación), habrá una respuesta ambiental (inundaciones, por ejemplo), por lo que habrá una estrategia humana para buscar

solución al conflicto, hasta el momento lo que se encontrado es que las estrategias consisten en beneficiar al humano por lo que se genera una mayor respuesta ambiental, es decir, el ambiente natural alterado siempre responderá proporcionalmente a las estrategias, si el humano emboveda un afluyente para poder construir encima, este mismo afluyente en época de lluvias puede crecer y derrumbar la edificación ajena al sistema natural, generando a su vez mayor conflicto, por esto es imprescindible el diseño de estrategias arquitectónicas, urbanas y ecológicas que funcionen de acuerdo al sistema natural del ecosistema, para así poder aspirar a una coexistencia humano – naturaleza.

“En términos generales, el nexa entre la sociedad y la naturaleza se produce a través de dos grandes factores: el conjunto de acciones humanas que inciden sobre el sistema ecológico natural, y el conjunto de efectos ecológicos generados en la naturaleza y que inciden sobre el sistema social.” (Leff, 2000).

Las estrategias arquitectónicas aplicadas hasta el momento han sido para contrarrestar las respuestas de los sistemas naturales, así como, las acciones humanas principales para generar y buscar mayor calidad de vida o la posibilidad de asentamiento en un sitio determinado, esto genera, que si las reacciones sociales en respuesta a los sistemas naturales, no son de acuerdo al funcionamiento natural del sitio, se generen mayores efectos ecológicos negativos y por lo tanto respuestas de los sistemas naturales.

“La restauración ecológica y el reverdecimiento de las ciudades no se alcanzará a través de los enfoques tradicionales de la planeación urbana. Es necesario generar un nuevo concepto de ciudad que articule las funciones y beneficios de la vida urbana con el proceso

global de producción y desarrollo sostenido del territorio nacional...’’ (Perló Cohen, et al,1990).

Perló menciona como la restauración ecológica y el reverdecimiento de las ciudades necesitan ser efectuados mediante medidas más allá de estrategias físicas arquitectónicas, sino de un cambio completo de paradigma en cuanto al funcionamiento y desarrollo urbano de las ciudades, es decir, si se busca el beneficio humano únicamente, se desarrollan ciudades pensadas para el bienestar humano, sin tomar en cuenta que este humano es dependiente y parte del ecosistema natural y por lo tanto del artificial. Si se revaloriza el bien de la calidad ambiental, no solo para el uso humano sino en simbiosis y directa conexión con el desarrollo social, entonces sí se podría lograr la proyección y construcción del nuevo concepto de ciudad y por lo tanto una ciudad realmente sustentable.

1.3.2.- Deficiencias de las estrategias en la actualidad y su impacto en la calidad de vida.

Las deficiencias de las estrategias aplicadas en la actualidad y su impacto en la calidad de vida urbana se pueden medir desde la economía, la psicología y la ecología, aunque de forma más objetiva la rama de la economía da mecanismos de medición más exactos.

Las estrategias pueden ser medidas mediante las externalidades que generan, es decir, positivas o negativas, aunque en este caso al hablar de deficiencias, se describirá en lo que consiste una externalidad negativa, para comprender la problemática urbano – arquitectónica que presentan las estrategias.

Azqueta (2002) da el ejemplo de la degradación de un río por parte de una empresa o individuo, lo cual resulta curioso dado el tema de investigación, pero de forma sencilla, las

externalidades negativas, son aquellas que se generan debido a una o varias acciones humanas que afectan a terceros ambientalmente hablando, es decir, los efectos ambientales siempre se pagan por alguien, comúnmente es que el grupo de individuos que menor poder tienen. Por lo que al causar efectos ambientales negativos son vistos como externalidad, pues se externalizan en el ambiente, sin pagar los daños o responsabilizarse, esto sería diferente si el empresario pagara los daños ambientales, tanto a la ciudad como a los afectados o en su lugar detuviera el impacto generado.

Por lo que, en este caso, las diversas estrategias aplicadas en la actualidad presentan externalidades negativas, en la mayor parte de los casos, al ser estrategias antropocentristas que se diseñan velando por el bienestar humano (que este también depende de la calidad ambiental), es decir, para los asentamientos que están ubicados en valles aluviales, uno de los principales problemas son las inundaciones, las cuales conllevan a estrategias de embovedamientos, canalización y desvío de afluentes, lo que contrario al ecocentrismo, busca dominar al medio natural en lugar de comprenderlo y diseñar con base en el mismo ecosistema, por lo que las externalidades negativas pueden medir, por ejemplo, el incremento de calor dentro de la ciudad debido al embovedamientos de los afluentes, la pérdida de vegetación (espacios necesarios para satisfacer las necesidades de ambientes naturales de los humanos), las descargas de aguas residuales a los afluentes también implican un conjunto de externalidades que son medibles, tanto desde lo económico como en lo ambiental, pues un espacio natural degradado, en lugar de poder ser explotado económicamente desde lo turístico y comercial, pasa a ser un espacio rezagado, y por otra parte causa daños por contaminación al ecosistema. La contaminación de los cuerpos de

agua provoca también externalidades negativas desde el tema de salud, al ser el recurso del agua el que alimenta a las poblaciones, es indispensable su calidad, pero dentro de las ciudades mexicanas la calidad el agua es discutible, por lo que genera impactos a la salud con enfermedades por infecciones cutáneas, gastrointestinales, así como aquellas provocadas por el contacto o ingestión de productos químicos. Los índices de calidad del agua pueden ser medibles mediante las normas que dicta la Ley Nacional de Aguas, la NOM-001-ECOL-1996 y NOM-127-SSA1-1994, las cuales regulan los niveles de contaminación permisibles tanto para el aspecto ecológico como los de salud.

1.4.-Arquitectura y ecología.

Al hablar de los conceptos de arquitectura y ecología, es imprescindible señalar que el trabajo interdisciplinario derivado de estas dos ramas de la realidad concreta, es indispensable en la situación actual de las ciudades mexicanas, que la arquitectura comprenda el funcionamiento natural del ecosistema para poder diseñar y construir buscando generar el menor impacto posible sobre el ambiente natural.

Es necesario comprender que el humano es parte dependiente e integral del ecosistema, no es un individuo aislado o superior del mismo ecosistema, y si el ambiente natural se degrada, de forma similar también se degradará la calidad de vida humana, incluso desde la visión de su producción. Pues la producción de bienes y servicios humanos depende directamente de la calidad y cantidad de recursos naturales.

Desde esta visión puede ser que las diferencias entre ambiente y ecológico sean borrosas, por lo que es necesario señalar que en el caso de esta investigación se maneja como recuperación ecológica, el ecosistema es el todo, el ambiente es el aspecto físico (abiótico) y en el caso de las ciudades, los ciudadanos (el humano, la fauna y vegetación existente en el ecosistema alterado) son los elementos bióticos del ecosistema, por lo que el entendimiento del intercambio de relaciones entre unos y otros dentro del ambiente físico construido o natural, es esencial para el futuro crecimiento y funcionamiento de las mismas ciudades. Mientras que la recuperación ambiental sería aspirar a la recuperación del ambiente físico natural, para su funcionamiento con el ambiente físico artificial de la ciudad, es decir, la recuperación ecológica aspira a no solo recuperar el ambiente natural y artificial del sitio, sino a recuperar

el intercambio de relaciones en el ambiente alterado, logrando la sana coexistencia de los individuos que comparten el sitio, sin jerarquizar y en función con el medio natural que existía antes del medio artificial.

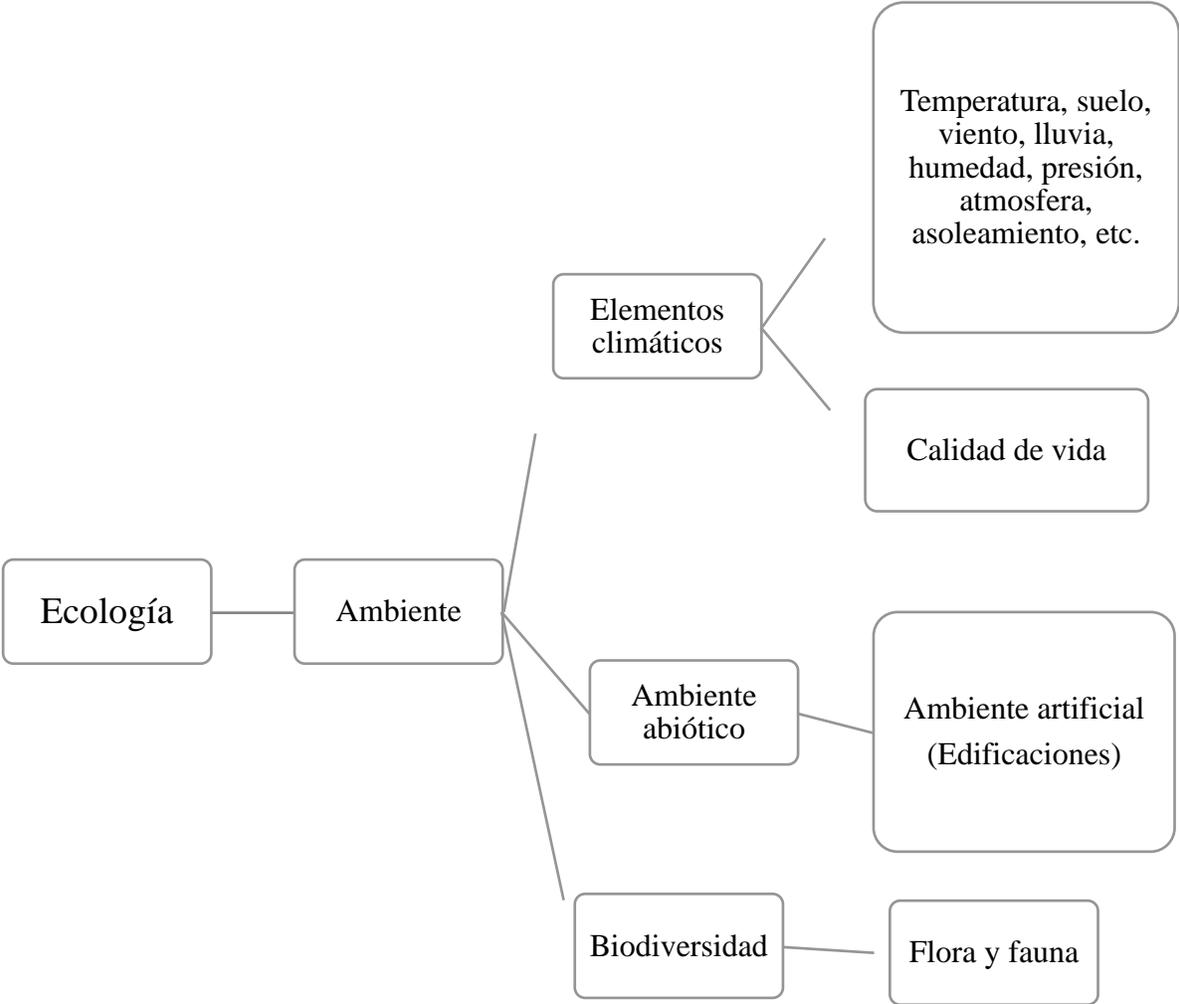


Diagrama 2 Ecología y ambiente. Diagrama de autoría. (2020).

1.4.1.- Diseño ecológico y diseño arquitectónico.

El diseño ecológico y el diseño arquitectónico trabajan de forma interdisciplinaria, cuando los involucrados buscan que así sea, es decir, la base del diseño ecológico es la asistencia humana al ecosistema, para poder coexistir con este mismo.

“El diseño ecológico pretende reestablecer las bases de la fisonomía del ecosistema, acciones que posibilitan generar conexiones para el flujo de las especies y la viabilidad del ecosistema, mediante la liga de fragmentos de vegetación natural o seminatural que sobrevive asociada a las zonas que el hombre habita y donde desarrolla sus actividades para la preservación de su existencia y forma de vida” (Dunnett N. y Hitchmough. Op. Cit. Pág.7. Citado por López, 2008, pág. 306).

Si dentro del diseño arquitectónico no se contemplan los principios del diseño ecológico para la preservación y recuperación del ambiente natural, entonces tampoco habrá calidad de vida, por lo que el diseño arquitectónico se verá afectado, pues aunque el arquitecto diseñe una edificación arquitectónicamente agradable, al no haber calidad ambiental, la calidad de vida dentro o fuera de la edificación se verá afectada, deteriorando también tanto la plusvalía, como los intereses por habitar el elemento arquitectónico.

Es necesario comprender que el ambiente trabaja en simbiosis con el ser humano, así como con el resto de especies bióticas y elementos abióticos que se involucran en él, es decir, si esté se degrada, sus especies se degradarán paulatinamente. En palabras de Travis Wagner (1993), la tierra se puede entender de manera ejemplificada como: *“... como una pecera, es un ambiente contenido: lo que entra se queda. Los contaminantes despedidos o liberados no*

desaparecen, sino persisten y nos afectan... Lo que vertemos o explotamos tiene efectos directos e indirectos tanto en nuestra existencia actual como en nuestra supervivencia futura.'' (Wagner, 1993, pág. 20). Por lo tanto, al degradar un ecosistema tal como una cuenca hidrológica, resulta de gravedad el tema, ya que se debe tomar en cuenta el complejo sistema de la propia cuenca, en su ramificación y alimentación de agua a los suelos, vegetación y fauna, se les degrada a todos los elementos que interactúen con su funcionamiento ecosistémico.

La población es un efecto determinante ya que, a mayor población, mayor demanda de recursos naturales para poder satisfacer las necesidades. Por lo que al haber una disminución de población de manera paulatina en los países que tienen mayor número de habitantes, se podría mejorar el bienestar y calidad de vida de los propios pobladores, especialmente las poblaciones urbanas.

La educación ambiental y el cambio de paradigma son fundamentales para detener la degradación ambiental, ya que se necesita poder poner las bases de nuevas generaciones que razonen de manera objetiva, que el ambiente compite tanto a la actualidad como al futuro y que lo que se haga dentro del ambiente que alberga a todas las especies conocidas, afectará directa o indirectamente, de forma inmediata o prolongada a las mismas especies, es decir, el humano se está matando por sí mismo.

''La crisis ambiental es una crisis de la razón, del pensamiento, del conocimiento. La educación ambiental emerge y se da en un nuevo saber que desborda al conocimiento objetivo de las ciencias.'' (Leff, 2010, pág. 186)

Por lo tanto, ya que el diseño arquitectónico busca la calidad de vida humana en un determinado sitio, es necesario hacer referencia a la importancia de la calidad ambiental como factor decisivo en la calidad de vida urbana. De igual forma, desde la arquitectura se ha estudiado el diseño ecológico o diseño paisajístico, es Gonzales (2014), quien nos cuenta como Alexander Pope, convirtió el principio del diseño del paisaje en simplemente la adaptabilidad de la arquitectura a su contexto, sonando incluso obvio o lógico, que al diseñar un elemento arquitectónico no se puede imponer sobre su medio, sino comprenderlo y usarlo de aliado, porque si no, ya sea por arrogancia, insensibilidad o negligencia haremos siempre arquitectura destemplada o mal aclimatada.

1.4.2.- Asistencia ecológica mediante arquitectura.

La arquitectura como mecanismo para asistir al ecosistema en su recuperación, puede ser posible si se cambia el paradigma de la arquitectura explotadora que vela por los intereses capitales, es decir, aquella arquitectura que consume los recursos naturales y que ya no es siquiera para mejorar la calidad de vida humana, sino el proceso de producción de vivienda en serie que genera expansión urbana desordenada y desequilibrada con el ambiente natural del sitio. En un principio el ecosistema natural se encontraba en equilibrio, al haber asentamientos humanos llamados próximamente ciudades, el ecosistema se alteró, fenómeno en el que se encuentra en la mayoría de las ciudades mexicanas en la actualidad, pues únicamente se alteró el ecosistema y se siguió haciendo ciudad como se piensa y se ha hecho ciudad en la historia, cambiando técnicas constructivas y métodos de desarrollo urbano,

económico y social pero en beneficio del humano y el capital, pues no todos los individuos humanos se benefician con el modelo de producción arquitectónico actual, tal es el ejemplo de las viviendas de interés social que existen en los márgenes de las ciudades, metros cuadrados mínimos, costos de construcción bajos, en algunos casos mala calidad en construcción por material baratos y una arquitectura completamente ajena al sitio natural, por lo que la calidad de vida se vuelve un tema de capacidad económica y ya no de derecho humano, es por esto que en el proceso de cambios, se debe agregar a la ciudad transformada, es decir, si ya se alteró al ecosistema de una forma negativa, ahora se debe alterar a la ciudad de forma en la que tanto los humanos de cualquier estrato social y el ambiente natural puedan coexistir y desarrollarse dentro de la ciudad transformada.

Dentro de este concepto se integran diversos términos que pueden confundirse con la recuperación ecológica, tales como la restauración o rehabilitación, pero lo cierto es que la restauración persigue su objetivo en un ecosistema aún existente que por los procesos del desarrollo de la ciudad humana se han degradado de alguna forma, mientras que por ejemplo la restauración es una parte del proceso de la recuperación, es decir se necesita restaurar para poder recuperar un ecosistema. *“La restauración ecológica tiene como objetivo proporcionar las bases científicas para la reconstrucción y el funcionamiento de los ecosistemas deteriorados y proporcionar sistemas auto sostenibles. Consiste en acciones para la recuperación parcial o total de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas que han sido alterados, generalmente por disturbios producidos por actividades antropogénicas.”* (Arias., 2006).

En la modernidad actual se han buscado estrategias que brinden oportunidades de recuperación ecológica o mitigación de daños mediante las tecnologías, pero esto nos podría llevar a una paradoja de Jevons, la cual plantea que en la introducción de tecnologías con mayor eficiencia energética se puede, desde la perspectiva global, aumentar el consumo total de energía. De este modo, no todas las mejoras en eficiencia energética se traducen en un ahorro de energía y sobre todo en la disminución del consumo, debido a que el efecto rebote depende de la dinámica del mercado, la elasticidad del consumo ante los cambios de precio-renta y de las relaciones productivas en la economía. En palabras de los decrecentistas *“las disminuciones del impacto y de contaminación unitarias se encuentran sistemáticamente anuladas por la multiplicación del número de unidades vendidas y consumidas”*. (L. Serge, 2006, citado por: Ruiz, D., et al. 2015). Esto se puede ver reflejado incluso con el incremento de las eco tecnologías, la arquitectura actual en ocasiones ha optado por el uso de eco tecnologías, ignorando que quizás en muchos casos el bienestar climático pudo haber sido analizado y proyectado desde el diseño climático arquitectónico, es decir, volver a los principios básicos de la arquitectura, tales como, el asoleamiento, el uso de los vientos dominantes, las barreras vegetales, etc. El uso de las estrategias arquitectónicas básicas para el diseño de cualquier proyecto, siendo intercambiadas por el uso de eco tecnologías. Esta crítica vista y planteada desde el objetivo de la eficiencia, ya que las eco tecnologías no son ni malas ni buenas, sino que no se deberían usar indiscriminadamente, ya que se genera una paradoja de Jevons, contaminando más con la producción y desecho de materiales para el uso momentáneo de tecnologías que caducan después de determinado tiempo, el ejemplo más claro es el de los paneles solares, prometedores de energía limpia usando baterías desechables.

De igual forma si se retoma el pensamiento del prometianismo que plantea la búsqueda del crecimiento económico a toda costa, es decir, el futuro de las siguientes generaciones dependerá del crecimiento económico ininterrumpido a manera de estimular la capacidad inventiva del humano y el desarrollo tecnológico para así poder satisfacer todas las necesidades que los humanos nos imponemos. *“Las necesidades humanas son ilimitadas mientras que los recursos son finitos - satisfacer una necesidad, y luego otra y otra, se vuelve más complejo, no habiendo otra fuente de recursos que los naturales y, de ellos, la tierra mantiene su reserva limitada.”* (Román, 2003) .

Estos pensamientos siendo contrarios a lo que se desarrollan en el ecocentrismo son un claro ejemplo de que incluso dentro de la teoría, no siempre se ve por el bienestar ecosistémico, sino que apoyan al desarrollo del capital con la finalidad de seguir explotando los recursos naturales. Lo que hace que la recuperación ecológica de un ecosistema o varios se complique, pues el capital encuentra la forma de interrumpir la labor del cuidado y preservación del bien natural.

Es por esto que más que buscar tecnologías que en conjunto con la arquitectura asistan a la recuperación ecológica, debemos retomar los principios del diseño ecológico en conjunto con la arquitectura, para volver a lo básico que sirve para limitar hasta cierto punto el consumismo capitalista exagerado de tecnologías y aplicar estrategias ecológicas.

La recuperación del ambiente físico degradado, se puede lograr a través de un proceso de estudio y trabajo, por lo que a continuación se presentan las partes del proceso de asistencia ecológica para lograr la recuperación del ambiente, no a su estado natural, sino a un estado

ya alterado que recupere los valores naturales necesarios para su funcionamiento, en coexistencia con el asentamiento humano.

1.4.3.- Ciudad y ecosistema, coexistencia base para la calidad de vida urbana.

La ciudad y el ecosistema como parte de un todo y la convivencia de sus elementos vivos internos, es esencial no solo para la calidad de vida humana que es importante sino también para la calidad de vida animal. Ya que somos dependientes directamente del ambiente físico, a tal punto de que si una calle se inunda y el transporte público no puede pasar se presenta un problema amplio para la sociedad urbana, por lo que la coexistencia de la ciudad con el ecosistema natural es esencial.

Por otro lado, también se podría entender a la ciudad como un propio ecosistema, ya que es un ambiente físico (abiótico) que contiene individuos (bióticos), pero para evitar excluir a la ciudad del ecosistema y viceversa, para efectos de la investigación se tomará al ecosistema como un todo que integra en su espacio geográfico a la ciudad.

“Si se acepta que una alta calidad ambiental está asociada a aquellas situaciones del ambiente que favorecen la mejor calidad de vida de las personas que pertenecen a un sistema humano dado, y que la calidad de vida está determinada tanto por factores objetivos como por satisfacciones subjetivas, se desprende que la calidad del ambiente debe necesariamente incluir aspectos objetivos y subjetivos...” (Leff, 2000).

Por lo que la calidad ambiental entonces estará sujeta tanto a los valores objetivos, tales como los valores numéricos (índices de calidad del aire y agua, cantidad de vegetación nativa e invasora, número de fauna nativa y la calidad de su desarrollo, entre otros), como por los

valores subjetivos como la perspectiva positiva y negativa, así como las relaciones que se dan dentro del ambiente, intercambio que puede o no haber al estar en un ambiente degradado o conservado.

1.5.- Cuencas hidrológicas y planeación urbano – ecológica.

Las cuencas hidrológicas, más allá de ser el espacio geográfico dónde se administra y circula el agua, también son el ecosistema dónde se realizan todos los intercambios de energías y acciones, situación que determina el sitio como base para el desarrollo social, económico y ecológico, pues es el sitio geográfico donde se da tipo de asentamiento humano, es decir, cualquier asentamiento está dentro del espacio de una cuenca o varias cuencas, que a su vez integrarán subcuencas y microcuencas.

En la definición dada por la Ley General de Aguas Nacionales, es claro el funcionamiento de las cuencas desde su topografía, hasta como por ser un espacio delimitado geográficamente genera que cualquier ecosistema este enclavado dentro de una cuenca hidrológica, pues es donde habitan y coexisten tanto los recursos naturales principalmente el agua como unidad de gestión y alimentación, pero también la flora y fauna, siendo el humano también catalogado dentro de la fauna existente en cualquier ecosistema.

1.5.1.- Funcionamiento natural de las cuencas hidrológicas.

Siendo la cuenca hidrológica un espacio geográfico que incorpora diversos factores y actores en mutuo intercambio de energías y acciones, convierte a la propia cuenca en un sistema complejo que incluso interactúa dentro de su territorio, las ciudades, que son otro sistema complejo, es decir que puede haber complejidad incluso dentro de la complejidad. El autor García plantea que, *“El territorio de la cuenca facilita la relación entre sus habitantes,*

independientemente de si éstos se agrupan allí en comunidades delimitadas por razones político-administrativas, debido a su dependencia común a un sistema hídrico compartido, a los caminos y vías de acceso y al hecho de que deben enfrentar peligros comunes.’’ (Charria., 2006, pág. 1) De esta forma se comprende también que la cuenca se estructura por múltiples factores naturales y humanos delimitados en un espacio físico.

La sostenibilidad también puede ser vista como un sistema complejo, pues pasa lo mismo que con la ciudad, al a ver tantos factores y actores interactuando, las variables son impredecibles y están en constante cambio. *‘‘El estudio de un sistema complejo lleva a identificar los componentes del sistema: los elementos, los límites del sistema, y sus interrelaciones, tanto internas como externas’’*. (Rescia, 2006, pág. 114). Es importante señalar esto, pues al estar trabajando bajo territorio de las cuencas hidrológicas, se necesitan delimitar que relaciones tienen estas cuencas y cuáles son las limitantes geográficas del propio territorio, esto haciendo un espacio amplio de contexto natural.

Por otro lado, *‘‘Hoy en día, la ecología de cuencas hidrológicas se presenta como base para el ordenamiento del territorio, para una planificación y gestión integrada del agua y los recursos comunes a diversos países que comparten estos recursos’’*. (Leff, 2010, pág. 108) Este pensamiento que Leff presenta es aplicable a un mismo territorio nacional, pues en el caso de México, que su territorio es gran amplitud geográfica, comparte diversas cuencas dentro de su espacio físico, pues entre sus estados se cruzan las regiones hidrográficas, pues como antes se mencionó este país está conformado por 13 regiones, buscando así su mayor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos naturales, pues el agua es lo que alimenta y da vida al resto de los recursos necesarios para el desarrollo óptimo de las sociedades.

1.5.2.- Cuencas hidrológicas unidades de planeación socio-ecológicas.

El recurso hídrico ha sido una de las bases para el desarrollo humano en cualquier civilización, su importancia no solo está en la base de la existencia biológica de la especie, sino que, con este recurso se potencializa incluso la industria y producción de bienes y servicios para los asentamientos humanos. *“...los asentamientos humanos obedecen a la presencia de cuerpos y corrientes de agua que detonan el desarrollo económico y permiten la sanidad necesaria de los centros urbanos.”* (Capitanachi., 2011, pág. 5). El continuo uso indiscriminado del agua por parte de los asentamientos humanos, presentan una paradoja interesante y alarmante a la vez, ya que los asentamientos, toman literal el agua de los cuerpos hídricos cercanos a los asentamientos, y por otro lado estos mismo asentamientos llámense ciudades en la actualidad, contaminan el recurso hídrico, tanto mediante aguas residuales, desechos de residuos sólidos y con el uso de agroquímicos, así como con la intensa demanda del recurso se explotan los ecosistemas naturales, tanto para el uso del suelo, es decir, expansión territorial de las ciudades, así como para el aprovechamiento del agua, sea para consumo o para generación eléctrica mediante presas hidroeléctricas. De igual forma, aunque se respete el orden natural del recurso, el agua siempre será un tema de necesidad para los espacios urbanos, *“El agua, entendida como recurso, también puede experimentar variaciones en sus ciclos de entrada y salida, y convertirse en un factor limitante en el mantenimiento de la biota o conjunto de organismos vivos de los espacios urbanos.”* (Cubino, J. P. Et al, 2015).

El tema de las cuencas hidrológicas como medio para el ordenamiento territorial, México comúnmente se conoce con las divisiones políticas que conforman a los 32 estados en la nación. Pero México tiene otra manera de ordenamiento guiada principalmente por el

enfoque ecológico, este ordenamiento se basa en las divisiones de cuencas hidrográficas - administrativas, las cuales delimitan los alcances de las principales cuencas del país, dividiéndolo en 13 regiones. Estas regiones alimentan a un determinado número de habitantes y municipios. Pero el ordenar a un país o a una región fuera de las fronteras políticas y generar fronteras ecológicas no se ha logrado del todo, pues cada estado ve por el bienestar de lo que está dentro de su territorio, en lugar de trabajar en conjunto para lograr mejores resultados para el ecosistema completo.

La economía ambiental, que plantea el autor David W. Pearce, parece ser fundamental, pues como es cierto, la mayoría de los recursos naturales tiene precio dentro del mercado. El autor señala que la energía solar sería un caso perfecto para comprender como un recurso natural como la luz solar no puede tener precio dentro del mercado. A menos que se tomara en cuenta el hecho de su aprovechamiento energético para calentar dentro del uso doméstico o industrial, es decir el uso de la energía implica desviarla o almacenarle con algún dispositivo, por lo que se le da un precio de mercado a la energía que se obtiene, aunque no sea un recurso natural que se extraiga tal cual.

Dentro del mismo enfoque de los problemas ambientales el autor menciona que: *“Si permitimos que las vías acuáticas se usen como tiraderos de los afluentes municipales o industriales, impedimos el uso de tales vías para la pesca, el baño y la recreación, aunque hasta cierto punto pueden desarrollarse estas actividades al mismo tiempo.”* (Pearce., 1985, pág. 12).

1.5.3.- Ciudad y expansión en las cuencas hidrológicas.

Al hablar de urbanismo hay que señalar que es una disciplina en continuo cambio y crecimiento pues al referirse en el sentido etimológico el urbanismo es todo lo que estudia a la ciudad, etimológicamente, el término urbanismo proviene de urbe = ciudad; urbano = lo que es de una ciudad, así también se puede comprender como que el urbanismo puede ser el aglomeramiento de una población en un espacio específico como se ve en el libro “La cuestión urbana” de Castells, dónde se señala el termino de urbanización como “*La concentración espacial de la población a partir de unos determinados límites de dimensión y densidad*”. (Castells, 1974). Al tomar el termino de urbanismo o urbanización surge el tema de la relativa problemática de la cultura urbana, es decir en algunos casos por los factores que imperan se puede entender a la urbanización como un problema, ya que como menciona el autor Manuel Castells la urbanización dependerá del tipo de producción, un sistema de valores y una forma particular de asentamiento espacial, la ciudad, cuyas características principales serían la dimensión y la densidad. Siendo la manera de medir a la urbanización hasta el momento la ciudad, lo que señala que se puede comprender un espacio si está urbanizado o no por el número de habitantes (densidad poblacional) y el tamaño de la ciudad donde están aglomerados (dimensión). De igual forma la problemática de la urbanización se puede explicar o entender desde tres ramas que la caracterizan: La ideología de lo urbano, las formas espaciales y los procesos de reproducción colectiva de la fuerza de trabajo.

Castells plantea que la ideología urbana, principalmente en las sociedades dependientes, tiene un pensamiento neomalthusiano, ya que se piensa que en los países subdesarrollados la

problemática urbana va orientada a la tasa de crecimiento poblacional es decir que se cree que la base del problema es crecimiento de población sin tomar en cuenta que diferencias habría de un crecimiento en un tipo de ciudad a otra, haciendo un sinfín de estudios demográficos útiles pero que no explican el fenómeno urbano adecuadamente. De igual manera se retoma el concepto de la forma espacial, es decir la ciudad como urbanización dependiente. Se entiende esta dependencia ya que la ciudad por sí sola no subsiste, es un elemento consumidor de los bienes y productos externos a la misma. Este fenómeno también conduce a la aglomeración, lo que lleva a una concentración de fuerza de trabajo que no encontrará rentabilidad a sus servicios, generando una urbanización salvaje en la periferia que crece de manera descontrolada. Lo mismo se ve reflejado en la parte social donde debido a una sociedad con una dinámica desigual, se ven marcados los sectores dominantes y los menos favorecidos, generando lo que el autor llama un dualismo en las estructuras urbanas latinoamericanas. Lo mismo es desde el punto de vista de los procesos de reproducción colectiva en el modo de producción capitalista a escala mundial, pues esto significa que el humano se ve inmerso en las demandas del mercado, así como en la lucha constante de clases señalando que los sectores dominantes acumulan capital, mientras la fuerza de trabajo se reproduce y de igual forma reproduce el llamado ejército de reserva.

De igual forma el urbanismo como se señaló anteriormente se puede comprender como lo material construido por el hombre llamase ciudad, esta ciudad es el resultado de las realidades desarrolladas por cada cultura, es decir, la composición de la ciudad se da por diversos factores siendo lo económico, social, ambiental y jurídico los principales. Este concepto de ciudad se ve desarrollado al decir que *“La ciudad no constituye en ellas un dato más de la*

realidad, sino que es, en muchos aspectos, la manifestación más expresiva de esta realidad o, al menos, representa el gran escenario para las acciones más significativas de la vida moderna''. (Lezama., 1993). Comprendiendo esto de manera sencilla como el hecho de la ciudad es la expresión de la realidad ya sea cultural, económica, geográfica o social de cada población. Pues hay una diferencia abismal entre una ciudad mexicana y una ciudad francesa simple y sencillamente partiendo del hecho de las sociedades son distintas, su entorno y contexto son distintos y sus estados gobiernan de forma diferente a sus ciudadanos.

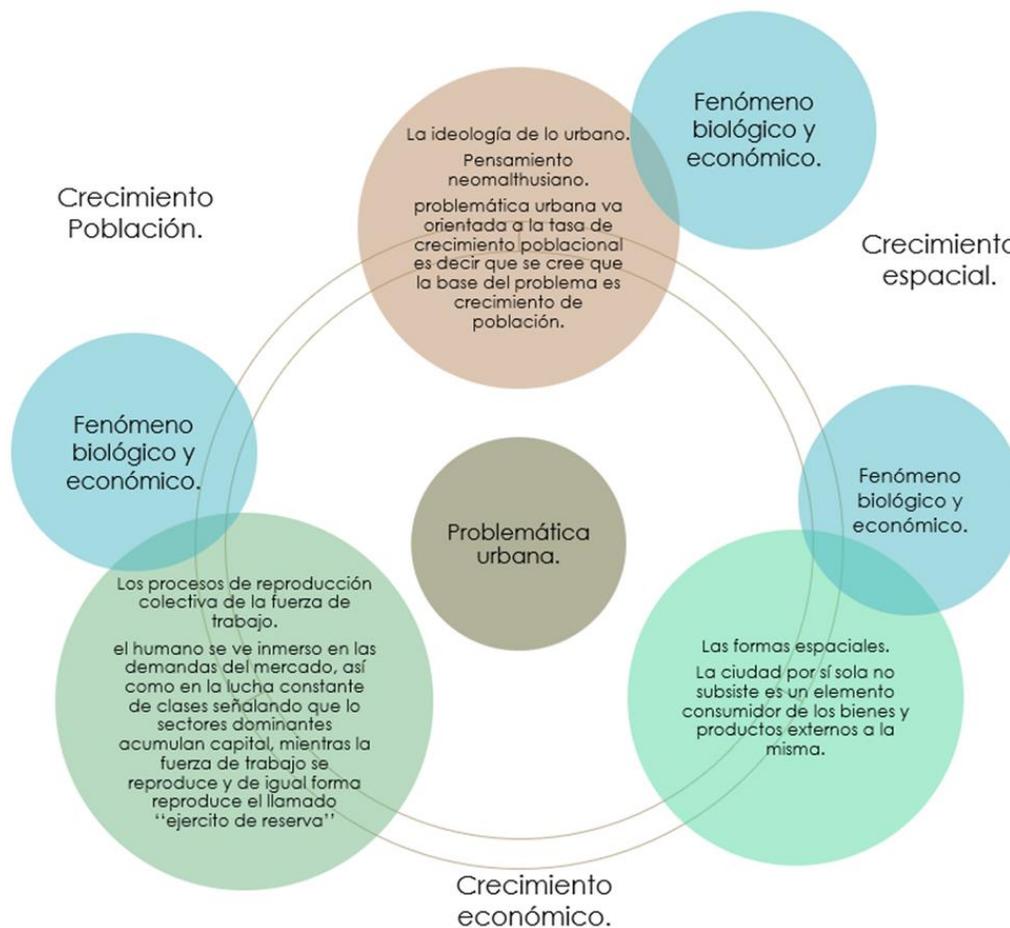


Diagrama 3 Diagrama de entendimiento de la problemática urbana, interpretación del autor con información de Castells (1974).

Las teorías aquí manejadas son las que comenzaron a hablar de un urbanismo profundo que ya no solo veía a la ciudad como espacio físico, sino que buscaba comprender a la ciudad como un ente en continuo crecimiento y evolución ‘ *‘El desarrollo económico y crecimiento urbano de una sociedad altamente jerarquizada y desigual en la que, como señala Touraine, se expresa la crisis del modelo capitalista francés, que estalla en 1968, es el contexto en el cual toma cuerpo el primer gran intento de reflexión sociológica sobre la ciudad por pensadores de corte marxista. Este movimiento, que lleva de Lefebvre a Castells, efectúa una de las rupturas más significativas en el pensamiento urbanístico, al replantear muchos de los enunciados y propuestas analíticas referentes a la ciudad y a los llamados problemas urbanos.’*’ (Lezama., 1993, pág. 247) Como señala el autor, la teoría urbana se hace presente en la modernidad, mediante estos dos pensadores que plantean cosas similares Lefebvre retomando el principio de los modelos de producción, la lucha de clases y la industrialización como base de la urbanización y por lo tanto como puntos clave de la problemática actualmente presentada en algunas ciudades, ya que no se puede comprender a toda la urbanización como un problema, pues la urbanización planeada y ordenada no genera problema alguno, el caso que Castells presenta sobre Francia representa la planeación y ordenamiento de la ciudad descentralizando los núcleos urbanos y generando una mejor distribución de la densidad poblacional.

Dentro de la misma urbanización hay un concepto fundamental para esta investigación que es la expansión urbana, la autora Martha Rosa Schteingart (2006) define que ‘ *‘La expansión urbana es consecuencia además de una forma extensiva de organización del espacio que ha generado la ocupación de amplios territorios periféricos con la consecuente destrucción de*

recursos naturales, el deterioro de suelos, de zonas boscosas y la fuerte disminución de la recarga de acuíferos''. (Scheingart, 2006, pág. 1) Señalando claro que no hay expansión urbana sin haber primero una ciudad urbanizada que expandir, es decir la expansión urbana es la consecuencia directa de la problemática urbana, ya que cuando una ciudad ya no se da abasto y su densidad poblacional rebasa las dimensiones del espacio físico (ciudad), la densidad busca apropiarse de las periferias que se tenían en los límites de esa ciudad, degradando cualquier ecosistema que existiera en esos límites.

La capacidad regenerativa de los ecosistemas dependerá de la forma en la que se dé la expansión urbana, es decir, si la ciudad se planifica y diseña de tal forma en la que al momento de darse la expansión o crecimiento se tomen en cuenta las bases ambientales de los sitios y los requerimientos de los mismos, de igual forma, como se mencionó, cada ciudad se encuentra dentro de una cuenca hidrológica, por lo tanto, comprender el funcionamiento de la misma antes de realizar cualquier tipo de expansión urbana de las ciudades será fundamental para saber el índice de recuperación o regeneración ecosistémica en coexistencia con la propia ciudad, de esta forma se evitarán futuras consecuencias negativas sociales, económicas y ambientales.

**Capítulo 2.- Características
ambientales, históricas y
arquitectónicas de la
subcuenca Río Sabinal.**

Introducción de capítulo.

La disciplina de la arquitectura es indivisible del contexto en el que se encuentre, por lo que es imprescindible para cada proyecto arquitectónico o de investigación arquitectónica, que se estudie y analice el contexto natural en el que se encuentra el objeto de estudio, que en este caso específico es la degradación ambiental y ecológica de la Subcuenca Río Sabinal. Por lo que a continuación se presentan una comparativa de cinco diferentes estaciones climatológicas ubicadas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, para observar y analizar los cambios climatológicos que hay entre ellas y la importancia del ecosistema del río Sabinal así como sus zonas vegetales para el confort térmico, de igual forma se desarrollaron un conjunto de planos que sirven para establecer las bases ambientales de la investigación, de esta forma se podrá aspirar a obtener mejores resultados en la propuesta de estrategias arquitectónicas. De igual forma, dentro del capítulo se hace una breve reseña de la historia de la ciudad en relación con el ecosistema del Río Sabinal, ya que es necesario comprender cómo fue que arquitectónicamente se absorbió el ecosistema, con la finalidad de lograr integrar la ciudad existente con el ecosistema recuperado.

Introducción metodológica:

El capítulo 2 nombrado: Características ambientales, históricas y arquitectónicas de la subcuenca Río Sabinal, está integrado por las características ambientales, comenzando con la descripción de las cinco estaciones climatológicas, estas cinco estaciones, se seleccionan ya que son las que se encuentra dentro de la zona urbana, los datos analizados fueron obtenidos de la base de datos del Sistema Meteorológico Nacional y de la Comisión

Nacional del Agua que en conjunto tienen un archivo KMZ (archivo que se utiliza para mostrar datos geográficos en un navegador terrestre), el cual se abre en el programa Google Earth Pro, seleccionando las estaciones deseadas por su ubicación en relación con la ciudad y el río, se puede ver la información de los valores mensuales, de los cuales para esta investigación únicamente se tomaron aquellos datos que correspondían a la temperatura media mensual y a la lluvia total mensual, del conjunto de datos de ambos campos, se seleccionó la media obtenida en todos los años que la estación ha estado funcionando, de esa forma se obtuvieron las tablas de datos de las cuales únicamente se generó una gráfica para poder ejemplificar los resultados, la sección de climatología de la investigación es de gran relevancia para poder comparar los datos y acercarse al entendimiento de la relación que existe de la ciudad con el ambiente natural del río. Posteriormente se hace una recopilación de planos ambientales que sientan las bases ambientales de la investigación, estos planos fueron desarrollados partiendo de un polígono de investigación diseñado para el caso de estudio de la Subcuenca del Río Sabinal en relación con la ciudad, por lo que no se toma la Subcuenca completa, sino que se toma principalmente la zona de la ciudad, así como una microcuenca del Río San Fernando al norte-poniente de la ciudad. Los planos fueron desarrollados con información de las cartas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), así como con información obtenida del programa Global Mapper para las curvas de nivel, que sirvieron para comprender la topografía de la zona.

Los datos manejados en el capítulo 2, resultan primordiales para la comprensión de la situación ambiental actual, así como del desarrollo histórico de la ciudad en relación con el Río Sabinal.

2.1.-Descripción climatológica.

Climas: Clima Aw₀. (Caliente subhúmedo con lluvias en verano). A(C)w₁ (Semicálido, subhúmedo con lluvias en verano, el intermedio del grupo).

Caso de estudio: Subcuenca río Sabinal en el municipio de Tuxtla Gutiérrez Estado de Chiapas.

“En la república mexicana los lugares con clima AW se extienden a lo largo de la vertiente del pacífico desde el paralelo 24°N hacia el sur y abarcan desde el nivel del mar hasta una altitud de unos 800 o 1000 m; por el lado del Golfo de México, se le encuentra al sur del paralelo 23°N en algunas de las partes más bajas de la llanura costera, y también en la parte de la península de Yucatán, así como en algunas zonas interiores, tales como la cuenca de la Balsas y la Depresión Central de Chiapas.” (García, E. 2004).

Estación climática Tuxtla Gutiérrez. 07-095. (García, E. 2004).

Awo(w)igw''

Altitud: 528 m Sobre el mar. Distancia de la estación al río: 1,040 m.

Clima cálido subhúmedo, el más seco del grupo. Con una temperatura media anual de 24.5°.

Con lluvias de verano, la precipitación anual de 892.3 mm y una precipitación invernal de 1.4%. La oscilación térmica es de 4.8 °C. Con Marcha Ganges en el mes de mayo con 27°C y canícula en agosto.

Temperatura media.

Tabla 1 Temperatura media. Estación 07-095.

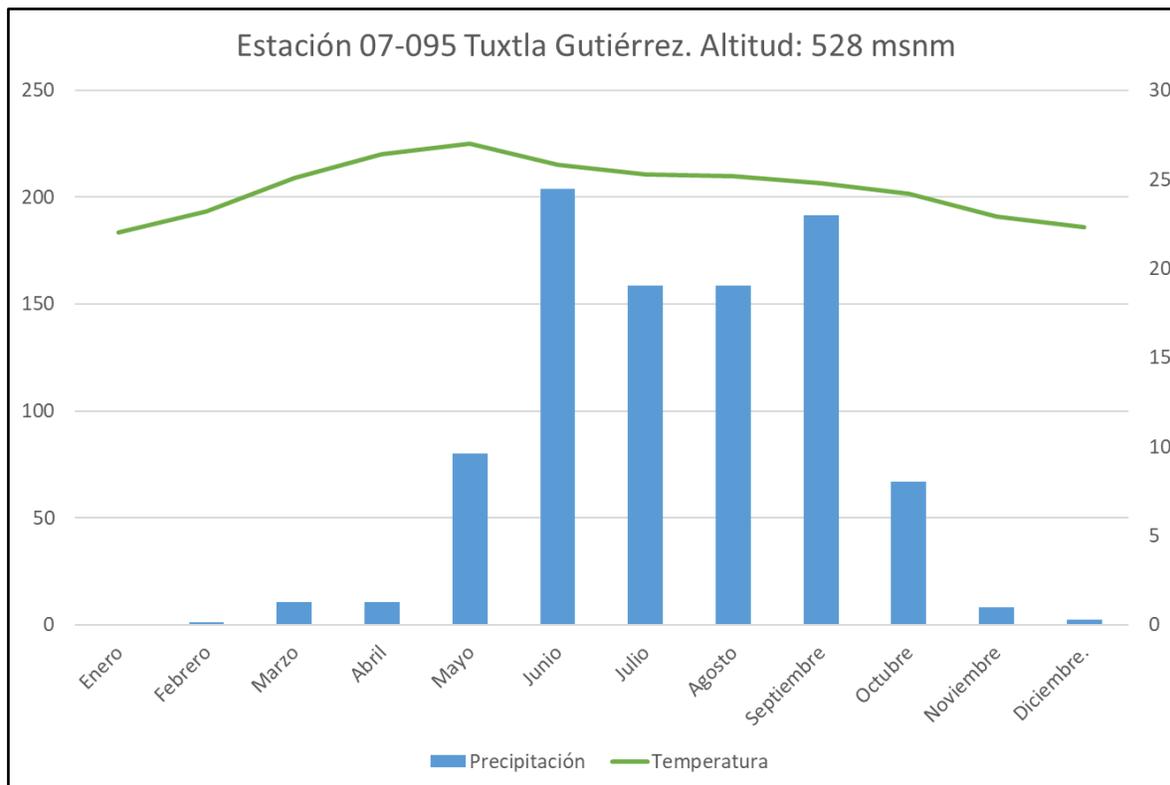
En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Media.
22.2	23.2	25.1	26.4	27.0	25.8	25.3	25.2	24.8	24.2	22.9	22.3	24.52

Precipitación media.

Tabla 2 Precipitación total. Estación 07-095

En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Precipitación total anual.
0.4	1.1	10.6	10.5	80.0	203.7	158.6	158.5	191.4	67.0	8.3	2.2	892.2

Gráfica 1 Climograma. Estación 07-095.



Estación climática Tuxtla Gutiérrez. 7165 (OBS) (CONAGUA-SMN) (1994-2010)

$A_{w_0(w)}i'gw''$.

- Oscilación térmica= $27.4^{\circ}-22.3= 5.1$
- Porcentaje de lluvia invernal= $0.45+1.11+7.59= 9.15 = 1.39\%$.
- Cociente P/T= $657.26/24.7^{\circ}= 26.60 \leq 43.2$ (Indicador de que es w_0)

Clima cálido subhúmedo, el más seco del grupo. Con una temperatura media anual de 24.7° . Con lluvias de verano, la precipitación anual de 657.26 mm y una precipitación invernal de 1.39%. La oscilación térmica es de 5.1°C . Con Marcha Ganges en el mes de mayo con 27.4°C y canícula en julio. Altitud: 570 msnm. Distancia de la estación al río: 525.76m.

Temperatura media.

Tabla 3 Temperatura media. Estación 7165

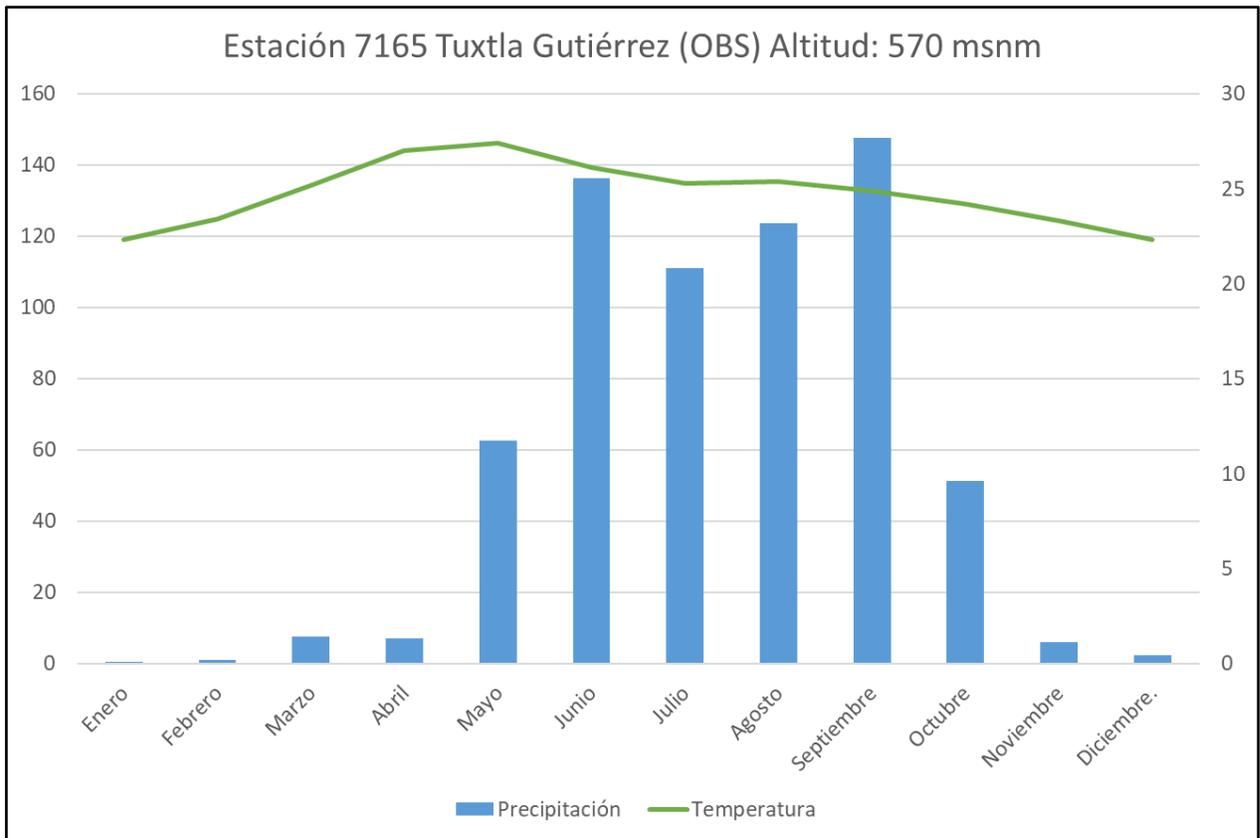
En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Media.
22.3	23.4	25.2	27.0	27.4	26.11	25.3	25.4	24.9	24.2	23.3	22.3	24.7

Precipitación total anual.

Tabla 4 Precipitación total. Estación 7165.

En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Precipitación total anual
0.45	1.11	7.59	7.01	62.53	136.30	111.09	123.72	147.58	51.52	6.00	2.36	657.26

Gráfica 2 Climograma. Estación 7165.



Estación climática Tuxtla Gutiérrez. 7202 (DGE) (CONAGUA-DGE) (1951-2018)

$A_{w0}(w)i'gw''$.

- Oscilación térmica= $28.67^{\circ}-22.5= 6.17$
- Porcentaje de lluvia invernal= $1.01+1.95+2.60= 5.56 = 0.57\%$.
- Cociente P/T= $974.69/25.6^{\circ} = 38.07 \leq 43.2$ (Indicador de que es w_0)

Clima cálido subhúmedo, el más seco del grupo. Con una temperatura media anual de 25.6° . Con lluvias de verano, la precipitación anual de 974.69 mm y una precipitación invernal de 0.57%. La oscilación térmica es de 6.17°C . Con Marcha Ganges en el mes de mayo con 28.67°C y canícula en julio. Altitud: 543 msnm. Distancia de la estación al río 519.56 m.

Temperatura media anual.

Tabla 5 Temperatura media. Estación 7202.

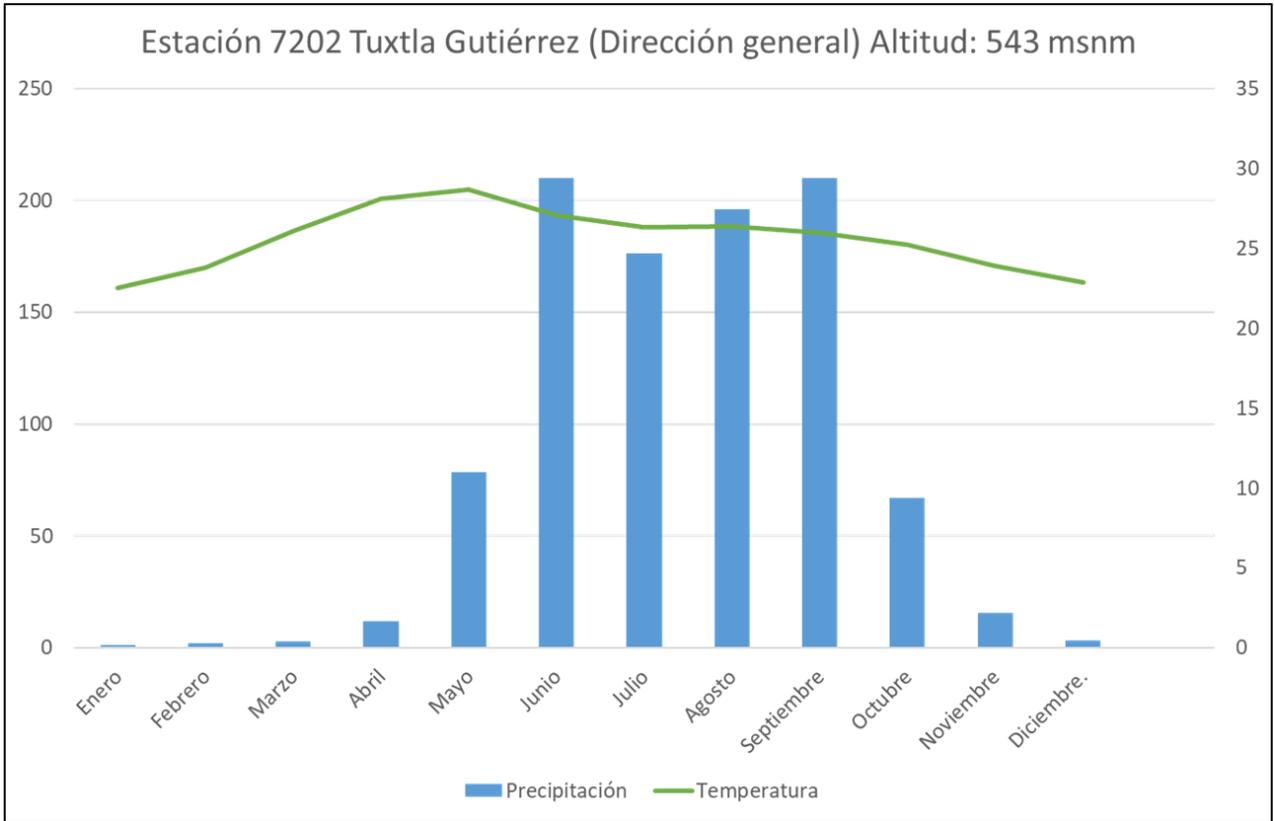
En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Media.
22.5	23.8	26.12	28.11	28.67	27.05	26.35	26.41	26.0	25.23	23.89	22.87	25.6

Precipitación total.

Tabla 6 Precipitación total anual. Estación. 7202.

En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Precipitación total.
1.01	1.95	2.60	11.91	78.54	210.05	176.43	196.14	210.16	67.00	15.62	3.28	974.69

Gráfica 3 Climograma. Estación 7202.



Estación climática Tuxtla Gutiérrez. 7176 (CFE) (1971-2017).

$A_{w_0}(w)i'gw''$.

- Oscilación térmica= $28.51^\circ - 22.60 = 5.91$
- Porcentaje de lluvia invernal= $1.36 + 2.13 + 3.4 = 6.89 = 0.66\%$.
- Cociente P/T= $1,033.61 / 25.6^\circ = 40.37 \leq 43.2$ (Indicador de que es w_0)

Clima cálido subhúmedo, el más seco del grupo. Con una temperatura media anual de 25.60° . Con lluvias de verano, la precipitación anual de 1,033.61 mm y una precipitación invernal de 0.66%. La oscilación térmica es de 5.91°C . Con Marcha Ganges en el mes de mayo con 28.51°C y canícula en julio. Altitud: 532 msnm. Distancia de la estación al río 376.76 m.

Temperatura media.

Tabla 7 Temperatura media. Estación 7176.

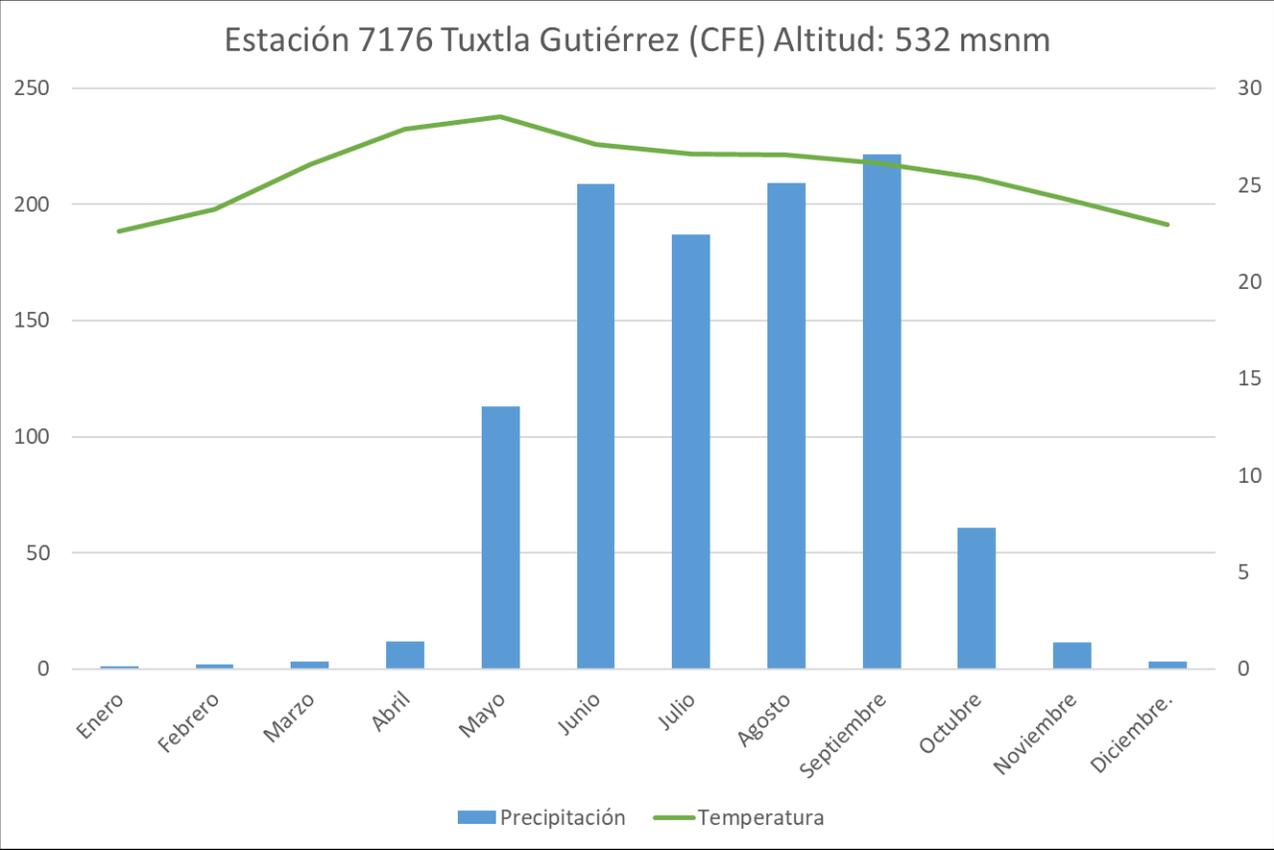
En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Media.
22.60	23.77	26.06	27.89	28.51	27.12	26.59	26.54	26.12	25.38	24.18	22.94	25.6

Precipitación media.

Tabla 8 Precipitación media. Estación 7176.

En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Precipitación total anual.
1.36	2.13	3.4	12.03	113.12	208.63	186.9	209.05	221.74	60.48	11.49	3.28	1,033.61

Gráfica 4 Climograma. Estación 7176.



Estación climática El Sabinal. 7238 (CONAGUA-DGE) (1988-2018).

A(C)w₁(w)i'gw''.

- Oscilación térmica= 23.98°-18.27= 5.71
- Porcentaje de lluvia invernal= 18.05+14.26 +7.85= 40.16 = 3.527%.
- Cociente P/T= 1,138.59/21.53° = 52.88, entre 43.2 y 55.3 (Indicador de que es w₁)

Clima semicálido subhúmedo, el intermedio del grupo. Con una temperatura media anual de 21.53°. Con lluvias de verano, la precipitación anual de 1,138.59 mm y una precipitación invernal de 3.527%. La oscilación térmica es de 5.71 °C. Con Marcha Ganges en el mes de mayo con 23.98°C y canícula en julio.

Temperatura media.

Tabla 9 Temperatura media. Estación 7238.

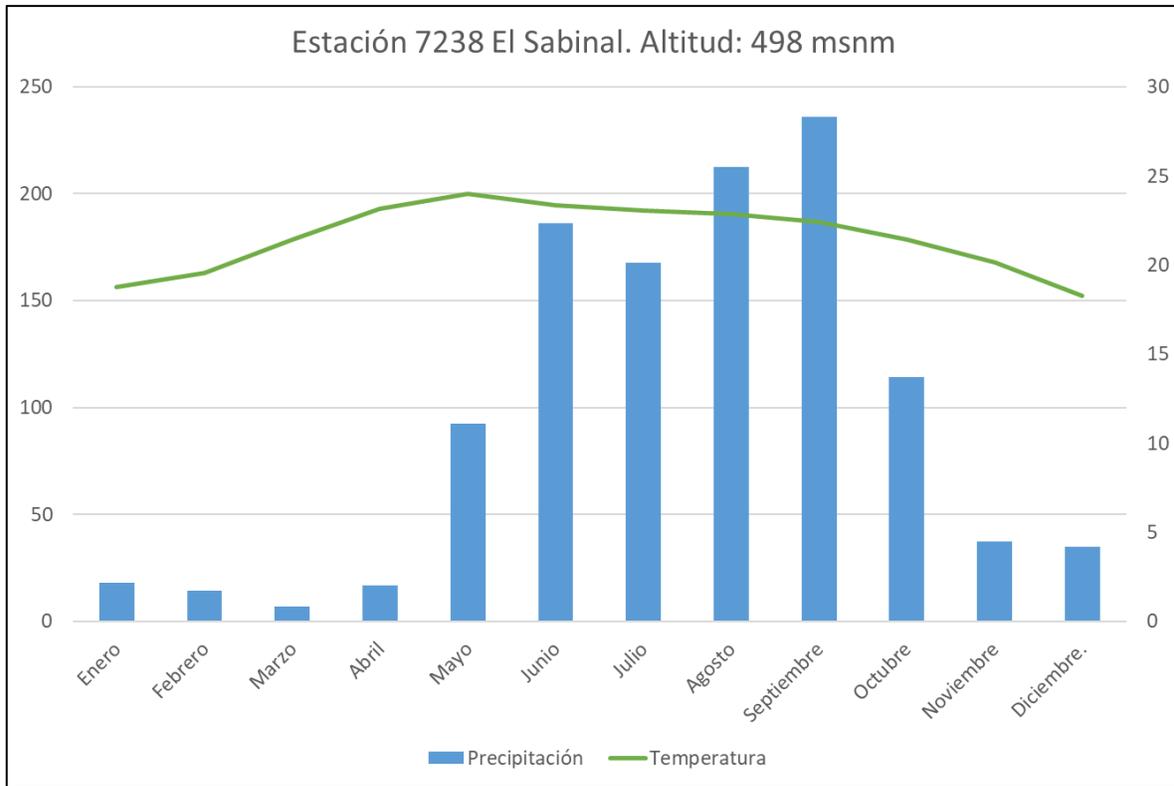
En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Media.
18.78	19.57	21.41	23.17	23.98	23.34	23.07	22.87	22.427	21.42	20.16	18.27	21.53

Precipitación media.

Tabla 10 Precipitación media. Estación 7238.

En.	Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Precipitación total anual.
18.05	14.26	7.85	16.93	92.38	186.11	167.84	212.39	236	114.24	37.50	35.04	1,138.59

Gráfica 5 Climograma. Estación 7238.



2.1.1.- Comparativa de las cinco estaciones climatológicas.

Al comparar las cinco diferentes estaciones climatológicas podemos ver que hay diferencias en la temperatura y precipitación de la estación más cercana al Río Sabinal (Estación El Sabinal. 7238) con respecto a las estaciones que están más lejanas al río, así como el hecho de que esta estación está inmersa dentro de una matriz permeable de vegetación, por lo que podemos ver el potencial de confort térmico urbano y arquitectónico del río y su vegetación con respecto a la ciudad, la cual tiene un problema de temperatura llegando a temperaturas medias de 25.6°C, mientras que la temperatura media de la estación El Sabinal. 7238 es de 21.53°C, habiendo una diferencia de 4.07° C, la diferencia aun que es un resultado importante para la comparativa de diferentes datos climatológicos dentro de la ciudad, también se debe señalar que los datos pueden seguir cambiando con el paso del tiempo, ya que los cambios climatológicos pueden ser cíclicos y cambiantes, los resultados obtenidos son principalmente de importancia ya que señalan la importancia del Río Sabinal cómo ecosistema aprovechable para la ciudad, además de ser un justificante acerca del tema realizado en esta investigación, el ambiente conservado con su vegetación y cuerpos de agua generan evapotranspiración, el proceso que ocurre en las plantas con relación al agua, por lo que hay mayor precipitación en esta estación climatológica, lo que permite también tener mejor confort térmico. Por otro lado también en la comparativa de la altitud podemos ver cómo el factor de la altitud queda rezagado comparativamente con la distancia que hay de las estaciones al río, demostrando que la relación del río con los cambios en temperatura y precipitación es la clave para mejorar el calidad de vida de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, al saber esto, es imprescindible la recuperación del espacio natural del Río Sabinal para recuperar la relación del río con la ciudad y poder lograr la recuperación ecosistémica integral, mejorando el intercambio de

relaciones entre los individuos de este ambiente, incluyendo al ser humano que comparte el contexto transformado del Río Sabinal.

Es importante también mencionar que la comparativa es el resultado de los datos obtenidos por las bases de datos, por lo que la clasificación del clima de un sitio basada en la metodología de Enriqueta García pueden cambiar con el tiempo, ya que como ya se mencionó los datos climatológicos son variables al paso del tiempo por diversos factores.

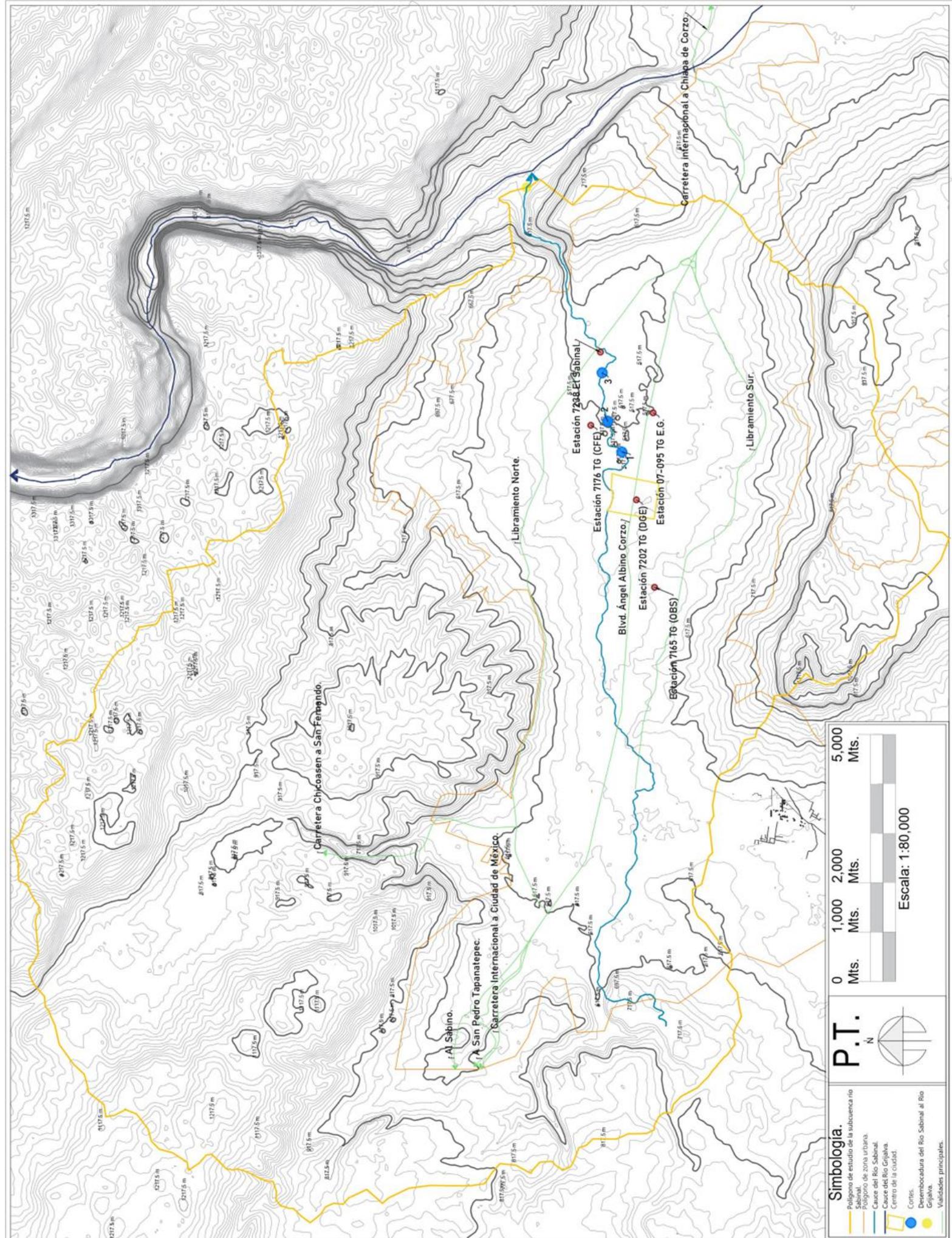
Tabla 11 Comparación de temperatura y precipitación de las 5 estación que hay en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Estación	Temperatura en grados Celsius	Precipitación	Distancia de la estación al río.	Altitud msnm
Tuxtla Gutiérrez. 07-095	24.52	892.2	1,040.0 m.	528
Tuxtla Gutiérrez. 7165	24.7	657.26	525.76m.	570
Tuxtla Gutiérrez. 7202	25.6	974.69	519.56 m.	543
Tuxtla Gutiérrez. 7176 (CFE).	25.6	1,033.61	376.76 m.	532
El Sabinal. 7238	21.53	1,138.59	32.32 m.	498

2.2.- Plano topográfico base (P.T.)

El plano topográfico base, muestra cómo está conformada la topografía del polígono de estudio, mostrando Curvas maestras a cada 100 metros y curvas de nivel a cada 20 metros, viendo principalmente cómo las curvas de nivel se amplían en la parte baja del valle, en donde también se encuentra el centro de la ciudad marcado con un polígono amarillo al centro, así como se muestra la ubicación de las estaciones climáticas antes mencionadas, para poder comprender el contexto del estudio y análisis ambiental que se hace en la comparativa de las 5 estaciones existentes y su cercanía con el río Sabinal. De igual forma se muestran las principales vialidades de la ciudad y la desembocadura del Río Sabinal al Río Grijalva, también se puede apreciar la formación del Cañón del sumidero, así como se puede ver claramente cómo la ciudad está delimitada por 2 cimas, en el lado Norte y en el lado Sur. Acompañando a este plano base, se muestran los cortes realizados en la zona de estudio (Puntos azules en el plano), estos cortes son realizados con el propósito de observar en el estado que está actualmente el río Sabinal en aspectos formales.

De igual forma es importante mencionar que el plano fue realizado con las curvas de nivel a cada 20 metros obtenidas del programa Global Mapper 18, utilizando información del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), con la herramienta creación de elevaciones. Para el plano urbano, se utilizó el plano de catastro de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. La elaboración del polígono de investigación es de elaboración propia mediante el programa AutoCad encontrando las cimas en las curvas de nivel y trazando el polígono con base a la zona deseada para estudiar y las características topográficas del sitio. El plano urbano base fue utilizado para realizar el resto de planos para las bases ambientales del estudio.



Simbología.	
	Polígono de estudio de la subcuenca río Sabinal.
	Polígono de zona urbana.
	Cauce del Río Sabinal.
	Cauce del Río Grijalva.
	Centro de la ciudad.
	Corris.
	Desembocadura del Río Sabinal al Río Grijalva.
	Valledades principales.

P.T.

0 Mts. 1,000 Mts. 2,000 Mts. 5,000 Mts.

Escala: 1:80,000

Ilustración 3 Elaboración propia (2021), con información de Global Mapper 18, BiblioCad (plano de catastro T.G.)



Fotografía 3 Corte 1 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2022).

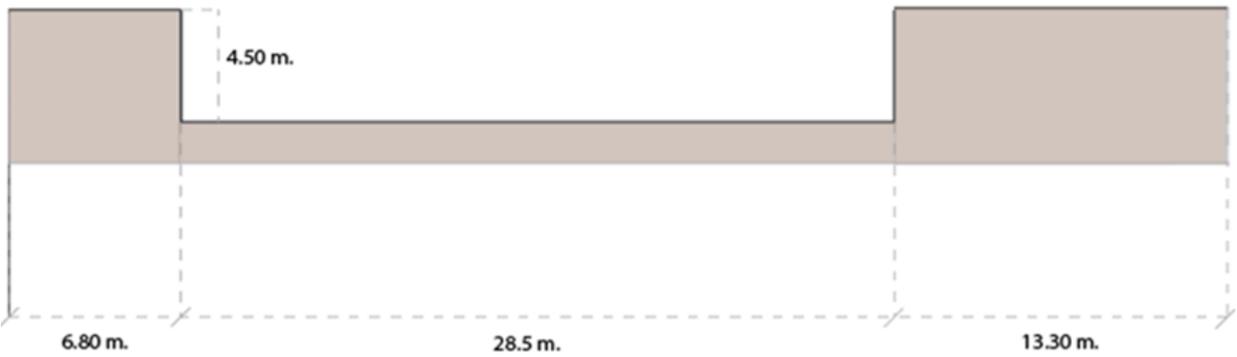
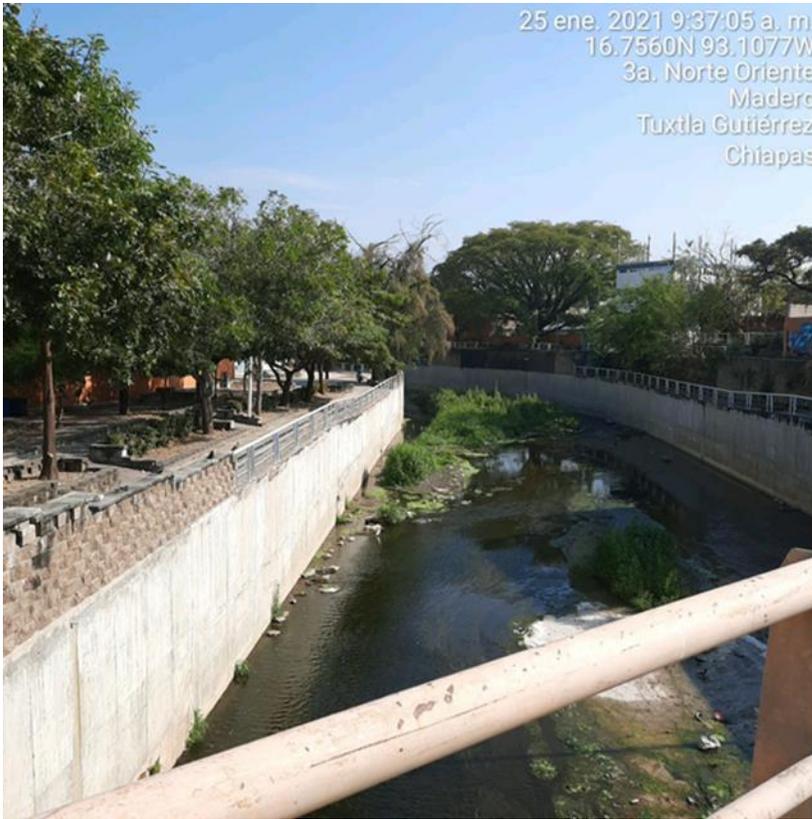
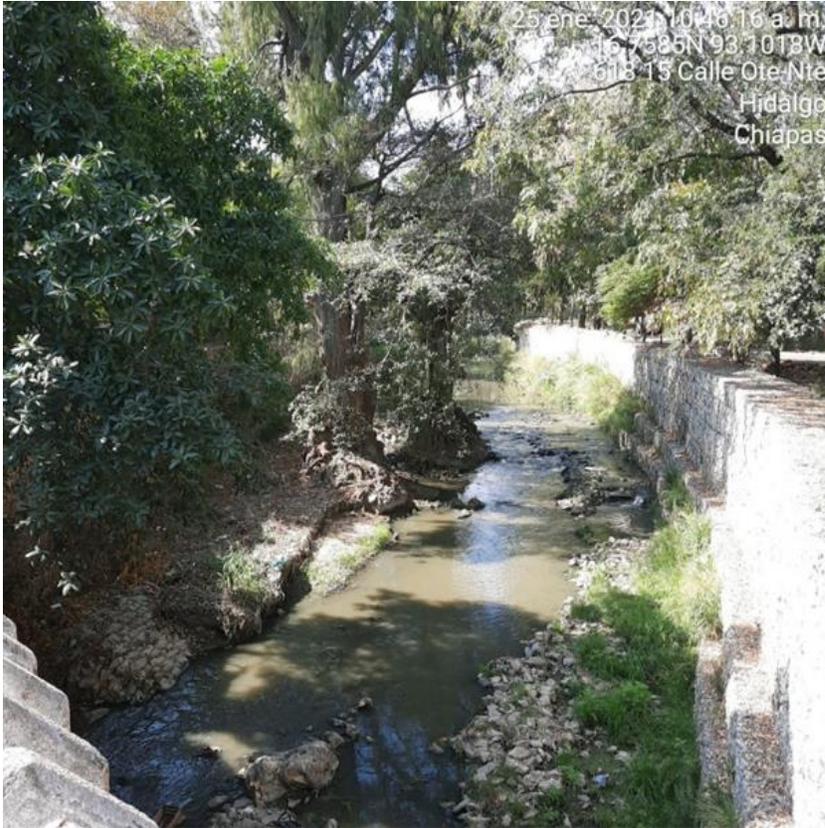


Ilustración 4 Corte 1 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).



Fotografía 4 Sitio del Corte 1 Cauze principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).

En el corte 1, podemos ver claramente la pérdida completa de las riberas naturales del río, así como el fondo natural, esta acción antropocentrista, responde a la necesidad de reducir el coeficiente de Manning, haciendo que el río vaya más rápido para evitar perjudicar a la población del centro. De igual forma, no solo se deterioró el ambiente natural del río, sino que se rompió cualquier tipo de interacción con el ecosistema, perdiendo vegetación y por lo tanto fauna, así como los beneficios ambientales que se consiguen de un ecosistema sano, tales como los vistos en los cambios de temperaturas en las diferentes estaciones climatológicas.



Fotografía 6 Sitio del corte 2 Cauce principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).

En el corte 2, se puede apreciar la vegetación natural del río Sabinal, pese a la separación física que hay entre las riberas del río y el propio cauce, así como la disminución del espacio de la ribera, del lado izquierdo, necesitando 10 metros de cada lado por ley federal. De igual forma, se imposibilita el acceso del peatón al ambiente natural del río.



Fotografía 7 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 477 Araucarias, El Vergel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2022).

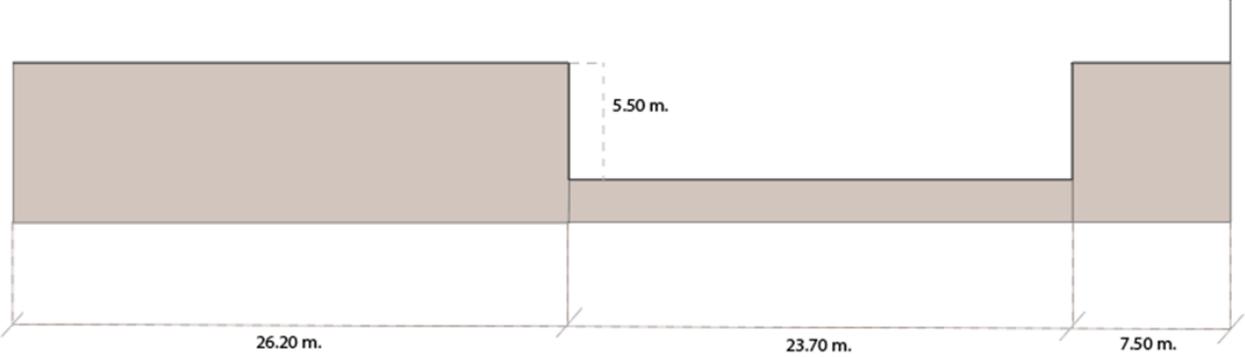


Ilustración 6 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 477 Araucarias, El Vergel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).



Fotografía 8 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Elaboración propia.

En el corte 3 se alcanza a ver que el río amplió su cauce, teniendo del lado derecho una ribera inundable con vegetación propia y delimitado por un muro de 5.50 metros de alto. Del lado derecho se tiene directamente el muro de gavión de 5.50 metros. Continuado por una calle de terracería con poca vegetación cultivada.

2.3.- Plano urbano del área de estudio (P.U.)

El polígono de esta investigación se encuentra enmarcando al valle de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, la ciudad se encuentra contorneada por un conjunto de cimas tanto en el norte como en el sur, dejando al medio el valle que es cruzado de forma longitudinal de poniente a oriente por el río Sabinal hasta su desembocadura en el río Grijalva, estando la conexión de ambos ríos dentro del parque nacional Cañón del Sumidero. Por otro lado, dentro del polígono en la zona norponiente se enmarca también una microcuenca perteneciente al municipio de San Fernando, esta micro cuenca se añade al polígono de la investigación para comprender el funcionamiento de la subcuenca río Sabinal y hacer énfasis en la carga de agua que recibe el río. Arquitectónica y urbanamente hablando, el plano nos muestra como la ciudad se ha expandido a lo longitudinal por el centro del valle, desarrollando sus tres principales vialidades de oriente a poniente, también se puede apreciar como el cauce principal de subcuenca cruza de poniente a oriente, el centro de la ciudad se ubica al lado del cauce principal y la ciudad se ha ido extendiendo conforme a la topografía y por donde se ha permitido, teniendo principalmente un crecimiento hacia el sur, siendo la topografía del norte más complicada para integrar edificaciones, así como la limitante del Parque Nacional Cañón del Sumidero.

El plano urbano representa la traza urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez incluyendo calles, puentes que crucen el río Sabinal, el trayecto del río por la ciudad, el centro de la ciudad, la topografía para ver cómo funciona la ciudad con la topografía del sitio.

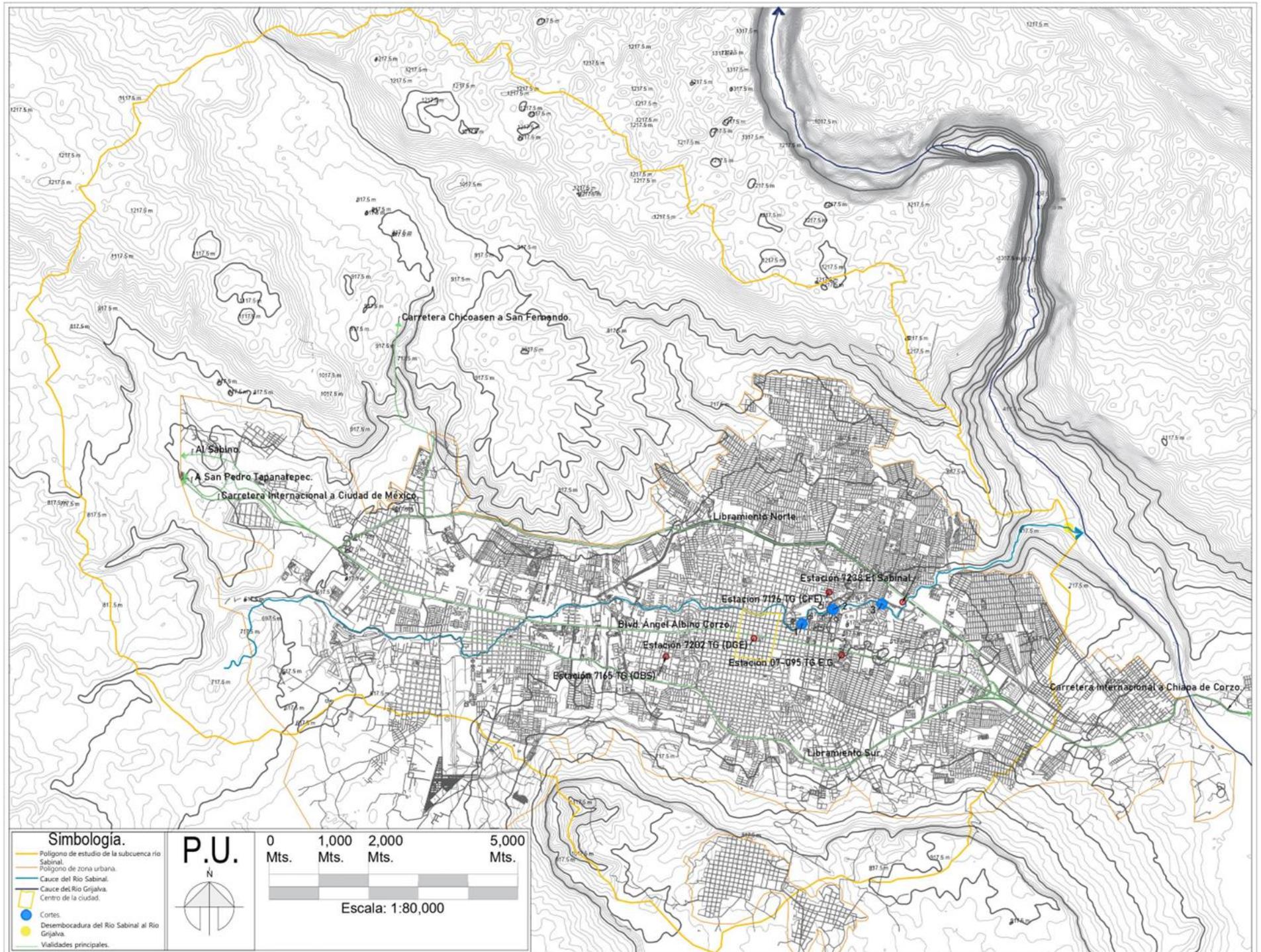


Ilustración 7 Plano Urbano (P.U.). Elaboración propia (2021), con información de Global Mapper 18, BiblioCad (plano de catastro T.G.)

2.4.-Plano de altimetría.

En el plano de altimetría se representan las diferentes alturas que hay dentro del polígono de estudio, la parte baja del valle va de 417.5 metros a 517.5 metros de altura, esta altura va aumentando conforme se sube a las cimas de las montañas que enmarcan al valle. Cada cambio de altura en la representación es a cada 100 metros, teniendo así 9 cambios de altura. En el norte del polígono se puede apreciar la parte más alta que llega a ser de 1317.5 metros, esto señala el importante cambio de altura que se da desde las cimas hasta valle, lo que influye al cuantioso número de escurrimientos superficiales que alimentan al río Sabinal.

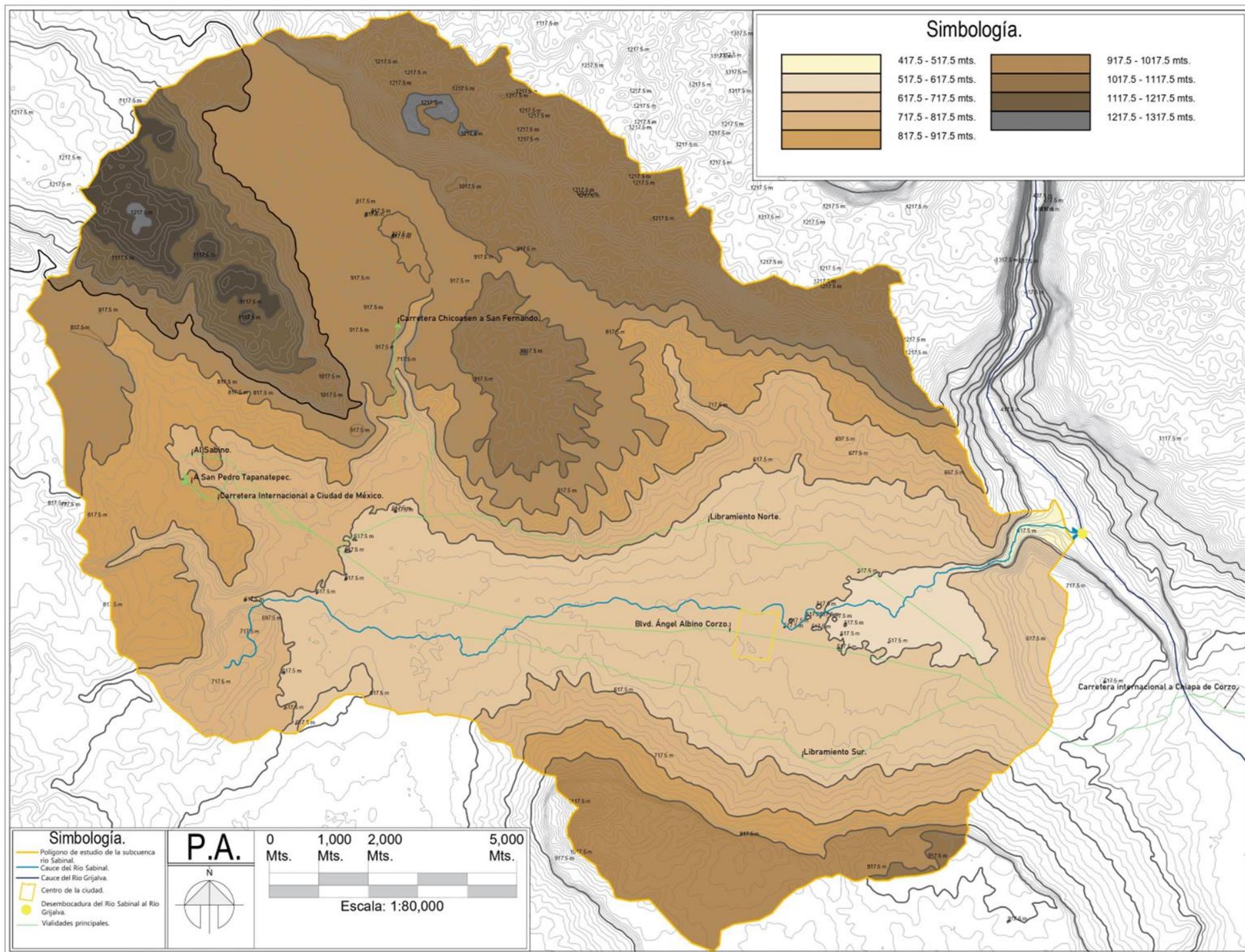


Ilustración 8 Plano altimetría (P.A.), de elaboración propia, con información de Global Mapper 18, (2021).

2.5.- Plano geológico.

El plano geológico del polígono de estudio fue obtenido de la carta geológica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de la escala 1:250,000, del año 1985. Carta geológica de Tuxtla Gutiérrez serie E15-11. En esta carta se refleja que dentro del polígono de estudio se tiene un tipo de suelo que se encuentra en la parte más baja del valle junto con el trayecto del río por la ciudad es decir la parte central del suelo se encuentra en la altura de 417.5 metros del polígono, este suelo es aluvial, lo cual arquitectónicamente no es favorable para la edificación pues el suelo es blando y más recomendable para uso agrícola, por otro lado, se encuentran cuatro tipos de roca, la predominantes es Te(ar-cg) arenisca-conglomerado, del periodo paleógeno, época del eoceno, estando principalmente en la parte media hacia el norte y poniente del polígono. De igual forma el segundo sedimento con mayor cantidad dentro del polígono es la limolita aluvial que pertenece de igual forma al periodo paleógeno, época del eoceno, este sedimento se encuentra principalmente en la parte sur del polígono en la ladera de la montaña, en un rango aproximado de 517.5 a 717.5 metros, los dos últimos sedimentos son la lutita-aluvial y la caliza lutita, la lutita-aluvial se encuentra en menor cantidad, teniendo su mayor aparición en el lado norponiente del polígono enmarcando a la limolita aluvial que se encuentra ahí también, estas se encuentran a una altura aproximada de 717.5-817.5 metros y se relacionan también a la fuerte presencia de agua en la zona, pues se encuentran dónde está la microcuenca de Berriozábal, teniendo zonas de posible inundación por los escurrimientos que bajan de las montañas vecinas. Por último, en las partes más altas del polígono se encuentra la caliza-lutita, siendo esta el sedimento con mayor antigüedad que hay dentro del polígono, siendo del periodo cretácico, de la época superior, estando a una altura aproximada de 917.5-1317.5 metros. De igual forma en la parte

alta de la cima Sur de Copoya hay un tipo de roca sedimentaria Caliza. Por otro lado, dentro del mismo plano geológico, también se representan las fallas normales y fracturas teniendo la falla normal más significativa contorneando la ladera de la montaña norte, incluso viendo que corresponde en algunos puntos al cambio de roca que se presenta en el sitio. De igual forma una fractura significativa en el polígono se encuentra pasando acercada a las cimas de la montaña norponiente cortando prácticamente por la mitad longitudinal a la montaña que está dentro del polígono. Dentro del trayecto del río por la ciudad que es el caso de estudio propio de la investigación no se encontraron fallas normales o fracturas, ya que de igual modo no hay roca, sino únicamente suelo.

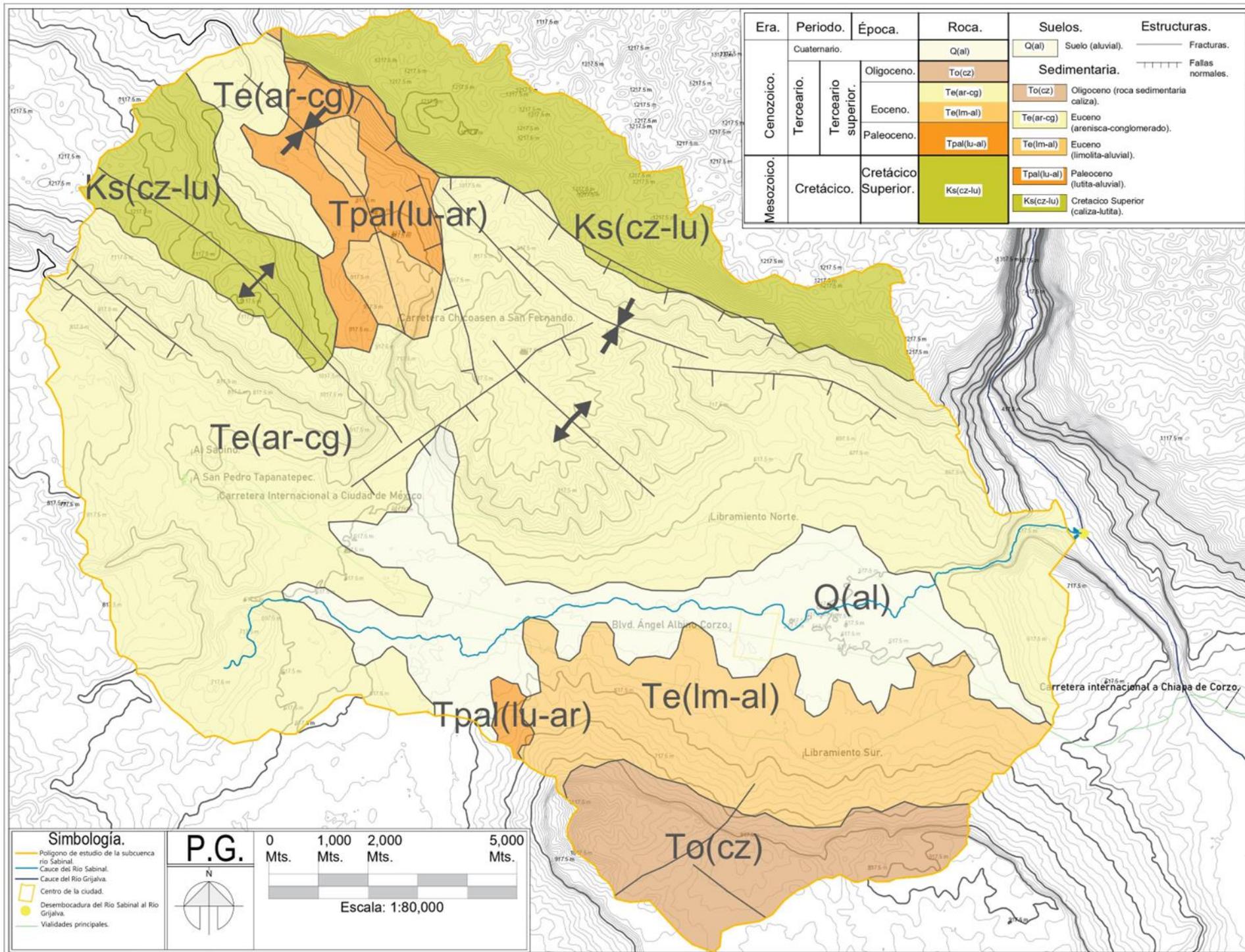


Ilustración 9 Plano Geológico, de elaboración propia, con información de la carta geológica de Tuxtla Gutiérrez, INEGI de la escala 1:250,000, del año 1985, serie E15-11 y curvas de nivel a cada 20 metros del programa Global Mapper 18.

2.6.- Plano Edafológico.

Para la realización del plano edafológico de este estudio, se utilizó la carta edafológica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de la escala 1:250,000, del año 2007. Serie II Tuxtla Gutiérrez E15-11. Dentro del polígono de estudio se encuentra la zona del valle de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez señalada como suelo urbano, aunque por la carta geológica se sabe que no tiene sedimentos sino un suelo aluvial correspondiente a la cantidad de agua recibida por el río Sabinal. Por otro lado, se tiene que el suelo predominante, principalmente en la zona norte del polígono es el suelo leptosol, teniendo limitaciones físicas en este suelo de lítico menor de 10 cm y epiléptico 10 a 500 cm, correspondiente a los sedimentos de arenisca-conglomerada y caliza-lutita principalmente. En la zona poniente el suelo predominante es el vertisol, con limitaciones físicas edopetrocálcico de 50 a 100 cm, así como epiléptico 10 a 500 cm, en la ladera de la montaña en la zona sur se tiene principalmente un suelo regosol con limitaciones físicas de epiléptico 10 a 500 cm, correspondiente al sedimento limolita-aluvial, este mismo suelo se presenta en la parte norponiente en menor cantidad y con una limitación física de endoléptico de 50 a 100 cm. Por último, en menor cantidad tanto en la parte norponiente como en la parte suroriente del polígono se encuentra el suelo luvisol, en ambos sitios presenta la misma limitación física que es endoléptico de 50 a 100 cm.

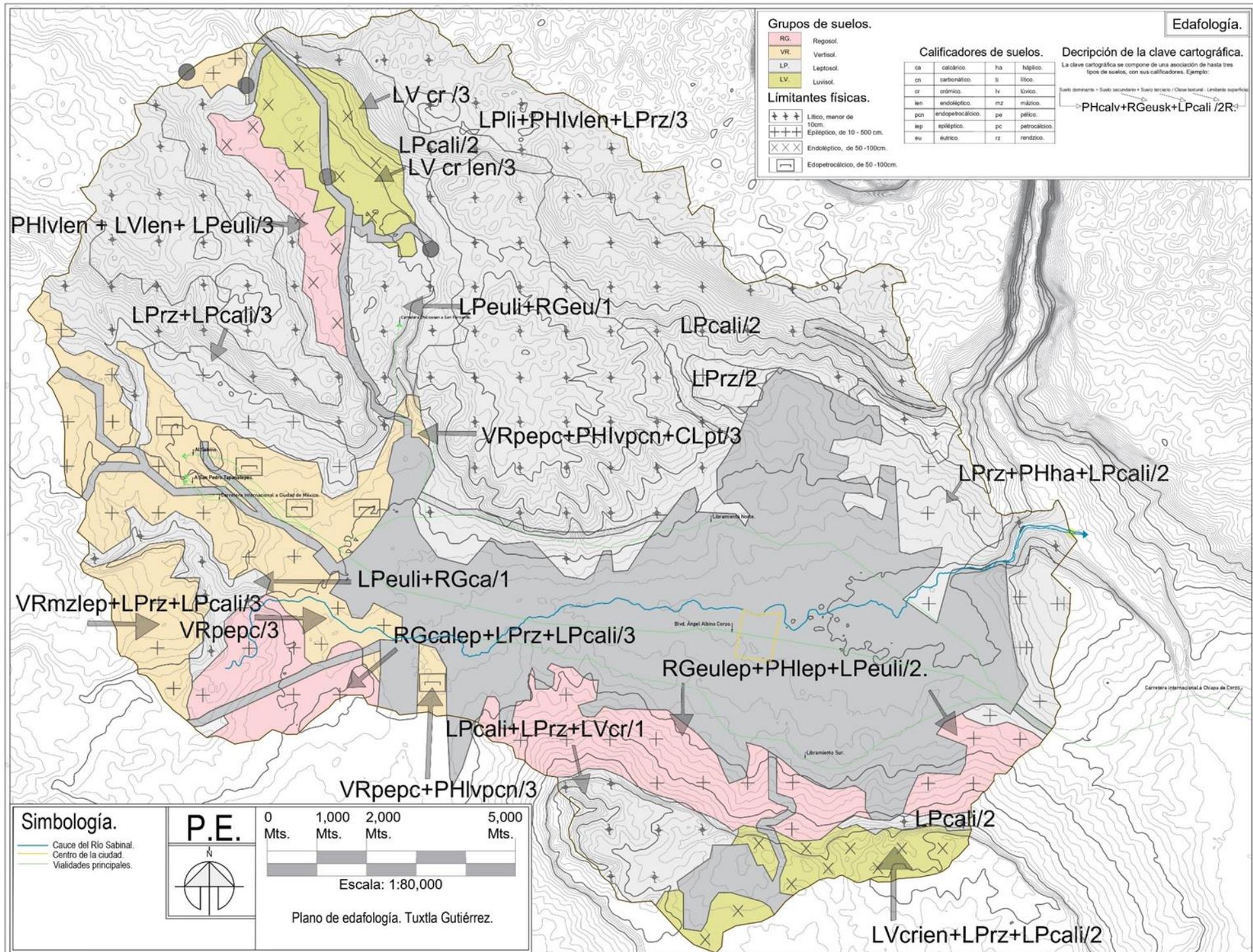


Ilustración 10 Plano edafológico. Elaboración propia (2021) con información de Global Mapper 18 para las curvas de nivel y de la carta edafológica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de la escala 1:250,000, del año 2007. Serie II Tuxtla Gutiérre

2.7.- Plano de vegetación.

Para la realización del plano de vegetación de este estudio, se utilizó la carta de vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de la escala 1:250,000, del año 2013. Serie V, Tuxtla Gutiérrez E15-11. Dentro del polígono de estudio se presenta la zona de valle de Tuxtla Gutiérrez como zona urbana al igual que en el plano edafológico, a las afueras de esta zona urbana la vegetación predominante en el polígono de estudio es la selva baja caducifolia esta vegetación se encuentra tanto en el lado norte y en el lado sur, teniendo intervenciones de uso pecuario de pastizal cultivado, así como suelos de uso agrícola temporal con usos anuales. En la parte norte donde se encuentran las partes más altas del polígono se encuentra una vegetación de selva media subcaducifolia, mientras que en menor cantidad se encuentra vegetación de bosque de encino tanto en la parte norte oriente, así como en la parte norte central del polígono.

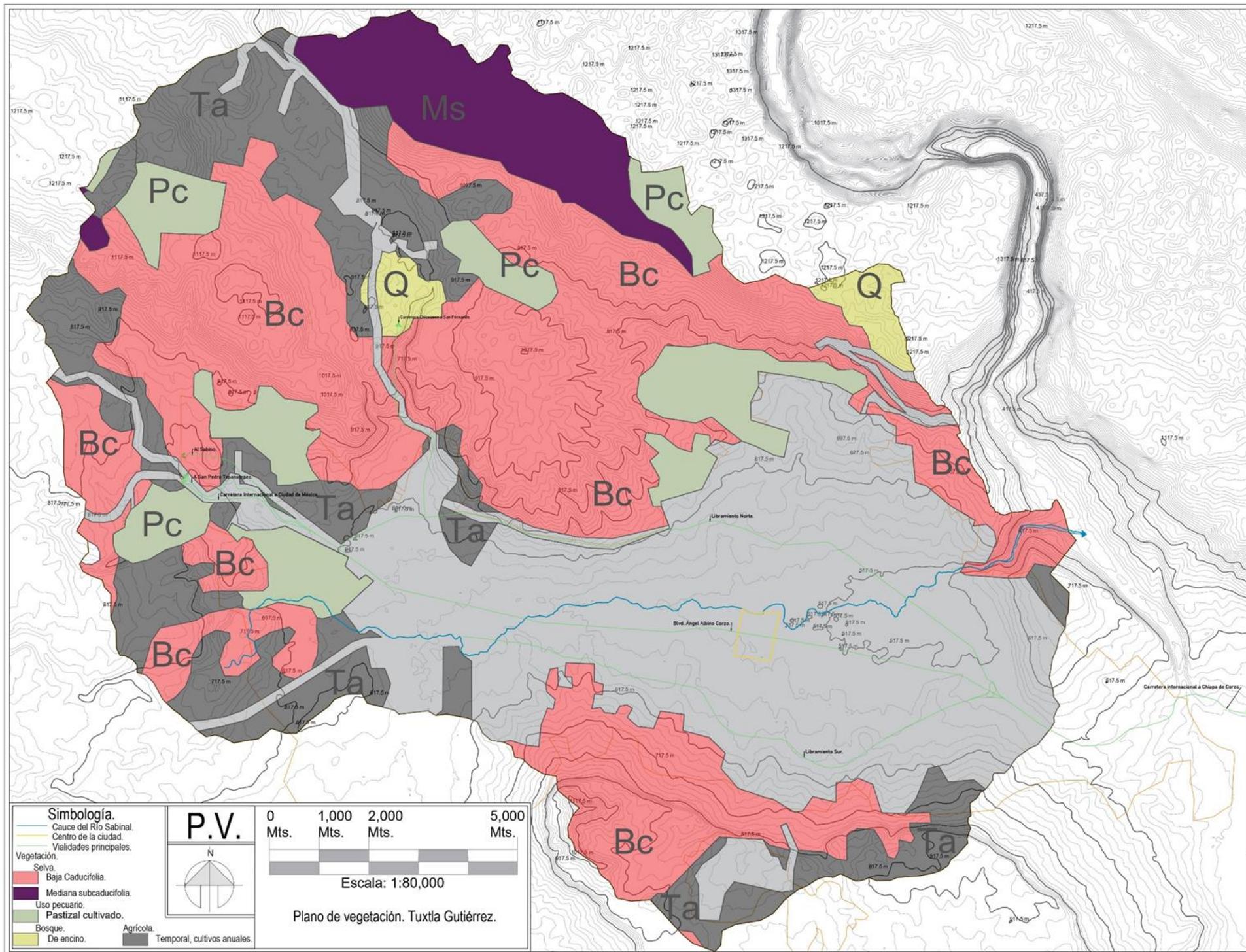


Ilustración 11 Plano de vegetación. Con información de la carta de vegetación. (INEGI) de la escala 1:250,000, del año 2013. Serie V, Tuxtla Gutiérrez E15-11 y curvas de nivel a cada 20 metros del programa Global Mapper 18.

2.8.- Plano de escurrimientos superficiales.

El plano base de escurrimientos fue hecho con el propósito de comprender el funcionamiento de los escurrimientos superficiales que están dentro del polígono de estudio a la misma escala del plano urbano, es decir, con curvas de nivel a cada 20 metros, esto también para relacionar el cómo funciona el río Sabinal y su alimentación por diversos escurrimientos superficiales y microcuencas, siendo la cuenca del río Sabinal una cuenca exorreica que desemboca en el río Grijalva y por lo tanto desemboca en un cauce principal que después de cruzar el Estado de Tabasco desemboca en el mar. En el caso del polígono de estudio se enmarcó la alimentación del Río Sabinal por parte de la microcuenca del municipio de Berriozábal haciendo énfasis a la cantidad de recurso hídrico que tiene el cauce. En este plano se señalan también las zonas de posible inundación.

Arquitectónicamente el plano nos muestra que la ciudad fue construida principalmente a lo largo del valle de la subcuenca, por lo que se construyó sobre los márgenes o los mismos cauces de los escurrimientos superficiales, haciendo que sean zonas de riesgo de inundaciones y degradación ambiental que como se ha explicado anteriormente genera también degradación de la calidad de vida dentro de la propia ciudad. De igual forma en plano base de escurrimientos podemos ver como en comparativa con el urbano hay una zona inundable amplia que está cubierta por edificaciones y algunos espacios libres, generando riesgos de inundación y daño estructural a las edificaciones.

De igual forma se hace una calificación de drenajes para poder comprender cómo funcionan, los escurrimientos dentro de la cuenca del polígono de estudio, encontrando que hay 3 tipos de drenajes, que corresponden también al tipo de roca que hay en cada zona.

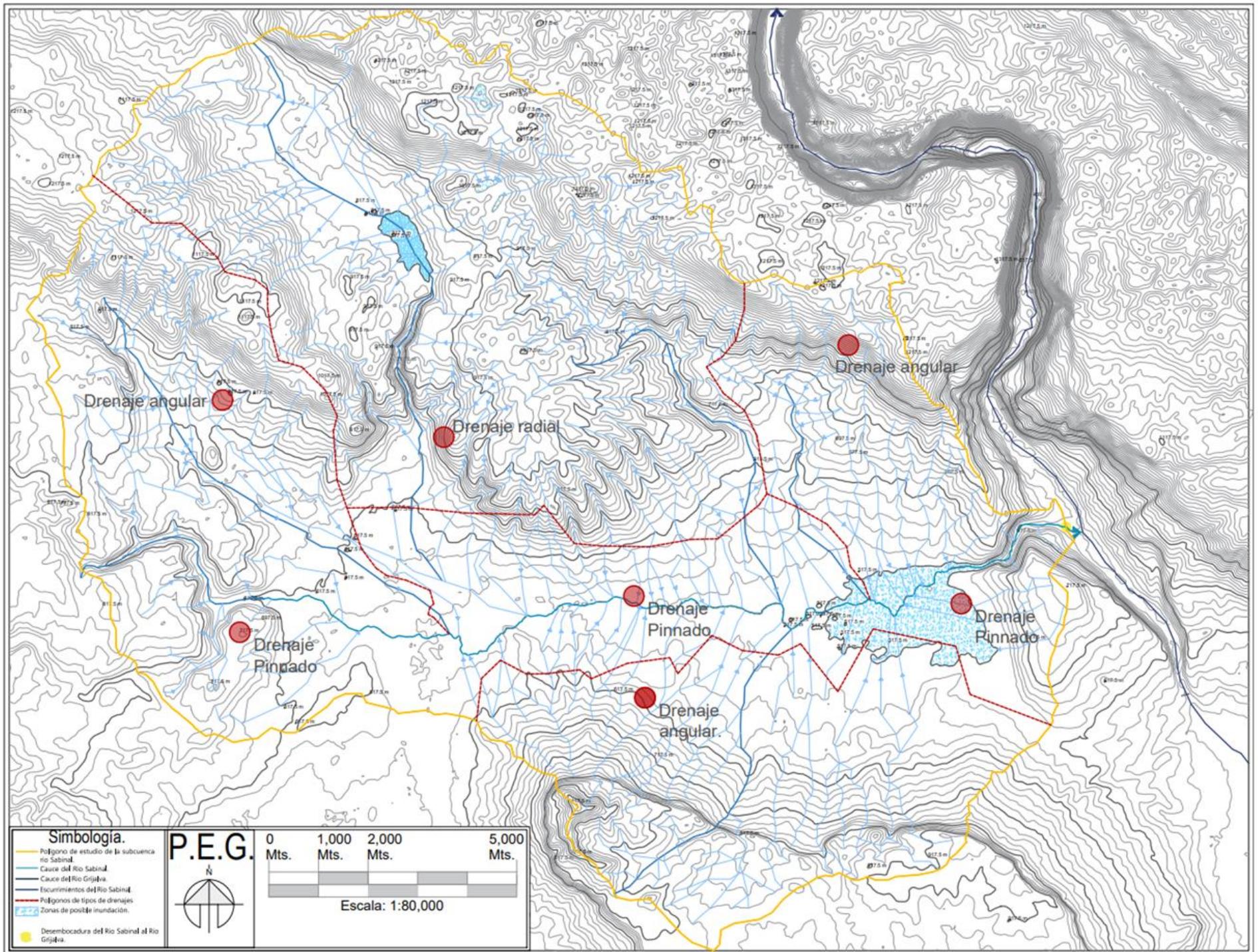


Ilustración 12 Plano de escurrimientos general, con información de curvas de nivel a cada 20 metros, del programa Global Mapper 18.

2.9.-Plano de escurrimientos superficiales 2 (P.E.S.2).

En este estudio se presenta de igual forma un plano de escurrimientos superficiales enfocado al valle de Tuxtla Gutiérrez únicamente a una escala más pequeña teniendo las curvas de nivel a cada 2 metros de distancia, pudiendo hacer un acercamiento al detalle del funcionamiento de los escurrimientos. Por otro lado, dentro del plano se representa el trayecto del río Sabinal por la ciudad y a su vez el trayecto que siguen las partes más bajas de la topografía en la subcuenca. Dando a conocer que quizás el cauce del río fue transformado por la mano humana mientras la ciudad se expandía, de igual forma se puede comprender que el valle está formado por terrazas fluviales que hacen que el agua se concentre en ciertos puntos. Plano de altimetría. En el plano de altimetría se representan las diferentes alturas que hay dentro del polígono de estudio, la parte baja del valle va de 417.5 metros a 517.5 metros de altura, esta altura va aumentando conforme se sube a las cimas de las montañas que enmarcan al valle. En el norte del polígono se puede apreciar la parte más alta que llega a ser de 1317.5 metros, esto señala el importante cambio de altura que se da por desde las cimas hasta el valle, lo que influye al cuantioso número de escurrimientos superficiales que alimentan al río Sabinal.

La calificación de drenajes dentro del plano de escurrimientos superficiales, corresponde al empalme del plano geológico con el plano de escurrimientos y mediante la información mencionada en el capítulo 1 de los tipos de drenajes, se compararon las formas de los escurrimientos, con los tipos de roca, definiendo que la parte baja de la cuenca es un drenaje Pinnado, en la ladera sur es un drenaje angulado, así como en dos partes de la zona norte, mientras que en el centro de la zona norte se tiene un tipo de drenaje radial.

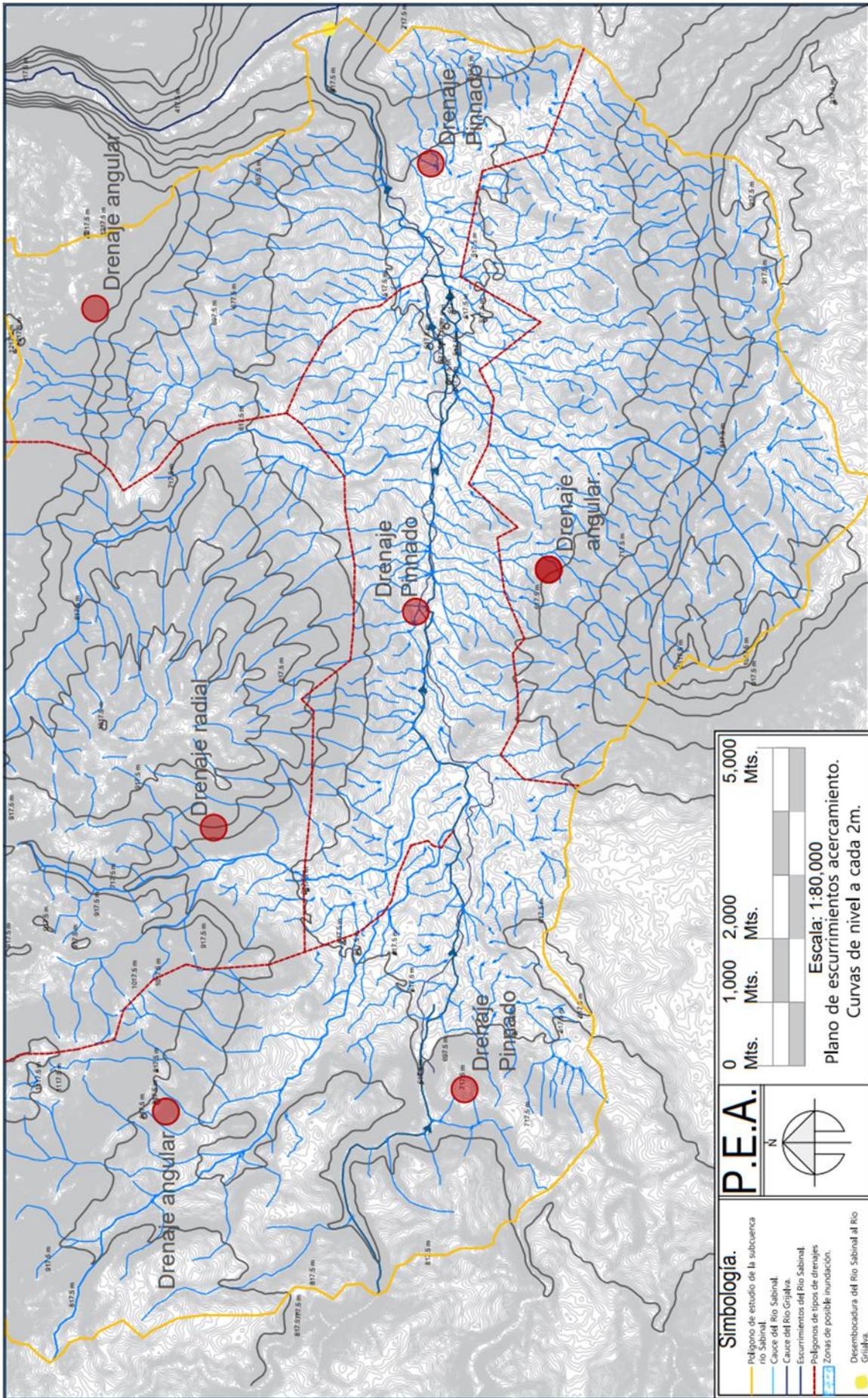


Ilustración 13 Plano de escurremientos específicos, con información de curvas de nivel a cada 2 metros, del programa Global Mapper 18.

2.10.- Cálculo de gastos para los Ríos Sabinal y San Fernando.

2.10.1.- Río Sabinal.

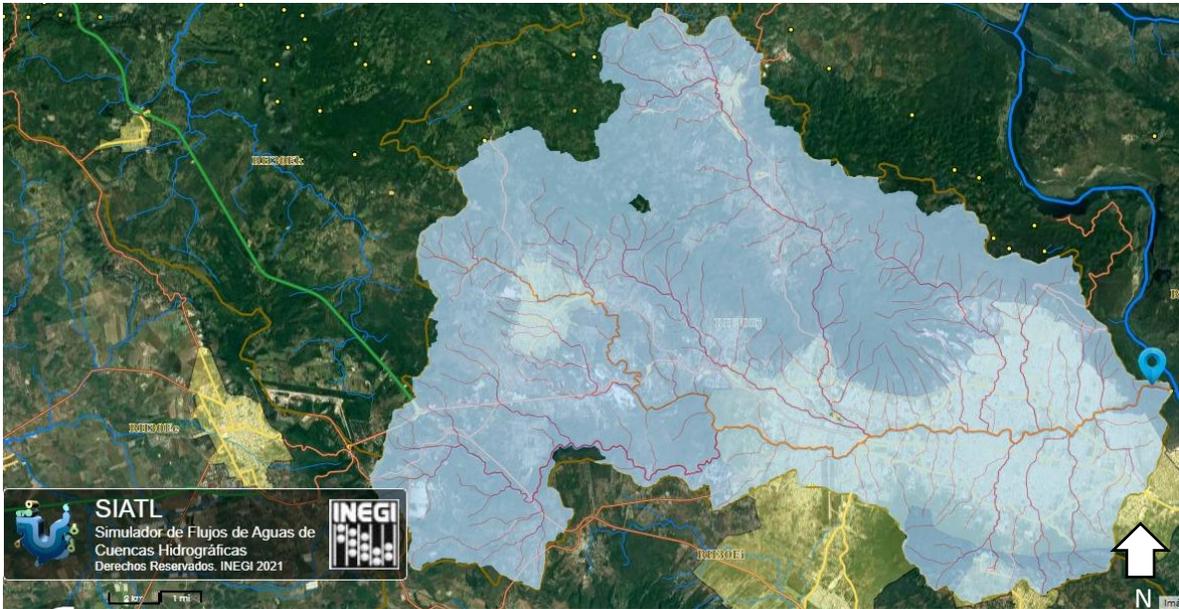


Ilustración 14 Cuenca completa del Río Sabinal. SIATL (2022).

Para el cálculo de gastos del Río Sabinal se tuvo que tomar en cuenta la subcuenca del Río Sabinal, no solo el polígono de estudio utilizado en la investigación, esto debido a la necesidad de saber con certeza la cantidad de agua completa que desemboca del río Sabinal al Río Grijalva. De igual forma es importante mencionar que para el cálculo realizado se decidió tomar en cuenta los datos climatológicos de la estación 7238 El Sabinal, ya que es la más cercana al río y presenta valores climatológicos diferentes y prometedores en confort térmico y precipitación para la ciudad.

Para poder realizar el cálculo se vaciaron los datos de la estación climatológica en el programa AFA (Análisis de Frecuencias) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, para poder definir cuáles eran los valores de precipitación asociados de los periodos de

retorno, es decir, para poder tener las precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno había que comparar los diferentes errores de ajuste de las funciones de distribución. Con esto hecho, se obtuvo que el mejor error estándar de ajuste, es decir, el menor, se obtuvo para la distribución doble Gumbel con error estándar de ajuste de 3.4. Lo que permitió conocer las precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno (Tr)²

Tabla 12 Precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno para 24 horas. Distribución doble Gumbel.

Tr	P 24 H
2	63.723
5	91.078
10	98.856
20	106.259
50	117.104
100	126.686
200	137.468
500	152.894
1000	164.961
2000	177.15
5000	193.333
10000	205.582

² El período de retorno, Tr , se define como: Un evento máximo anual tiene un período de retorno de T años si su magnitud se iguala o excede una vez en promedio cada T años. Así si una inundación tiene un período de retorno de 50 años, tendrá una probabilidad de ocurrencia de $p=1/T=0.02$ o 2% en un año cualquiera. (Bedient *et al*, 2008).

Tabla 13 Cálculo de gastos para Río Sabinal $T_r=5$ años.

Cálculo del gasto con el método racional.	
Datos:	
Área de la cuenca:	355.07 km ²
Longitud del cauce principal:	40579 m
Pendiente media:	0.016757
Tiempo de concentración t_c :	5.55 h
Duración en exceso d_e :	4.71 h
Intensidad de la lluvia:	16.03 mm/h
Coeficiente de escurrimiento:	0.145
Gasto pico Q_p:	228.92 m³/s

Tabla 14 Cálculo de gastos para Río Sabinal $T_r=100$ años.

Cálculo del gasto con el método racional.	
Datos:	
Área de la cuenca:	355.07 km ²
Longitud del cauce principal:	40579 m
Pendiente media:	0.016757
Tiempo de concentración t_c :	5.55 h
Duración en exceso d_e :	4.71 h
Intensidad de la lluvia:	21.78 mm/h
Coeficiente de escurrimiento:	0.145
Gasto pico Q_p:	310.93 m³/s

2.10.2.- Río San Fernando.



Ilustración 15 Subcuenca de San Fernando que desemboca en la cuenca del Río Sabinal. SIATL (2022).

Es importante estudiar la subcuenca del Río San Fernando, para poder comprender su funcionamiento con el Río Sabinal.

El cálculo de gastos sirve para poder saber cuánta agua llega del río San Fernando al Río Sabinal, en 24 horas. Se calcularon gastos para 2 periodos de retorno, el primero a 100 años, que es el cálculo más utilizado para poder prever una creciente máxima para obras hidráulicas, el segundo es de un periodo de retorno de 5 años, que sirve para calcular la Zona Federal y una creciente máxima en un periodo de 5 años, es utilizado para obras de menor escala.

Es importante mencionar que el cálculo de gastos se hizo con información del programa SIATL (Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas) de INEGI. De igual forma

se utilizan los valores de precipitación asociados a los periodos de retorno de 5 y 100 años, obtenidos del programa AFA (Análisis de Frecuencias) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Capturando en este programa los datos de precipitación de la estación climatología 7319 San Fernando. De esta forma al analizar diferentes funciones de distribución, se obtuvo el mejor ajuste en la distribución Doble Gumbel, con error estándar de ajuste de: 4.48. Lo que permitió conocer las precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno.

Tabla 15 Precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno para 24 horas. Distribución doble Gumbel.

Tr	P 24 H
2	60.631
5	86.433
10	99.808
20	111.974
50	127.36
100	138.776
200	150.109
500	165.031
1000	176.297
2000	187.556
5000	202.436
10000	213.684

Tabla 16 Cálculo de gastos para Río San Fernando. $T_r=100$ años.

Cálculo del gasto con el método racional.	
Datos:	
Área de la cuenca:	106.67 km ²
Longitud del cauce principal:	24288 m
Pendiente media:	0.0197
Tiempo de concentración t_c :	3.51 h
Duración en exceso d_e :	3.51 h
Intensidad de la lluvia:	31.34 mm/h
Coefficiente de escurrimiento:	0.1275
Gasto pico Q_p:	118.48 m³/s

Tabla 17 Cálculo de gastos para Río San Fernando $T_r=5$ años.

Cálculo del gasto con el método racional.	
Datos:	
Área de la cuenca:	106.67 km ²
Longitud del cauce principal:	24288 m
Pendiente media:	0.0197
Tiempo de concentración t_c :	3.51 h
Duración en exceso d_e :	3.51 h
Intensidad de la lluvia:	20.42 mm/h
Coefficiente de escurrimiento:	0.1275
Gasto pico Q_p:	77.20 m³/s

2.11.- Plano de riesgos de inundación.

El plano de riesgos de inundación a continuación presentado, refleja la necesidad de un cambio de paradigma en el desarrollo de la arquitectura dentro de las ciudades que se encuentran ignorando su propio ecosistema, lo que se puede ver como una mancha azul oscura todo lo largo del Río Sabinal es la posibilidad del riesgo de inundación de un $Tr=200$ años, (Tr , es el Periodo de retorno) así como la mancha azul más claro que es un riesgo de inundación para un $Tr=2$ años. Esto quiere decir que el riesgo de inundaciones solamente por el cauce principal de la subcuenca que es el Río Sabinal son altos en casi todo el recorrido del afluente. Dejando a las poblaciones cercanas al río en un riesgo de salud y protección urbana, pues se dan pérdidas materiales e incluso humanas con estos riesgos.

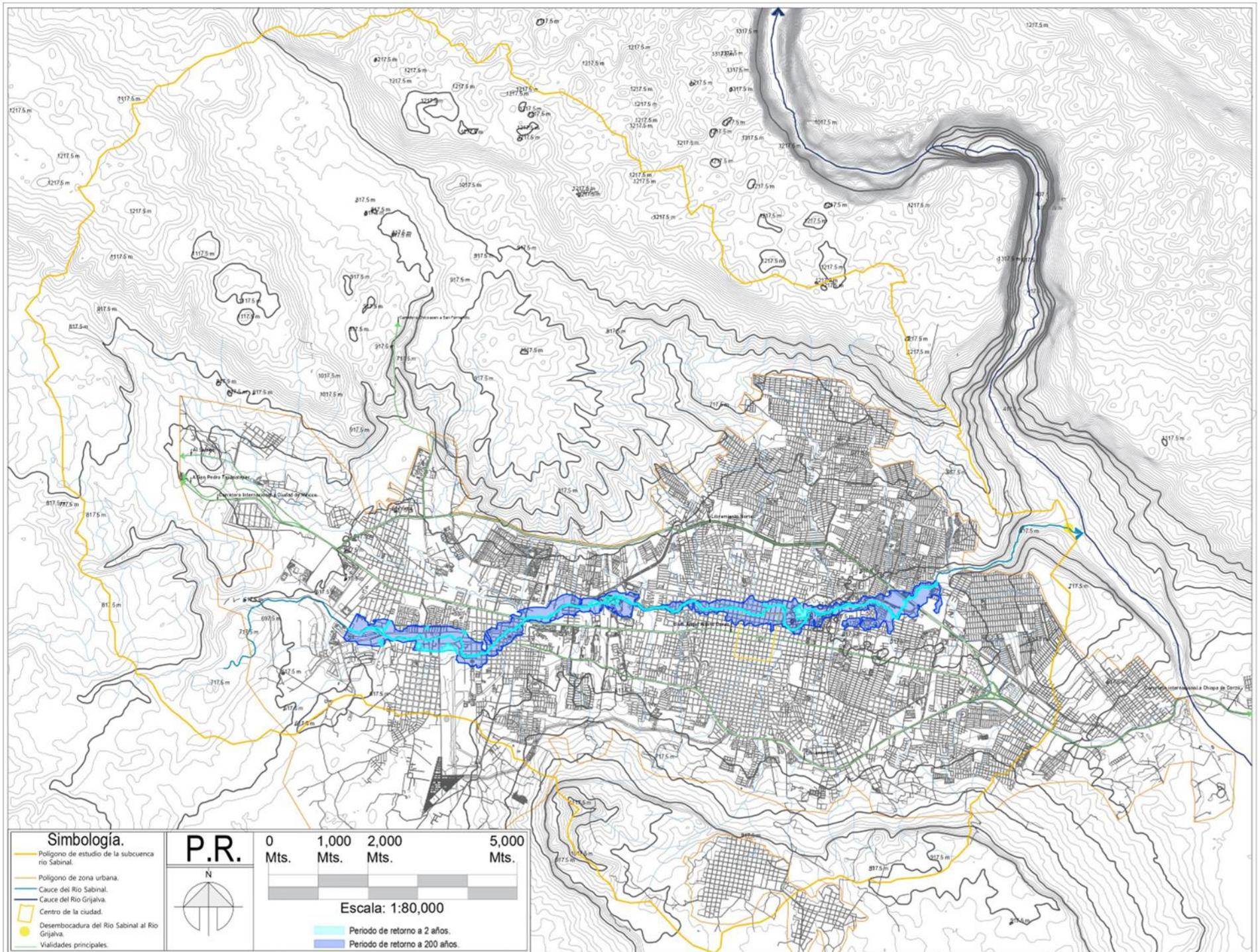


Ilustración 16 Plano de riesgos de inundación, interpretación de autoría, con información del Atlas de Riesgos de Tuxtla Gutiérrez (Protección civil de Tuxtla Gutiérrez, Liga: <https://proteccioncivil.tuxtla.gob.mx/Atlas-de-riesgos-tuxtla-gutierrez>, 2015), usando de b

2.12.- Plano de marginación.

El Plano de marginación aquí mostrado se limita a presentar las zonas de índices de marginación a lo largo del trayecto del cauce del río Sabinal, mostrando que en el centro de la ciudad se encuentra un índice de marginación medio, una situación inusual en un centro de ciudad, la situación alrededor del río se mejora conforme se avanza al poniente de la ciudad, sin embargo, al llegar a la parte en la que entra el río a la ciudad se observa un índice de marginación alto.

Este plano tiene principalmente el propósito de ver la situación actual de la marginación comparativamente con el trayecto del río y la ciudad, es decir, si el río tiene relación con el índice de marginación. Esto es interesante de observar también en el caso de la zona urbana que se encuentra en la desembocadura del río Sabinal con el río Grijalva, ya que realmente no hay interacción con el río, ya que como se ve en el plano topográfico y de altimetría el nivel de esa zona urbana esta sobre la cima Norte – Oriente subiendo en el Principio del Cañón del Sumidero, por lo que no hay relación con río. Por otra parte, en la zona en la que se encuentra la estación climatológica El Sabinal 7238 que mejora el confort térmico, el nivel de marginación es bajo.

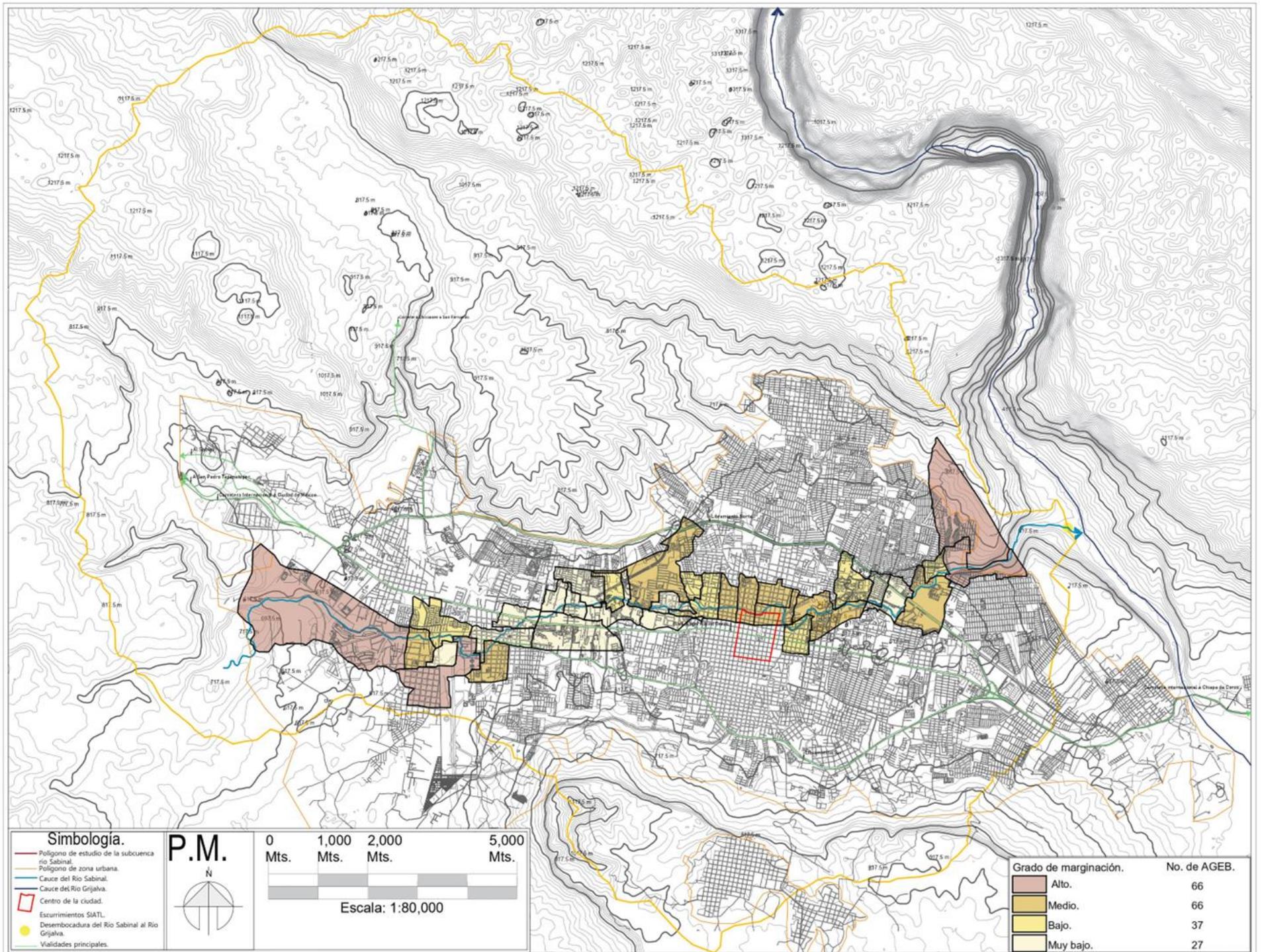


Ilustración 17 Plano de Marginación, interpretación de autoría, con información del plano de Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez. Grado de marginación urbana por AGEB (2010). CONAPO, SEGOB, Gobierno Federal, Consejo Nacional de Población. Usando de base el plano urbano de la ciudad desarrollado en Global Mapper 18, (2021).

2.13.-Conclusión ambiental.

Los planos presentados, representan el conjunto de bases ambientales, que sirven de fundamento ambiental, al analizar los planos en conjunto podemos comprender algunas de las causas de los problemas ecosistémicos que hay en la ciudad, es decir, comenzando por el cómo esta ordenada la ciudad se puede ver cómo el Río Sabinal quedo entallado a la expansión urbana dejando un cauce definido pero sin espacio para el funcionamiento natural del río en épocas de lluvias, es decir, se limitaron sus zonas inundables naturales, de igual forma en el plano de altimetría se puede apreciar cómo el valle es delimitado por dos cimas, una en el lado norte y otra en el lado sur de la ciudad, lo que obligó a la ciudad a crecer de forma alargada, haciendo que se vea que el río cruza de forma longitudinal la ciudad.

La importancia del plano geológico en la investigación arquitectónica y urbana consiste en el hecho de cómo está compuesta la ciudad, así como al hacer la comparativa con los planos de escurrimientos, podemos comprender por qué el cauce principal de la subcuenca, podría variar de curso, ya que se tiene un suelo aluvial el cual corresponde a zonas inundables cercanas de ríos, son zonas blandas por lo que es natural el posible cambio de curso y las inundaciones o crecientes en época de lluvias en estas zonas. El plano edafológico y el plano de vegetación nos sirven principalmente para comprender el contexto, sabiendo principalmente que la vegetación predominante es la Selva Baja Caducifolia y que el suelo predominante en el polígono de investigación es el Leptosol. Por otro lado los planos de escurrimientos superficiales son de suma importancia para poder comprender, según las curvas de nivel, cómo escurre el agua en la ciudad, debido a esto y a que se observó que el valle era de tipo aluvial, en donde las curvas de nivel en la zona central de valle son muy

espaciadas, se decidió hacer dos planos, uno con curvas de nivel a cada 20 metros y otro con curvas de nivel a cada 2 metros, por lo que la diferencia es ampliamente notoria, encontrando de esta forma que la ciudad debería ser una ciudad rica en el recurso hídrico, algo que en la actualidad espreciado y codiciado y debería aprovecharse desde el punto de vista ecosistémico. Por último, pero no menos importante se presenta un plano de riesgos, donde marco cómo interactúa el río según dos diferentes periodos de retorno, señalando la importancia de una intervención urbana-arquitectónica, no solo para aprovechar el recurso hídrico sino también para buscar la coexistencia del ambiente con el desarrollo urbano.

2.14.- La ciudad de Tuxtla Gutiérrez y su relación histórica con el Río Sabinal.

La Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se fundó en el que alguna vez fue un asentamiento zoque a las orillas del Quishimbac (Río Sabinal en la actualidad) y en la desembocadura del Arroyo San Roque.³ En este valle prosperó el asentamiento, encontrándose en un punto estratégico pues estaban cercanos a la desembocadura del Río Sabinal con el Río Grijalva, uno de los ríos más importantes de todo México.

Es durante el encuentro español e indígena que se da la primer gran transformación de la ciudad, pues la tipología de la arquitectura cambia por completo para responder a la traza ortogonal que los españoles manejaban en todos los centros de población, de esta forma también se podía tener mayor control sobre los pueblos originarios para su próxima conversión al cristianismo. Es después de este ordenamiento territorial, que se empieza a construir ciudad según los barrios, elementos creados a partir de un templo religioso como núcleo, de modo que también se podía generar una apropiación del espacio público y sentirse integrado dentro de un mismo núcleo social que detonaría la relación de identificación.

La ciudad siguió consolidándose durante el siglo XVIII y el siglo XIX, teniendo el nombre de San Marcos Tuxtla en 1778, con una población de 2,841 habitantes, en 1813 el pueblo de San Marcos Tuxtla es declarada Villa de Cortes de Cádiz, teniendo para 1815 una población de 4,000 habitantes y es hasta 1829 que es declarada en la categoría de Ciudad.⁴

³ (Mérida Mancilla, 2000, pág. 11)

⁴ (Mérida Mancilla, 2000, pág. 18)

Tuxtla Gutiérrez se concentró en un valle de suelo aluvial como se puede ver en el mapa geológico antes presentado, esto generó que el asentamiento que se volvió ciudad, tuviera una convivencia directa con los cuerpos de agua que atravesaban el territorio, es durante el porfiriato es que se da el ordenamiento mediante los arroyos y el Río Sabinal, pues por una parte el cauce del Sabinal generó la delimitación de la ciudad al Norte y parte del arroyo San Roque generó la delimitación al oriente.

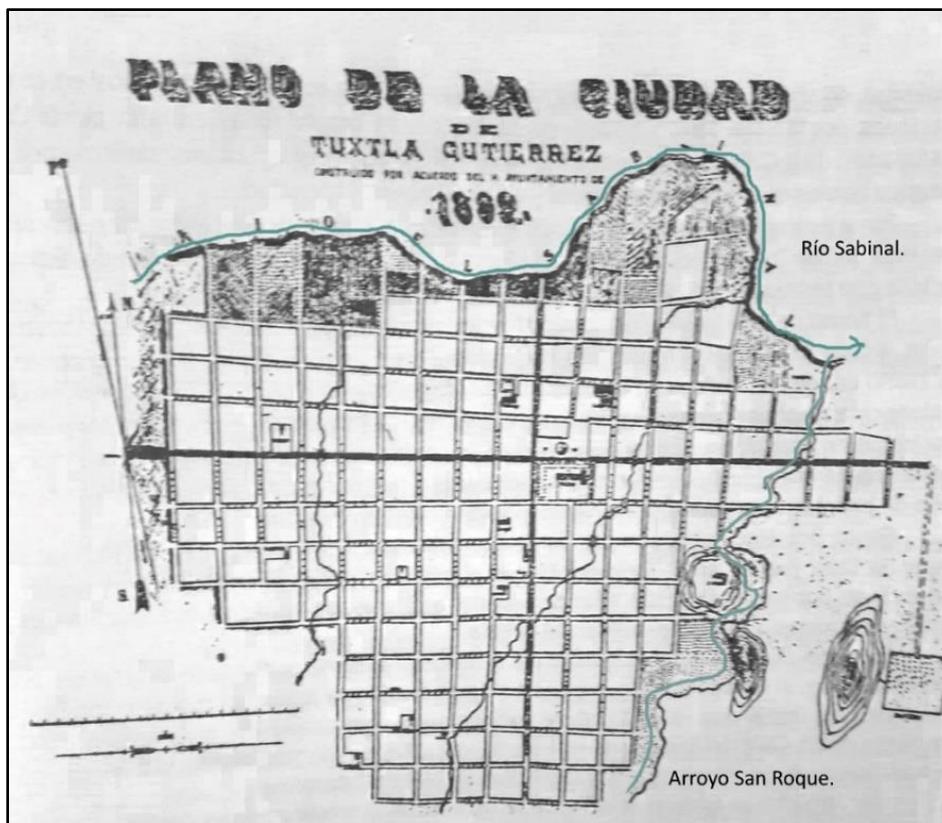


Ilustración 18 Plano de la ciudad en 1892. (Mérida A., 2000).

Es importante señalar que la ciudad de Tuxtla Gutiérrez fue fundada y construida con base en barrios como la mayor parte de las ciudades de México, pero en este caso, cada barrio del centro histórico conserva un patrimonio cultural extenso, pues, aunque la ciudad ha realizado diversas modificaciones a su patrimonio urbano, pues el casco histórico ya no es lo que en algún tiempo fue, los barrios si rescatan el valor histórico dentro de su vida cotidiana.

Principales barrios históricos de la ciudad:

- Barrio del Niño de Atocha.
- Barrio de San Jacinto.
- Barrio de Guadalupe.
- Barrio de El cerrito.
- Barrio Nuevo.
- Barrio de San Roque.
- Barrio de La Pimienta.
- Barrio de Santo Domingo.
- Barrio de El Calvario.

Cada uno de estos barrios conserva tradiciones y costumbres en su vida diaria, que generan un patrimonio cultural extenso y algunas de las tradiciones y costumbres tienen mucho que ver con el patrimonio natural, por ejemplo, en casi todos los barrios se hacían los “los paseos campestres” los cuales se llevaban a cabo en el cauce principal del valle (el Río Sabinal).

“La mayoría de los habitantes del barrio nos íbamos a bañar al Potinaspak o el Río Sabinal (hasta 1948). Los niños nos colgábamos de los bejucos de los sabinos más grandes para atravesar el río Sabinal al estilo de Tarzán. Otros preferían “Las Lajas”...” (Castro, 2010, p. 27)

El Río Sabinal, también era el límite natural del asentamiento, con el paso de los años, el grupo de la comunidad zoque fue desapareciendo, pues sus hijos y nietos no hablaban castellano, y los mestizos y españoles tomaron el nombre de Tuxtlecos.

Durante los principios de la ciudad los ciudadanos convivían de manera armoniosa con el ecosistema y buscaban no cruzarlo a menos que se fuera a los cultivos que estaban del lado norte, el barrio de San Jacinto era el último barrio que estaba pegado al río el cual lo delimitaba. En 1899 se construye el primer puente que da cruce al río con diversas intervenciones a lo largo de los años. En 1948 se prolonga la 5ª Avenida Norte para conectarla con el puente lo cual incentiva a cruzar el río, pero hasta ese momento la expansión urbana era medida y controlada mediante el sitio y las normas de planeación, de igual forma la población no era tan extensa como para acelerar el crecimiento urbano.

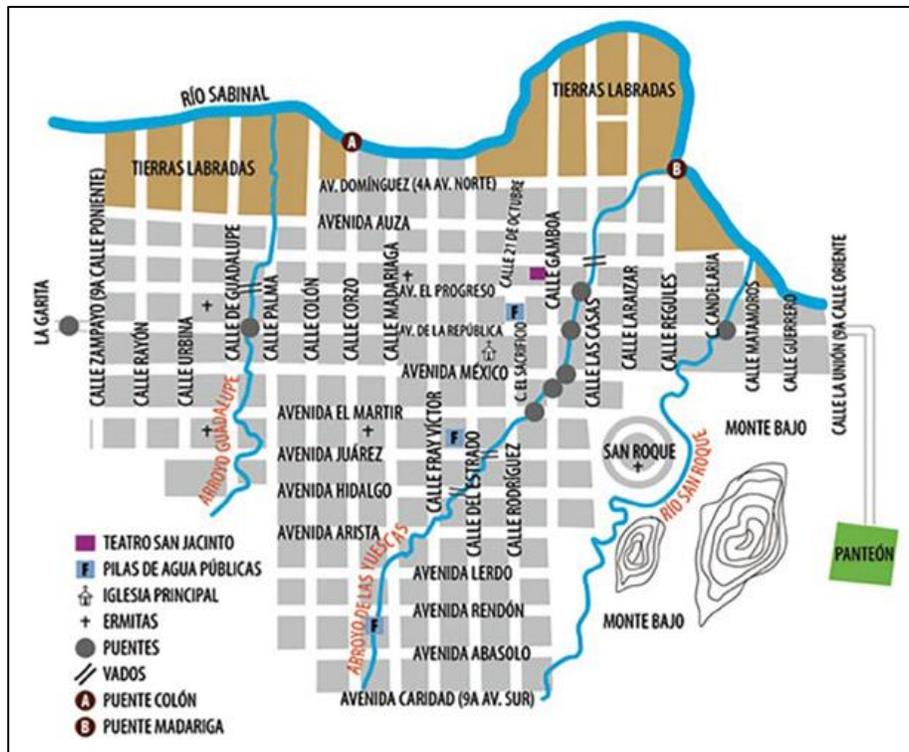


Ilustración 19 Plano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en 1892, adaptado de la versión del Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez 1982 (Mercedes Concepción Gordillo Ruiz, Jaime Cruz Bermúdez, Gloria Espíritu Tlatempla, Silvia Ramos Hernández, 2018, pág. 41)

En 1958 se formuló el “Plan Integral del Río Grijalva” cuya finalidad era la determinación de su potencial hidroeléctrico, basándose en los estudios realizados por la CFE en la cuenca del Río Grijalva y a los estudios desarrollados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en el mismo año, y con ello lograr el aprovechamiento integral de sus recursos. Esto llevó a la construcción de cuatro presas que aprovecharon la cuenca del río, las cuales son: Netzahualcóyotl (Malpaso), que fue construida de 1959 a 1964, por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la segunda presa que es denominada Belisario Domínguez y conocida como la Angostura, fue realizada por la CFE durante los años 1969 a 1974; la tercera, es la presa Manuel Moreno Torres o Chicoasén construida en 1980, así como la cuarta presa que es la

Ángel Albino Corzo o Peñitas, construida en 1987. Este magno proyecto de generación hidroeléctrica, llevó a la capital del estado a un desarrollo en infraestructura que no se había visto antes, lo cual desató una migración acelerada a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, de grupos provenientes de diversas partes del estado y del país, ocasionando una expansión territorial desordenada, pasando los límites del Río Sabinal, dejándolo ya adentro de la ciudad.

Como se puede ver en la ilustración 20, la ciudad se mantuvo en un crecimiento moderado y concéntrico hasta 1940, ya desde 1960 se empezó la expansión acelerada del territorio, Este desarrollo urbano precipitado propició que la ciudad creciera de manera desordenada, aumentando la población de 70,999 habitantes para 1970 a 166,476 habitantes para 1980, siendo más del doble ocasionando a su vez que se invadieran las colindancias del ecosistema del Río Sabinal.

Estos acontecimientos también coinciden con los testimonios que se dan sobre la recreación en el espacio natural del Río Sabinal hasta 1948, tiempo donde se empezó a ver el impacto sobre la expansión urbana, contaminación, apropiación de riberas, absorción desmedida e inconsciente que hasta el momento presenta impactos importantes sobre la integridad natural del río y su funcionamiento como corredor ecológico por excelencia al ser un afluente natural.

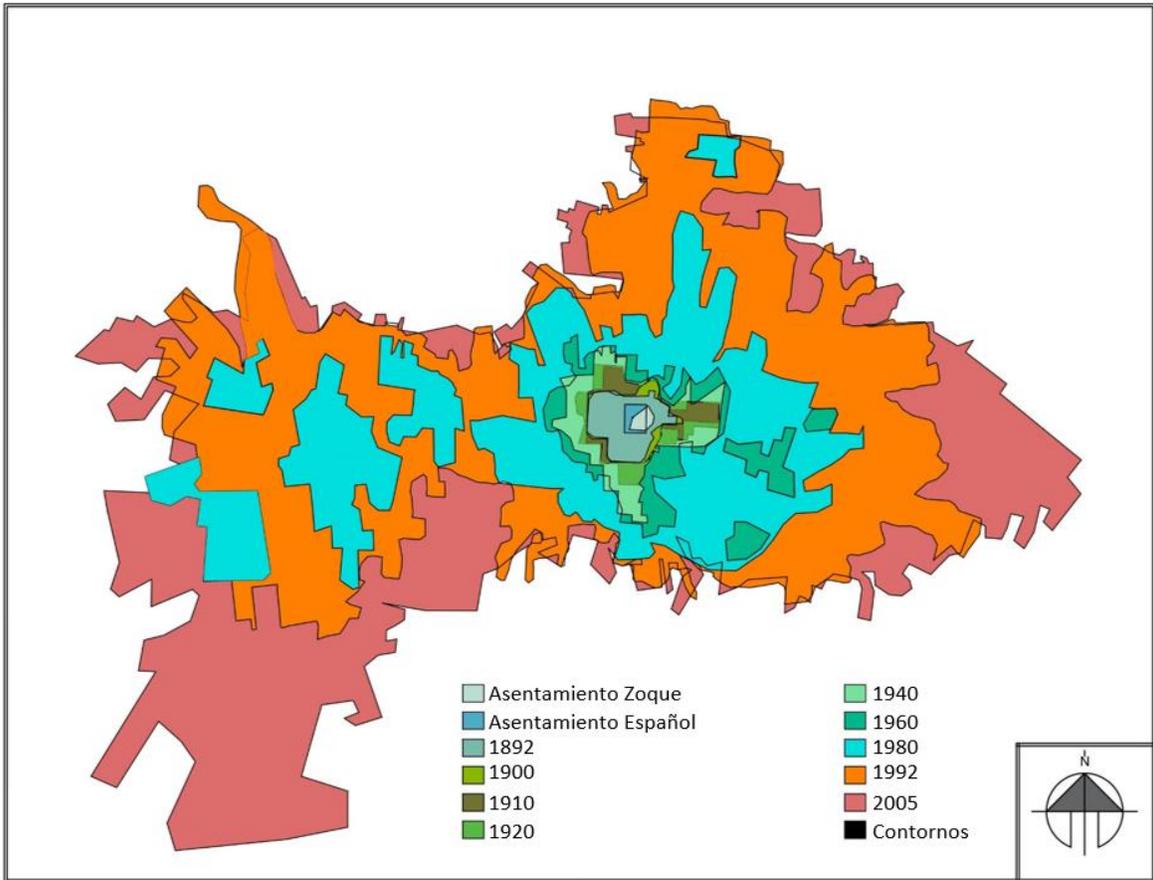


Ilustración 20 Expansión urbana en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Mapa de autoría, hecho con información actualizada de Mérida Mancilla (2000).

2.15.- Externalidades negativas o problemas urbano-arquitectónicos.

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se ha desarrollado a lo largo de los años de una forma antropocentrista en que el fin último de la ciudad es el impedimento de las respuestas de los sistemas naturales que pueden afectar el funcionamiento de la propia ciudad, por lo que al expandirse se fueron ejecutando diversos proyectos urbanos y arquitectónicos que resultaron en externalidades negativas para la ciudad y el ecosistema, lo que a continuación se presenta son un conjunto de externalidades negativas o problemas urbanos-arquitectónicos derivados de la expansión urbana antropocentrista.

1. Afluentes embovedados, como se puede ver en la Fotografía 3, el Arroyo San Roque fue embovedado en una gran parte de su extensión. Este arroyo es el más extenso de los que hay en Tuxtla, por lo que su embovedado resulta de gran importancia para la ciudad en el sentido de vigilar continuamente que no haya socavaciones o daños estructurales debido a las lluvias.



Fotografía 9 Embovedado del Arroyo San Roque, Fotografía de: cocosotuxtla.gob.mx, Artículo: Monitoreo permanente a embovedados en Tuxtla Gutiérrez (5 de febrero del 2020).

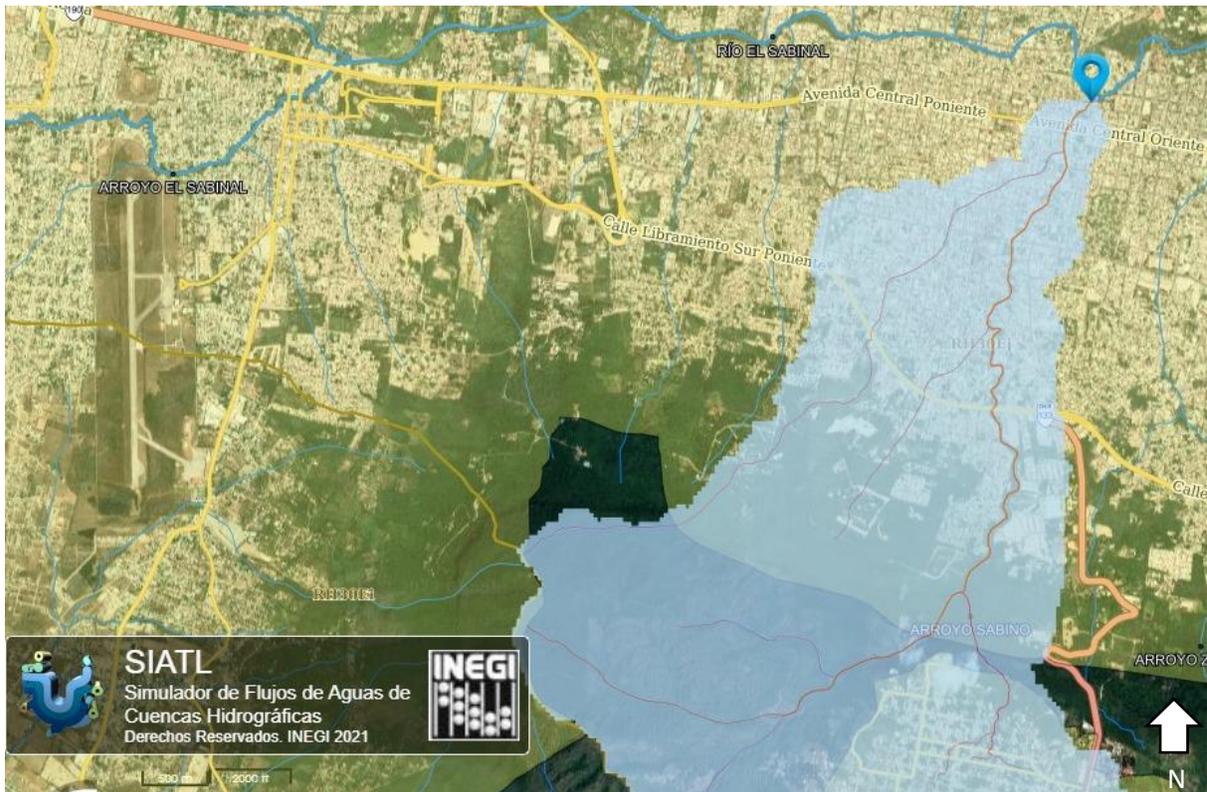


Ilustración 21 Ubicación del Arroyo San Roque en relación con el Río Sabinal. SIATL (2022).

2. Edificación construida sobre embovedados, el Mercado de artesanías de San Roque, sobre el embovedado del Arroyo de San Roque, este espacio de comercio, sigue el curso del arroyo por un tramo en la ciudad, siendo un mercado delgado y alargado con la forma del cauce que está por debajo.



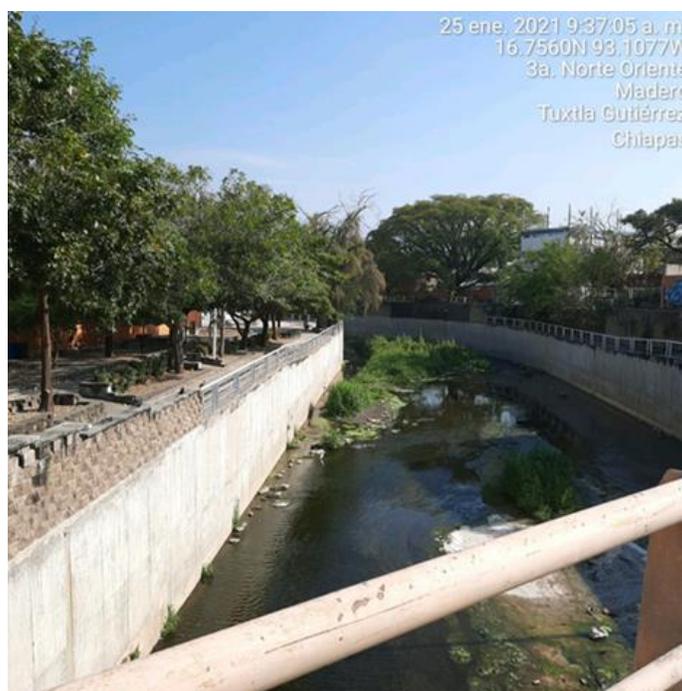
Fotografía 10 Mercado de San Roque. Fotografía de: "Cuarto Poder", López (2020).

3. Puentes con losa de cimentación.



Fotografía 11 Losas de cimentación en puentes urbanos. Fotografía de elaboración propia (2021).

4. Partes del río canalizadas por completo con concreto hidráulico.

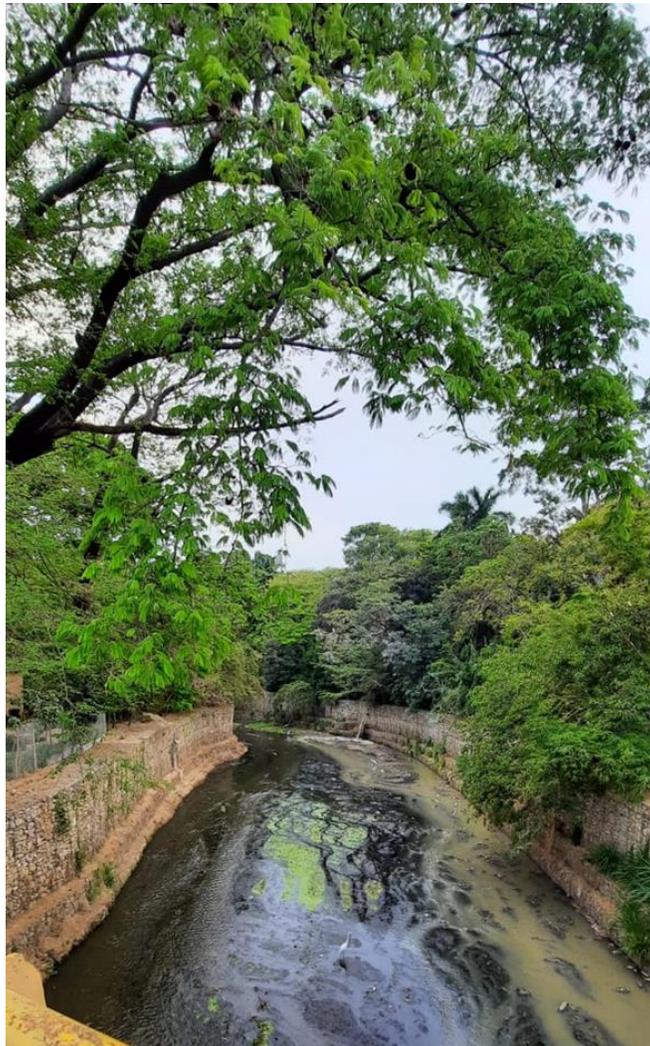


Fotografía 12 Partes del afluente principal de la subcuenca "Río Sabinal" que se ha hecho canal. Fotografía de elaboración propia (2021).



Fotografía 13 Fotografía de elaboración propia (2021).

5. Falta de riberas en el río por invasión de estos espacios con estructuras arquitectónicas.
6. Contención del cauce en sus bordos con muros de gaviones y de otros materiales.
7. Ciudad impermeable al ecosistema interno.
8. Falta de integración de afluentes al río principal.
9. Descarga de aguas residuales al río Sabinal.



Fotografía 14 Río Sabinal con salida de aguas residuales. Elaboración propia (2022).

Capítulo 3.- Estrategias arquitectónicas y urbanas.

Introducción de capítulo.

En este capítulo se presentan el conjunto de estrategias arquitectónicas que se podrían emplear para la recuperación ecológica de la subcuenca Río Sabinal, estas estrategias fueron diseñadas y analizadas pensando en el caso específico de la subcuenca, su problemática, historia, situación actual y sus bases ambientales.

Introducción metodológica.

El capítulo 3 Estrategias arquitectónicas y urbanas, está integrado por el desarrollo de un conjunto de estrategias arquitectónicas y urbanas, desarrolladas a partir del proceso de asistencia ecológica, diseñado para la Subcuenca Río Sabinal, el cual busca localizar, mitigar, rehabilitar y recuperar. Para poder llegar a proponer estrategias acercadas lo más posible a la realidad del posible éxito, también se hizo un análisis ecológico regional, el cual nos muestra las posibles ventanas de oportunidad o matrices permeables dentro de la ciudad cercanas al Río Sabinal, con esta información y la información del capítulo 2 acerca de las características ambientales, históricas y arquitectónicas de la subcuenca Río Sabinal, las propuestas planteadas en este documento son más cercanas a una realidad exitoso, es importante señalar también que las técnicas que complementas a las estrategias no son las únicas posibles, sin embargo las estrategias propuestas fueron seleccionadas a raíz de los casos de análogos encontrados exitosos, así como en el fundamento teórico-práctico de utilización de las mismas, de igual forma se tomó en cuenta el funcionamiento natural de la subcuenca y cómo las estrategias en conjunto con las técnicas propuestas pueden favorecer la recuperación

ecológica de la subcuenca, teniendo en cuenta que estas estrategias mitigaran el problema de la degradación ecológica existente en el Río Sabinal.

En el caso de la primera estrategia es acompañada por la técnica de presas filtrantes, de esta técnica se presentan dos casos análogos exitosos en México (Cuenca alta del Río Conchos. Chihuahua y la Microcuenca Ihuatzio-Tzintzuntzan y microcuenca Cerritos. Michoacán). La segunda estrategia es acompañada de dos técnicas, los módulos de plantación y las terrazas de evocación aluvial, en el caso de los módulos de plantación se seleccionan a partir de la información del libro “Módulo de Plantación, técnica de reforestación con base ecológica”, así como de la “Guía Técnica para la Restauración Riparia. Red de Viveros de Biodiversidad A.C. y CityAdapt. México, 2021.” Ambos libros sirven como base teórica-práctica para poder proponer estrategia y ver su posible efectividad. En el caso de la técnica de terrazas de evocación aluvial, la idea parte del análisis de las bases ambientales, viendo que la Subcuenca del Río Sabinal tienen un valle aluvial, según su edafología, altimetría y topografía, que sugieren que el valle se inundaba, de igual forma en el plano de riesgos se puede apreciar que el Río Sabinal aún es un cuerpo de agua que inunda la ciudad en época de lluvias, por esto mencionado y por el hecho de las visitas de campo hechas desde el 2019 hasta el 2022 en el que el Río Sabinal se muestra delimitado por muros de gaviones o de concreto a 90° o casi a 90° dependiendo el tramo, se propone una técnica sencilla de compresión aunque audaz de ejecución, se proponen abrir las coronas del Río Sabinal a menara de generar terrazas de uso recreativo e inundables en épocas de lluvia, en conjunto con los módulos de plantación de ayudaran a mitigar las inundaciones, erosiones del suelo y mejorar la calidad ambiental del ecosistema, reforestando y permitiendo a las especies tener contacto con el ambiente natural.

La última estrategia pero no menos importante, es que más que transformar el ambiente natural degradado, es mejorar la imagen urbana con relación al Río Sabinal, es decir, al momento de hacer los recorridos de campo, se encontró que realmente se ha existido el efecto de la teoría de las ventanas rotas en el ambiente artificial con relación al ambiente degradado del río, las edificaciones buscan tener la menor interacción posible con el Río Sabinal debido a su degradación ambiental, por lo que se propone modificar los elementos arquitectónicos cercanos al Río Sabinal, buscando generar mayor integración al ecosistema recuperado. Las estrategias fueron propuestas y diseñadas para trabajar en conjunto, lo que la realización de todas es importante para el funcionamiento de todas.

Estrategias presentadas:

- Evitar azolvamientos dentro de los afluentes de la ciudad.
- Recuperar los espacios vegetales al interior de la ciudad, mediante técnicas de reintegración ecológica y urbana.
- Modificar los elementos arquitectónicos cercanos al río para una mayor integración al ecosistema recuperado y mejorar la imagen urbana.

La recuperación del ecosistema degradado es imprescindible para mejorar la calidad de vida urbana, por lo que el proponer estrategias arquitectónicas y urbanas, con enfoque ecológico, puede ser una de las alternativas para la coexistencia del ambiente natural y el artificial, con los individuos que los integran. Este capítulo busca presentar esa posibilidad de recuperación arquitectónica, urbana y ambiental, para el fin ecológico integral.

3.1.- Proceso de asistencia ecológica para la Subcuenca Río Sabinal.

El proceso de asistencia ecológica consiste en localizar los daños ambientales debido a las acciones humanas, que en el caso de la Subcuenca Río Sabinal presenta diversas externalidades, desde pérdida de vegetación, hasta pérdida completa del ecosistema de algunos ríos y arroyos debido a sus embovedamientos. Al localizar los daños y ubicar geográficamente en dónde se encuentran y su estado de gravedad, se podría definir en que áreas se necesitan mitigar los daños ambientales para posteriormente rehabilitar el ambiente dañado, para de esta forma dejar que el ecosistema se recupere, pues la recuperación ya es la etapa última en dónde la intervención humana, es de vigilancia y cuidado para evitar volver a tener daños ambientales generados por acciones humanas.

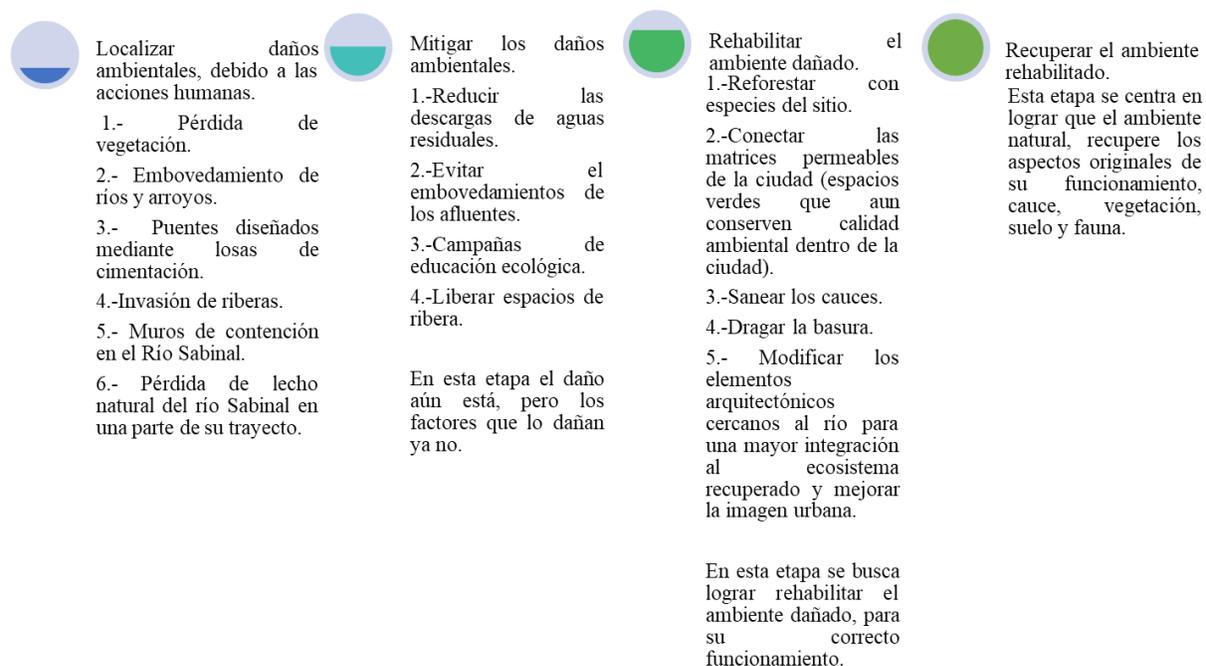


Diagrama 4 Proceso de asistencia ecológica para la Subcuenca Río Sabinal.

3.2.- Análisis ecológico regional.

El análisis consiste en calificar de forma desde la visión ecológica el estado actual del sitio de estudio, en este caso la Subcuenca Río Sabinal. Por lo que se van haciendo un cambio de escalas y calificando mediante los conceptos y técnicas ecológicas el espacio, es decir, la subcuenca tiene potencial de recuperación ecológica en coexistencia con la arquitectura, pero para poder decir en qué medida las estrategias arquitectónicas – urbanas podrán intervenir es importante saber el estado actual del sitio.

Elementos urbano arquitectónicos para la recuperación ecológica:

- Parches: Espacios restantes de un ecosistema sano cercano a la expansión urbana.
- Matrices: Pueden ser consideradas como los espacios urbanos o de cultivo que alteraron e invaden el ecosistema. Dentro del elemento de las matrices se pueden encontrar las matrices permeables y las matrices impermeables, las primeras son aquellas que aún no tienen espacios edificados o que la edificación no acabó con los espacios naturales, dentro de esta categoría podrían incluso entrar los patios bien conservados de las casas. Las matrices impermeables son fáciles de hallar pues comúnmente son aquellas que ya han sido asfaltados o revestidas de concreto además de la edificación, es decir, no es lo mismo tener una vivienda con un patio natural y vegetación que propicia la circulación de la fauna y oxigena a la ciudad, que una vivienda con un patio de concreto que no tiene valor ecológico.

- Corredores: Espacios de conexión, para generar relación biológica y que se corte la matriz, siendo otro tipo de hábitat con el propósito de vincular a los parches a través de la matriz
- Perforaciones: Los espacios que han perforado los parches naturales alterando su estado natural.
- Desgastes: Las alteraciones que se encuentran fuera del área del parche “desgastándolo”.

Estos elementos sirven para el estudio y análisis del espacio y su posible recuperación, de igual forma se señala el cambio de escalas, pues para poder comprender el problema urbano ambiental de la degradación de cuencas hidrológicas, se va de lo general a lo particular, esto puede ser interpretado de forma que se analiza el problema desde la escala regional, luego la escala urbana y por último la escala arquitectónica, siendo que la suma de las estrategias arquitectónicas implementadas, conducirán a un plan urbano y por consecuencia a un impacto regional.

En el mapa general se muestran también los inicios y finales de algunos escurrimientos, marcado con numeración. Así como la ubicación de dos plantas de tratamiento de aguas residuales y la posible zona de intervención más viable, marcada mediante puntos A-B.

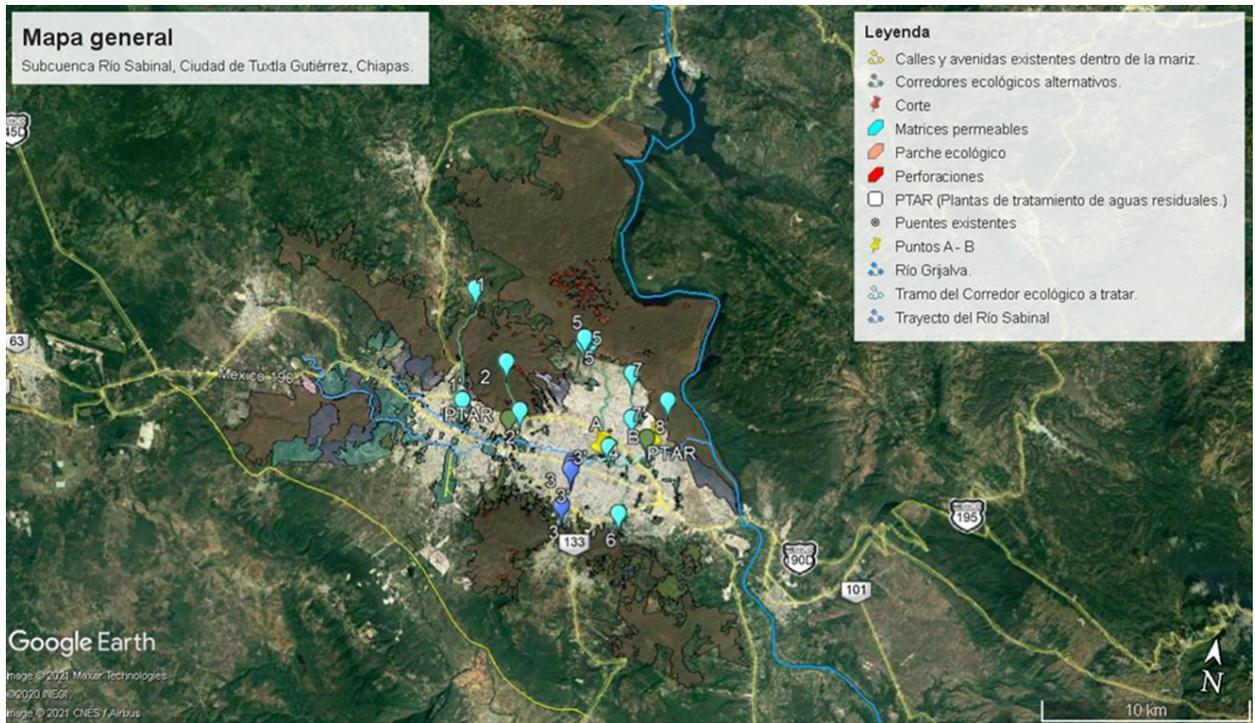


Ilustración 22 Mapa general. Google Earth. Pro 2021.

3.3.- Calificación del ecosistema.

La subcuenca se encuentra altamente alterada teniendo a la matriz principal justo en el valle aluvial, lo que dificulta la captación de agua proveniente de forma natural de los parches norte y sur, es decir, las cimas de la subcuenca. De igual forma como toda cuenca tiene un afluente principal, el cual por excelencia debería ser el principal corredor ecológico, su funcionamiento natural se ve alterado por diversas situaciones la primera es que a este corredor ecológico lo cruzan 45 puentes dentro de la matriz, también hay un tramo aproximado de 2 km que se encuentra hecho canal, lo cual dificulta la absorción del recurso hídrico y el funcionamiento del corredor como hábitat de la fauna. Al tener a la matriz justo en el centro del valle también se ve alterada la comunicación de las especies de fauna de la subcuenca, pues no hay manera física de cruzar la matriz de forma segura.

Las ventanas de oportunidad es que el afluente principal está completamente al aire libre, es decir, se encuentra superficial, ningún tramo ha sido embovedado lo que permite aun recuperar mediante estrategias arquitectónicas los valores ecológicos necesarios para su funcionamiento natural, es decir, la conectividad. De igual forma un corredor ecológico no puede ser unidireccional, debe tener oportunidades de movimiento, por lo que el tener afluentes superficiales aun desembocando de forma abierta al corredor principal, genera corredores alternativos.

Actualmente el corredor del Río Sabinal cuenta con aproximadamente 35 km de trayecto hasta su desembocadura con río Grijalva, cuenta con 45 puentes que obstaculizan su conectividad y cuenta con diversas matrices permeables que dan espacios de oportunidad para la implementación de estrategias arquitectónicas – urbanas, así como un extenso bosque de

galería o ecosistema riparió en la desembocadura del Río Sabinal al Río Grijalva se encuentra intacta ya que debido al cañón que se forma no se ha edificado ni perturbado su forma natural.



Fotografía 15 Río Sabinal. Elaboración propia (2022).

Estrategias arquitectónicas y las técnicas empleadas:

Tabla 18 Estrategias arquitectónicas, técnicas propuestas y funcionamiento. Autoría. 2021.

Estrategias	Técnicas	Funcionamiento
Evitar azolvamientos dentro de los afluentes de la ciudad.	Presas filtrantes.	Para regular los asolvamientos dentro de los cauces de la ciudad, reduciendo costos de mantenimiento. En las partes altas de la cuenca en los cauces secundarios del río Sabinal se pueden implementar estas presas, mediante módulos de gaviones que permiten el paso del agua y no de los sólidos arrastrados. Previendo el diseño de pasos de fauna acuática.
Recuperar los espacios vegetales al interior de la ciudad, mediante técnicas de reintegración ecológica y urbana.	Módulos de plantación.	Reforestación y creación de espacios urbanos naturales de recreación, mediante el diseño y planeación de vegetación en el ecosistema ripario, mediante diversas paletas vegetales, con el objetivo de que sea un espacio de uso humano con enfoque ecológico.
	Terrazas de evocación aluvial.	Para generar urbanamente una evocación del sitio natural con la ciudad existente, es una técnica urbana para uso recreativo y urbano que permitirá acceso al cauce principal, así como aprovechamiento del espacio urbano. Se puede generar abriendo la corona que tiene actualmente el río, es decir, de forma natural un cauce no tiene muros de 90°, por lo que si se abren esas coronas y se generan terrazas en los sitios donde hay espacios, se puede lograr la estrategia con éxito y puede mezclarse esta estrategia con la estrategia de los módulos de plantación.
Modificar los elementos arquitectónicos cercanos al río para una mayor integración al ecosistema recuperado y mejorar la imagen urbana.	Terrazas con vistas al río.	Las terrazas deberán de poder permitir a los vecinos tener también vistas o por lo menos no apartar por completo la vista del río. Es decir, evitar taparse unos a otros construyendo segundas plantas en las partes cercanas al río. De igual forma en abrir las vistas al río permitirá aprovechar el ambiente natural del propio río para los habitantes mejorando la calidad de vida, basándonos en la psicología ambiental positiva que generan los ambientes naturales.
	Utilización de vegetación en terrazas y techos.	La vegetación en los espacios abiertos de los edificios aportará una mejor imagen urbana, considerando la vegetación propia del sitio para poder tener una mejor coexistencia también con la fauna del ambiente natural del río. También se pretende que los materiales que se usen para las intervenciones sean permeables para la absorción del agua al suelo.

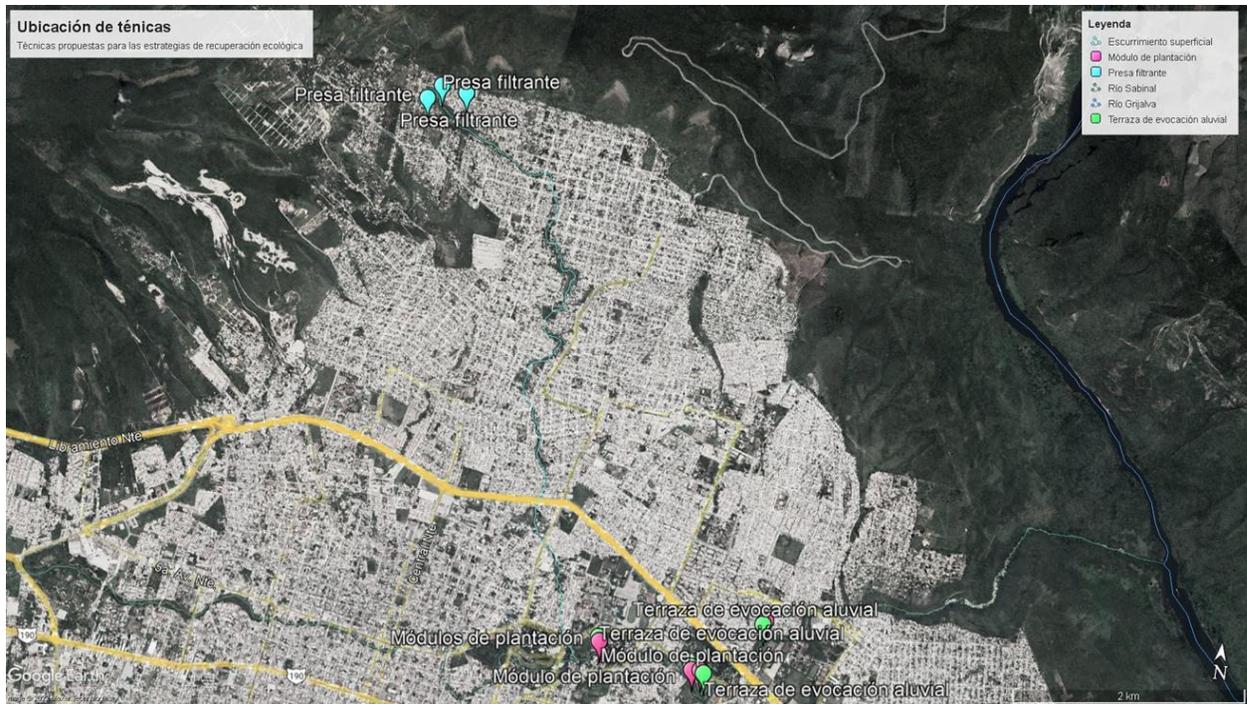


Ilustración 23 Mapa de ubicación de técnicas para las estrategias de recuperación ecológica, Subcuenca Río Sabinal. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

3.4.- Caso análogo.

Un caso fascinante es el del Río Segre en Lérida, España, En dónde se recuperaron las terrazas inundables que tenía en origen el ecosistema. En 1995 se terminan los trabajos de canalización y ordenamiento del parque urbano.

“El parque fluvial propone tratar el meandro de Rufeá como parque que admitiera una presión antrópica mediana y que permitiera el uso del agua para actividades que hicieran de ella su centro. En este sentido se ha de tener en cuenta las aspiraciones de los clubes de piragüismo⁵ y de las diferentes asociaciones de pescadores. La recuperación de un espacio natural degradado donde ha desaparecido prácticamente el bosque de ribera se puede compaginar con la utilización no intensiva del mismo para actividades recreativas lúdico-deportivas.” (Josep Maria Llop Torné, Rafael García Catalá, Esther Fanlo Grasa, Carlos Llop Torné, Josep Maria Puigdemasa e Ignasi Aldomá Buixadé, 2002)

En el proyecto se planteó para un periodo de retorno de 50 años para conducir un caudal de 3,500 m³/s, entre los muros que contienen el parque se estableció una zona de césped entre los muros, siendo este césped especialmente resistente a las inundaciones.

La restauración del ecosistema y el espacio público resulta interesante por que como se puede ver en la fotografía 46 aún que la ciudad no interactúa con el ecosistema, se puede ver una integración diseñada mediante los paseos laterales y los accesos que hay en los muros con

⁵ Deporte consistente en la competición de velocidad o habilidad en piragua, canoa o kayak propulsados con palas.

escaleras para peatones y vehículos, permitiendo el uso del ecosistema el espacio público fácilmente para los ciudadanos de Lérida.



Fotografía 16 Río Segre en Lérida, España. Fotografía de elaboración propia. 2019.



Ilustración 24 Boceto conceptual de un posible aprovechamiento humano del Río Sabinal. Elaboración propia (2019)

3.5.-Estrategia No. 1 Evitar azolvamientos dentro de los afluentes de la ciudad.

La estrategia No.1, va relacionada a la etapa de mitigación de daños ambientales relacionados por la actividad humana, la continua deforestación y cambios de uso de suelo relacionados con la expansión urbana que se da ha dado en Tuxtla Gutiérrez, generan que los escurrimientos superficiales, como ríos y arroyos que desembocan en el río principal de la Subcuenca el Río Sabinal acarreen sedimentos y arrastren basura orgánica e inorgánica, lo que con el tiempo genera que se azolven los arroyos y ríos, así como también el Río Sabinal, lo que ocasiona que se salgan los ríos de sus cauces, inundando zonas urbanas asentadas en la cercanía. Por lo que se necesitan técnicas urbanas y arquitectónicas que puedan controlar el exceso de azolvamiento que se da en estos afluentes superficiales.

3.5.1.- Técnica de presas filtrantes.

Las presas filtrantes consisten en una estrategia de mitigación principalmente para el cuidado de la ciudad, es decir, procuraran mitigar daños que se dan a través de las respuestas de los sistemas naturales que perjudican a la ciudad mediante las inundaciones y azolvamientos, estas respuestas de los sistemas naturales, son de riesgo para la ciudad.

Las presas filtrantes aquí planteadas, se hacen con base en módulos de gaviones los cuales permiten que la estructura de esta estrategia sea flexible, permeable y permanente, los principales objetivos de la estrategia son:

1. Disminuir la velocidad del escurrimiento y por lo tanto la erosión del suelo.
2. Retener azolves.

3. Evitar el azolvamiento de los canales y obras hidráulicas ubicadas cuenca abajo del escurrimiento.
4. Favorecer la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos.

Dentro de las principales ventajas de esta estrategia es que funciona de forma flexible, es decir a comparación de las presas de concreto armado, que son totalmente rígidas ante el movimiento de la tierra, estas presas filtrantes, permiten el paso del agua y el acomodo de la estructura si hay movimiento de tierra, debido al acomodo de las cajas de la estructura, se hace como si fuera una pieza monolítica, lo cual reduce los riesgos de volteo y deslizamiento, además de que tiene alta eficiencia y durabilidad (mayor a 5 años). De preferencia las presas filtrantes son estratégicas para ubicarlas en la parte alta de la cuenca, ya que funcionan de mejor forma en las cañadas de los afluentes ya que por la topografía misma de la cañada se puede ubicar el “Filtro” para retener agua y azolvamientos.

De igual forma se señala que esta estrategia de ser implementada debería ser un trabajo interdisciplinario, ya que aún pueda ser usada como una estrategia urbana para mitigar riesgos en la ciudad, es necesario para poder ejecutar la estrategia, cálculos ingenieriles para garantizar la estabilidad de la construcción, así como colaborar con biólogos que estudien la fauna y contribuyan al diseño de pasos por estas estructuras.



Fotografía 17 Ejemplo de presa filtrante hecha con gaviones. (Roberto López Martínez y José Luis Oropeza Mota., 2009, pág. 2)

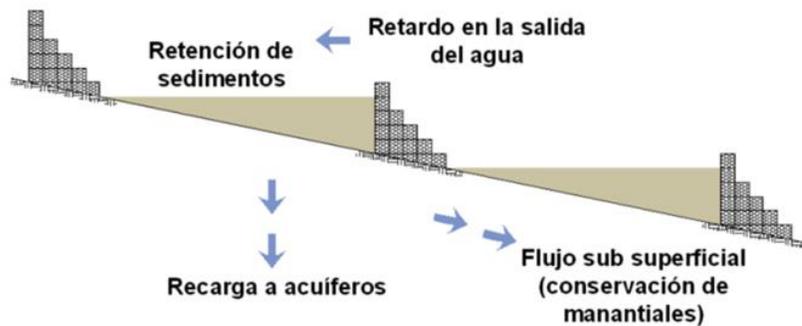


Ilustración 25 Efectos de las presas filtrantes de gaviones. (Roberto López Martínez y José Luis Oropeza Mota., 2009, pág. 6)

3.5.2.- Casos análogos exitosos de la técnica de presas filtrantes.

- Cuenca alta del Río Conchos. Chihuahua.

Para la conservación de suelos, vegetación y agua en la cuenca alta del Río Conchos en el Estado de Chihuahua. Durante 5 años (2005-2010), se realizó la construcción de 21,060 presas filtrantes de piedra acomodada, localizadas en el sistema de drenaje primario y secundario de las microcuencas, así como otras obras realizadas incluyó el acomodo de material vegetal muerto (180,571 m), barreras de piedra acomodada (108,885 m) y presas

filtrantes de ramas, en el caso de las zonas de condiciones severas de erosión de suelo se construyeron 50 presas filtrantes de gaviones.

En los resultados del trabajo se puede ver la evaluación de 171 obras seleccionadas al azar. En la evaluación biótica se pueden observar resultados favorecedores para el desarrollo de la vegetación con “...la presencia de pastos en el 75.4% de los casos, herbáceas en un 33.9% y especies mayores en el 18.7% de los sitios. Los renuevos encontrados fueron *Pinus spp*, *Quercus spp* (encino), *Juniperus spp* (táscate), pasto, te milagro, fresa silvestre, junco y *Arctostaphylos pungens* (manzanilla).” (J. Alfredo Rodríguez-Pineda, Iván Grijalva, Eugenio Barrios Ordoñez., 2013, pág. 44) De igual forma se identificó que en las presas con presencia de agua se identificaron huellas de venado, mapache y guajolote silvestre, así como se demostró que las estructuras de piedra acomodada son favorecedoras para el desarrollo del hábitat de especies como la ardilla, víbora y roedores.



Ilustración 26 Presa modelo con alta resistencia al empuje hídrico. (J. Alfredo Rodríguez-Pineda, Iván Grijalva, Eugenio Barrios Ordoñez., 2013, pág. 47)

- Microcuenca Ihuatzio-Tzintzuntzan y microcuenca Cerritos. Michoacán.

Construcción de 90 m³ de represas de control de azolves con jaulas de gavión en la microcuenca Ihuatzio-Tzintzuntzan, así como construcción de 300 m³ de represas de piedra acomodada en la misma microcuenca y 100 m³ en la microcuenca Cerritos. Con el objetivo de controlar la erosión hídrica en zonas altas de la cuneca, así como disminuir, detener y finalmente revertir azolves generados que afectan al Lago de Pátzcuaro.

En el 2008 se trabajó en la construcción de 30 obras equivalentes a 950 m³ de represas filtrantes de geocostales, piedra acomodada y gaviones. Al finalizar el 2008 se tenían ya construidas 25% de los trabajos planeados.

Es importante mostrar estos casos análogos ya que se muestra cómo han funcionado y se han construido este tipo de técnicas en nuestro país, brindando beneficios ecosistémicos y sociales.



Fotografía 18 Construcción de represa de gavión en la microcuenca Ihuatzio-Tzintzuntzan. (Mendoza, 2008, pág. 21).



Fotografía 19 Represa terminada. (Mendoza, 2008, pág. 21)

3.6.-Estrategia No. 2 Recuperar los espacios vegetales al interior de la ciudad, mediante técnicas de reintegración ecológica y urbana.

Recuperar los espacios verdes mediante integración a la identidad de la ciudad, es un factor esencial para el funcionamiento del ecosistema, recordando que el ecosistema no solo son las partes verdes que podemos ver cómo matrices permeables en la ciudad, sino que también el ecosistema pasa a ser la unión de las matrices impermeables, permeables, los corredores ecológicos, los parques existentes y todos los elementos y actores que conviven en un mismo espacio dentro de ese intercambio continuo de energía y relaciones. Es por eso que en esta estrategia se presentan dos técnicas que pueden favorecer a la recuperación de los espacios vegetales, brindando espacios también de esparcimiento para los ciudadanos y aun que sean técnicas arquitectónicas son diseñadas con un enfoque ecológico.

3.6.1.- Técnica de Módulos de Plantación.

La técnica de los módulos de plantación es básicamente una técnica de reforestación con base ecológica, “El Módulo de Plantación se define como un modelo sintético representativo del ecosistema, que se elabora a través de la comprensión de la estructura de la comunidad vegetal, donde participan: la diversidad, distribución, estratificación, abundancia y fisonomía. Dicho Módulo es una técnica de reforestación racional con bases ecológicas, útil en el proceso de regeneración o evocación de un ecosistema.” (López, 2016, pág. 11)

Esta técnica se utiliza para mejorar el intercambio de relaciones entre los seres vivos del ecosistema, mejorando la estética del sitio y la calidad de vida de los pobladores, siendo una

estrategia apreciable para mejorar el ecosistema de forma integral, así como el mejoramiento del ambiente del espacio urbano. Es decir, es un mecanismo de reforestación que se basa en el estudio y observación de los tipos de vegetación, desde diferentes estratos, el estrato alto que sería el arbóreo, el estrato mediano que sería el arbustivo y el estrato bajo que es el herbáceo. En el caso de la propuesta que a continuación se presenta, es con base en un módulo de plantación para un ecosistema ripario o ribereño, que se diseña a lo longitudinal de las riberas de los cauces, por lo que el tipo de vegetación es acuática, sumergible o que alcanza altos niveles de agua, ayudando también a prevenir erosiones del suelo e inundaciones en las zonas urbanas colindantes. Para poder realizar la propuesta del módulo de plantación ripario en espacio urbano, se necesitó de hacer diferentes paletas vegetales, siendo la primera la conceptual, la segunda, la cualitativa, la tercera la cuantitativa y la última la ilustrada, estas cuatro paletas sirven para poder señalar los motivos y características por las cuales fueron escogidas las especies de cada grupo, así como las demandas de espacio, luz, agua y hábitat en general, para al final poder definir la cantidad necesaria de cada especie para la elaboración de la técnica de los módulos de plantación. Siendo una técnica arquitectónica y urbana con base ecológica, no es una simple reforestación, sino que en cada elemento del módulo se plantea la oportunidad de enaltecer la estética del sitio mediante la vegetación, un elemento utilizado en la arquitectura de toda era.

Paleta vegetal Conceptual.

La paleta vegetal conceptual tiene como objetivo el comprender los requerimientos de espacios y características de la especie, también en dónde podría ubicarse esta especie, esto para el diseño arquitectónico resulta esencial para poder usar la vegetación con propósitos paisajísticos.

Paleta vegetal Conceptual.

Tabla 19 Paleta vegetal conceptual, árboles. Elaboración propia. 2021

Nombre científico	Nombre común	Espacio	Requerimiento de espacios	Características de la especie
Árboles				
<i>Taxodium mucronatum</i> <i>Ten.</i>	Ahuehuete o Sabino.	Dentro o a orillas de un río.	Sombra y refugio de especies dentro de su tronco y raíces. Sirven también de remates visuales.	Árboles de gran tamaño que comúnmente se encuentran en el centro u orillas de los cauces, formando remates visuales con el tronco rojizo y ligero follaje.
<i>Ceiba pentandra.</i>	Pochota.	Accesos.	Árboles que sirven para enmarcar remates visuales y dar sombra.	Tronco principal con espinas cónicas (verde – café) Forma muy característica y follaje ligero.
<i>Inga Vera.</i>	Chalahuite, Jinicuil.	Partes de ribera, árbol de menor altura que servirá como cambio de escala.	De tamaño mediano, con tronco delgado, servirá de sombra y hábitat de aves y otras especies.	Se encuentra principalmente sobre las vegas de los ríos y las cañadas abrigadas de las regiones costeras, por lo que se puede inundar sin causarle daños. También tiene propiedades de fijación de nitrógeno y previene las erosiones del suelo.
<i>Pachira aquatica.</i>	Zapote de agua.	Árbol de zonas inundables de menor altura que servirá de escala en comparativa de los demás.	Sirven de refugio para animales acuáticos y anfibios, además de lo vistoso de sus flores largas de color amarillo anaranjado.	Se encuentra principalmente en las orillas de los ríos y lagunas alimentándose de grandes cantidades de agua con lengüetas curvas y atormentadas que forman los contrafuertes del zapote de agua, en ríos de agua dulce.
<i>Astianthus viminalia</i>	Palo de agua.	Es característico de orillas de ríos y arroyos en medio del bosque tropical caducifolio.	Se extiende a lo largo de los ríos enraizándose en las riberas.	Árbol de tronco ligeramente aflautado, con flores amarillas con forma de trompeta, en racimos terminales.

Tabla 20 Paleta vegetal conceptual, arbustos. Elaboración propia. 2021

Nombre científico	Nombre común	Espacio	Requerimiento de espacios	Características de la especie
Arbustos.				
<i>Acacia farnesiana</i>	Flor de niño o Quisache	Partes centrales de forma distribuida en el módulo de plantación	Arbustos que sirven para fijar nitrógeno y son atractivas por sus aromáticas flores. Se usan para conservar y recuperar suelos degradados.	Arbusto espinoso, con copa redondeada, hojas plumosas y flores de color amarillo apiñadas en bolas densas y mullidas.
<i>Philadelphus mexicanus</i>	Jazmín mosqueta.	Arbusto usado principalmente para las zonas de los muros, pérgolas y cercas.	Arbustos de luz abundante que de preferencia estén cerca de muros o cercas.	Arbustos que atraerán la atención y el gusto de manera sutil con su aromático atractivo.
<i>Solanora nitida</i>	Copa de oro.	Se usa en muros, cercas o taludes.	Se requiere usar en los taludes del río principal.	Follaje de textura gruesa y floración amarilla espectacular que sirve de remate visual.
<i>Rubiaceae Hamelia patens Jacq.</i>	Coralillo.	Arbusto naturalmente encontrado a lo largo de los ríos, claros de bosques y sitios perturbados.	Zonas de sitios ruderales en los trópicos húmedos.	Arbustos nativos en México, con color amarillo oscuro, anaranjado o rojo y con frutos carnosos, globoso, de color rojo y negro al madurar. Es importante señalar que atrae a los colibríes y es de uso ornamental.
<i>Asteraceae Pluchea carolinensis (Jacq) G. Don.</i>	Arbusto agrío	Arbusto que habita en zonas inundables, vegetación riparia o ruderal.	Arbusto nativo en México, que se encuentra de manera natural en las zonas inundables.	Arbusto aromático, requieren suelo húmedo y desnudo para germinar.

Tabla 21 Paleta vegetal conceptual, herbáceas. Elaboración propia. 2021.

Nombre científico	Nombre común	Espacio	Requerimiento de espacios	Características de la especie
Herbáceas.				
<i>Alocasia macrorrhiza</i>	Hoja elegante o Mafafa.	Zona de humedal.	Se puede usar para las partes semi-inundadas del humedal dando una agradable vista con sus hojas de gran tamaño.	Grandes hojas acorazonadas de gran vista.
<i>Pontederia sagittata</i> .	Platanillo	Zona de humedal.	Se puede encontrar en los bordes de ríos, lagunas y charcos.	Planta perenne con tallos erectos, con flores lila o raramente blancas.
<i>Onagraceae Ludwigia octovalvis</i> .	Sauce de prímula mexicano.	Hierba que se puede utilizar en las orillas de las desembocaduras de corredores secundarios,	Hierba de zonas húmedas, suele darse a las orillas de canales y ríos.	Florece de julio a octubre con floración de brillantes amarillo y suele usarse como alimento y planta medicinal en Asia, el estatus migratorio en México es nativa.
<i>Bacopa monnieri (L.) Pennel</i> .	Hierba de gracia.	Hierba suculenta, se puede usar para las partes estancadas de las desembocaduras de los corredores secundarios.	Hierba que puede florar sobre las partes estancadas del agua.	De vistoso color verde flota sobre el agua con flores pequeñas blancas que resaltan sobre el verde de sus hojas.
<i>Thalia geniculata L.</i>	Zimalon tau, hoja de lengua.	Especie robusta que cubre grandes superficies en los humedales tropicales del sureste de México.	Hierba de terrenos bajos e inundados de aguas poco profundas y soleadas.	Hierba acuática, de flores de color morado brillante, la planta puede alcanzar hasta 3 m de alto.
<i>Asteraceae Eclipta prostrata (L.) L.</i>	Clavel de Pozo	Ya que está hierba habita en zonas húmedas se puede plantar a las orillas de los canales o ríos.	Es una planta que vive de manera anual, a veces común en lugares húmedos.	Hierba anual, con hojas opuestas, elípticas o lanceolada, el fruto es seco y no se abre. Suele ser comestible o medicinal.

Paleta vegetal cualitativa.

La paleta cualitativa, ya nos describe las especies de forma más clara en el tema del tamaño, definiendo los rangos de altura y diámetros, lo cual para las especies de árboles principalmente es esencial para poder tener en cuenta la cantidad necesaria de especies. En el tema estético se describe la especie en el color de la floración, lo cual llama mucho la atención del visitante y rompe con el verde de un bosque. Por último, pero no menos importante nos dice los requerimientos de la especie, es decir, que tipo de suelo es mejor para cada especie y cuanta luz es necesaria, esto es sumamente importante para la investigación, ya que se está diseñando para un ecosistema riparió, en donde algunas especies es necesario que estén dentro del río, a orillas o cercanas, lo que permite saber en qué sitio van mejor cada especie.

1= Primavera. 2= Verano. 3= Otoño. 4= Invierno.

Paleta vegetal cualitativa.

Tabla 22 Paleta vegetal cualitativa, árboles. Elaboración propia. 2021

Nombre científico.	Nombre Común	Dimensiones		Flora		Requerimientos.	
		Altura	Diámetro	Color	Época	Luz	Suelo
Árboles							
<i>Taxodium mucronatum Ten.</i>	Ahuehuate o Sabino.	25 – 35 m.	15 m.	Imperceptible.	1	Media sombra.	Inundado.
<i>Ceiba pentandra.</i>	Pochota.	40 m.	10 m.	Amarillo dorado.	4	Directa.	Arenoso – arcilloso.
<i>Inga Vera</i>	Chalahuite, Jinicuil.	18 m.	3 m.	Blanca.	Todo el año.	Directa.	Arcilloso.
<i>Pachira aquatica</i>	Zapote de agua.	15 m.	2 m.	Amarilla anaranjada.	Todo el año.	Directa.	Inundado.
<i>Astianthus viminalis</i>	Palo de agua.	20 m.	2 m.	Amarillo brillante.	Todo el año.	Sombra.	Inundado.

Tabla 23 Paleta vegetal cualitativa, arbustos. Elaboración propia, 2021.

Nombre científico.	Nombre Común	Dimensiones		Flora		Requerimientos.	
		Altura	Diámetro	Color	Época	Luz	Suelo
Arbustos.							
<i>Acacia farnesiana</i>	Flor de niño o Quisache	1 -2 m.	3 m.	Amarillas.	4	Directa.	Arenoso–arcilloso.
<i>Philadelphus mexicanus</i>	Jazmín mosqueta.	10 m.	1.2 m.	Blanca.	Todo el año.	Directa.	Arcilloso.
<i>Solanora nitida</i>	Copa de oro.	4.5 m.	1.2 m.	Dorado.	Todo el año.	Directa.	Cualquiera.
<i>Rubiaceae Hamelia patens Jacq.</i>	Coralillo.	7 m.	1 m.	Rojo brillante.	Todo el año.	Media sombra y directa.	Arcilloso.
<i>Asteraceae Pluchea carolinensis (Jacq) G. Don.</i>	Arbusto agrio.	3 m.	1.2 m.	Lila.	Todo el año.	Directa.	Inundado.

Tabla 24 Paleta vegetal cualitativa, hierbas. Elaboración propia, 2021.

Nombre científico.	Nombre Común	Dimensiones		Flora		Requerimientos.	
		Altura	Diámetro	Color	Época	Luz	Suelo
Hierbas.							
<i>Alocasia macrorrhiza</i>	Hoja elegante o Mafafa.	2 m.	2 m.	-	-	Media sombra.	Inundado.
<i>Pontederia sagittata</i> .	Platanillo	1 m.	0.5 m.	Morada.	Todo el año.	Directa.	Inundado.
<i>Onagraceae Ludwigia octovalvis</i> .	Sauce de prímula mexicano.	1 m.	0.3 m.	Amarilla.	Todo el año.	Directa.	Inundado.
<i>Bacopa monnieri (L.) Pennel</i> .	Hierba de gracia.	0.05 m.	0.5 m.	Blanca.	Todo el año.	Directa.	Inundado.
<i>Thalia geniculata L.</i>	Zimalon tau, hoja de lengua.	3 m.	1 m.	Morada.	Todo el año.	Sombra.	Inundado.
<i>Asteraceae Eclipta prostrata (L.) L.</i>	Clavel de Pozo	1 m.	0.3 m.	Blanca.	Todo el año.	Directa.	Inundado.

Paleta vegetal cuantitativa:

La paleta vegetal cuantitativa, es parte imprescindible del diseño de la técnica de módulos de plantación, ya que es en la que se hacen los cálculos numéricos, para determinar la frecuencia en la que se necesitará plantar cada especie dentro del módulo de plantación, definiendo así la cantidad y ubicación de cada especie dentro del diseño.

Tabla 25 Datos estructurales para el estudio de módulos de plantación. Elaboración propia, 2021.

Datos estructurales para el diseño de los módulos de plantación:

Superficie de módulo de plantación. $25 \times 100 = 2,500 \text{ m}^2$

Cobertura total del ecosistema: $120\% = 3000 \text{ m}^2$

Cobertura del estrato arbóreo: $70\% = 1750 \text{ m}^2$

Cobertura del estrato arbustivo: $30\% = 750 \text{ m}^2$

Cobertura del estrato herbáceo: $20\% = 500 \text{ m}^2$

Paleta vegetal cuantitativa:

Tabla 26 Paleta vegetal cuantitativa, árboles. Elaboración propia. 2021.

Nombre científico.	Nombre común.	Dimensiones.		Cobertura. $A = \pi r^2$	Importancia.	Área.	Frecuencia.
		Altura	Diámetro				
Árboles						70% = 1750 m ²	
<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Ahuehuete o Sabino.	25 – 35 m.	15 m.	177 m ²	61.70%	1079.75m ²	6 pzas.
<i>Ceiba pentandra</i> .	Pochota.	40 m.	10 m.	78.5 m ²	29.2%	511 m ²	6 pzas.
<i>Inga Vera</i>	Chalahuite, Jinicuil.	12 m.	3 m.	7.06 m ²	5.5%	96.25 m ²	13 pzas.
<i>Pachira aquatica</i>	Zapote de agua.	15 m.	2 m.	3.14 m ²	1.8%	31.5m ²	10 pzas.
<i>Astianthus viminalis</i>	Palo de agua.	20 m.	2 m.	3.14 m ²	1.8%	31.5 m ²	10 pzas.
Total:				42.53 m ²	100%	1,750 m ²	45 pzas.

Tabla 27 Paleta vegetal cuantitativa, arbustos. Elaboración propia. 2021.

Nombre científico.	Nombre común.	Dimensiones.		Cobertura.	Importancia.	Área.	Frecuencia.
		Altura	Diámetro	$A = \pi r^2$			
Arbustos.						30% = 750 m ²	
<i>Acacia farnesiana</i>	Flor de niño o Quisache	1 -2 m.	3 m.	7.06 m ²	62.8 %	471 m ²	67 pzas.
<i>Philadelphus mexicanus</i>	Jazmín mosqueta.	10 m.	1.2 m.	1.13 m ²	10.05%	75.38 m ²	67 pzas.
<i>Solanora nitida</i>	Copa de oro.	4.5 m.	1.2 m.	1.13 m ²	10.05%	75.38 m ²	67 pzas.
<i>Rubiaceae Hamelia patens Jacq.</i>	Coralillo.	7 m.	1 m.	0.79 m ²	7.05%	52.86 m ²	73 pzas.
<i>Asteraceae Pluchea carolinesis (Jacq) G. Don.</i>	Arbusto agrio.	3 m.	1.2 m.	1.13 m ²	10.05%	75.38 m ²	67 pzas.
Total:				11.24 m ²	100 %	750 m ²	341 pzas.

Tabla 28 Paleta vegetal cuantitativa, Herbáceas. Elaboración propia. 2021.

Nombre científico.	Nombre común.	Dimensiones.		Cobertura.	Importancia.	Área.	Frecuencia.
		Altura	Diámetro	$A = \pi r^2$			
Herbáceas.						20% = 500 m ²	
<i>Alocasia macrorrhiza</i>	Hoja elegante o Mafafa.	2 m.	2 m.	3.14m ²	46%	230 m ²	73 pzas.
<i>Pontederia sagittata</i> .	Platanillo	1 m.	0.5 m.	0.20 m ²	3%	15 m ²	75 pzas.
<i>Onagraceae Ludwigia octovalvis</i> .	Sauce de primula mexicano.	1 m.	0.3 m.	0.070 m ²	1%	5 m ²	71 pzas.
<i>Bacopa monnieri (L.) Pennel</i> .	Hierba de gracia.	0.05 m.	0.5 m.	0.20 m ²	3%	15 m ²	75 pzas.
<i>Thalia geniculata L.</i>	Zimalon tau, hoja de lengua.	3 m.	1 m.	0.79 m ²	46%	230 m ²	73 pzas.
<i>Asteraceae Eclipta prostrata (L.) L.</i>	Clavel de Pozo	1 m.	0.3 m.	0.070 m ²	1%	5 m ²	71 pzas.
Total:				6.82 m ²	100%	500 m ²	438 pzas.

Paleta vegetal ilustrada.

La paleta vegetal ilustrada tiene como objetivo mostrar la imagen en porte y detalle de las plantas encontradas, esto servirá para poder identificar las especies de manera más concreta al momento de comprar las especies para el módulo.

Paleta vegetal ilustrada.

Tabla 29 Paleta vegetal ilustrada, árboles. Elaboración propia, 2021.

Nombre científico	Nombre común.
Árboles.	
1.- <i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Ahuehuate o Sabino.
2.- <i>Ceiba pentandra</i> .	Pochota.
3.- <i>Inga Vera</i>	Chalahuite, Jinicuil.
4.- <i>Pachira aquatica</i>	Zapote de agua.
5.- <i>Astianthus viminalis</i>	Palo de agua.



Fotografía 20 *Taxodium mucronatum*.
Elaboración propia, 2020.



Fotografía 21 *Ceiba pentandra*. Elaboración propia, (2020)
e imagen pequeña de Lesur, (2011).



Fotografía 22 Árboles medianos, *Inga Vera*, *Pachira aquatica*, *Atianthus viminalis*. (Lesur, 2011)

Tabla 30 Paleta vegetal ilustrada, arbustos. Elaboración propia, 2021.

Nombre científico	Nombre común.
Arbustos.	
6.- <i>Acacia farnesiana</i>	Flor de niño o Quisache
7.- <i>Philadelphus mexicanus</i>	Jazmín mosqueta.
8.- <i>Solandra nitida</i>	Copa de oro.
9.- <i>Rubiaceae Hamelia patens Jacq.</i>	Coralillo.
10.- <i>Asteraceae Pluchea carolinensis (Jacq) G. Don.</i>	Arbusto agrio.



Fotografía 23 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/acacia-farnesiana/fichas/ficha.htm#9.%20Referencias>. Autor: Pedro Tenorio Lezama. (2009), *Malezas de México, Acacia farnesiana* (L.) Willd. Fecha de acceso: 21/01/2022



Fotografía 24 <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/2617%20Philadelphus%20mexicanus.jpg.info>. Autor: Jerzy Rzedowski Rotter. *Philadelphus mexicanus*. Fecha de acceso: 21/01/2022.



Fotografía 27 <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/2085%20Solandra%20sp..jpg.info>. Autor: Jerzy Rzedowski Rotter. *Solandra* sp. Fecha de acceso: 21/01/2022.



Fotografía 26 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rubiaceae/hamelia-patens/imagenes/habito.jpg> Autor: Pedro Tenorio Lezama. *Hamelia patens* Jacq. Fecha de acceso: 21/01/2022.



Fotografía 25 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/pluchea-carolinensis/fichas/pagina1.htm>. Autor: Pedro Tenorio Lezama. *Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don. Fecha de acceso: 21/01/2021.

Tabla 31 Paleta vegetal ilustrada, herbáceas. Elaboración propia, 2021.

Nombre científico	Nombre común.
Herbáceas	
11.- <i>Alocasia macrorrhiza</i>	Hoja elegante o Mafafa.
12.- <i>Pontederia sagittata</i> .	Platanillo
13 <i>Ludwigia octovalvis</i> .	Sauce de primula mexicano.
14.- <i>Bacopa monnieri (L.) Pennell</i> .	Hierba de gracia.
15.- <i>Thalia geniculata L.</i>	Zimalon tau, hoja de lengua.
16.- <i>Asteraceae Eclipta prostrata (L.) L.</i>	Clavel de Pozo



Fotografía 28 <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/3443%20Alocasia%20macrorrhizos.jpg.info>. Autor-: Jerzy Rzedowski Rotter. *Alocasia macrorrhizos*. Fechas: 21/01/2022



Fotografía 29 http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/MSO177%20Pontederia%20crassipes_1.jpg.info. Autor: Michael Schmidt. *Pontederia crassipes*. Fecha: 25/01/2022.



Fotografía 30 [http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/ME010%20KV%2000014%20_Ludwigia%20octovalvis%20\(Jacq.\)%20P.H.%20Raven%2C%201962_.JPG.in](http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/ME010%20KV%2000014%20_Ludwigia%20octovalvis%20(Jacq.)%20P.H.%20Raven%2C%201962_.JPG.in)
fo. Autor: Kenia Velasco. Asteraceae Ludwigia octovalvis. Fecha: 25/01/2022.



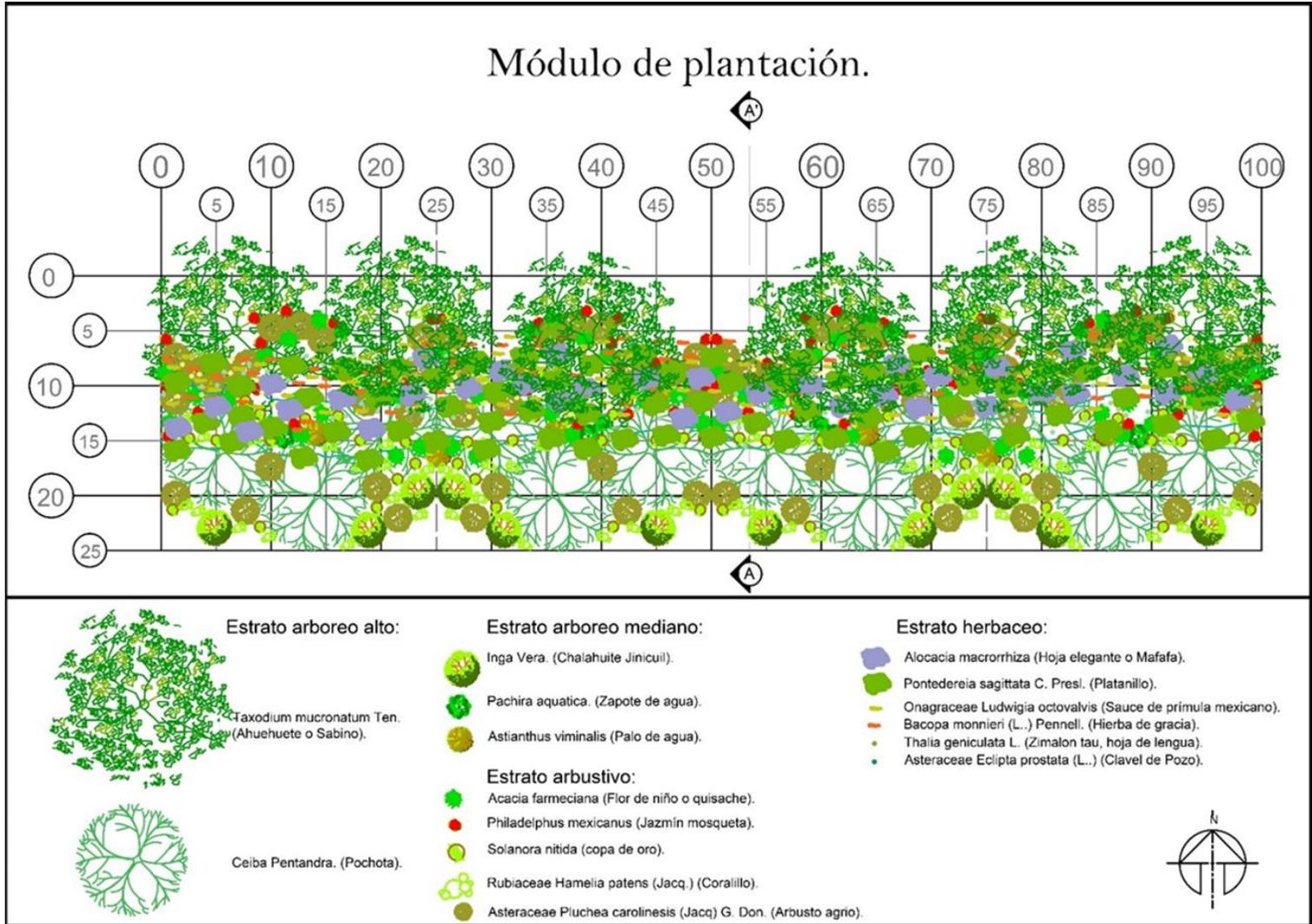
Fotografía 31 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/scrophulariaceae/bacopa-monnieri/fichas/pagina1.htm>.
Autor: Pedro Tenorio Lezama. Bacopa monnieri (L.) Pennell. Fecha: 25/01/2022.



Fotografía 32 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/marantaceae/thalia-geniculata/fichas/pagina1.htm>.
Autor: Heike Vibrans. *Thalia geniculata* L. Fecha: 25/01/2022.



Fotografía 33 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/eclipta-prostrata/imagenes/rama.jpg>. Autor:
Pedro Tenorio Lezama. *Eclipta prostrata* (L.) L. Fecha: 25/01/2022.





Ecosistema Ripario.

Fotografía 34 Ejemplo de ecosistema ripario, ubicado en la desembocadura del Río Sabinal con el Río Grijalva. Fotografía de elaboración propia. (2020).

3.7.-Técnica de Terrazas de evocación aluvial.

Dentro de la estrategia de recuperación de los espacios vegetales al interior de la ciudad, mediante técnicas de reintegración ecológica y urbana, está la técnica arquitectónica de las terrazas de evocación aluvial. La cual en este caso específico se analizó y diseñó para el funcionamiento del Río Sabinal y con el objetivo de abrir las coronas del ríos que actualmente se encuentran casi a 90° con muros de contención, esta técnica trabaja en conjunto con las 2 técnicas arquitectónicas pasadas, ya que para abrir las coronas se necesitaría regular la cantidad de agua y sedimentos que entran al Río Sabinal y mediante los módulos de plantación también se reforestarían las riberas y permitiendo que el ciudadano disfrute del ecosistema de manera directa.

Para poder proponer esta técnica se hicieron 3 levantamientos en sitio, para ver las alturas y medidas en cada que hay en diversos puntos del cauce.

El termino de las terrazas de evocación aluvial, surge de la idea de que el Río Sabinal anteriormente se presume era un río con terrazas aluviales que podría cambiar el cauce con facilidad debido a la pendiente y topografía en la que se encuentra el río, ya que el ecosistema perdió estas características aluviales debido a la expansión urbana, se propone recuperar espacios mediante la apertura de las coronas del río evocando el funcionamiento que antes tenía el ecosistema en el valle de Tuxtla Gutiérrez, con estas terrazas que serán inundables en época de lluvias y utilizables en época de secas.

A continuación, se presentan los 3 levantamientos hechos junto con las propuestas de terrazas de evocación aluvial.

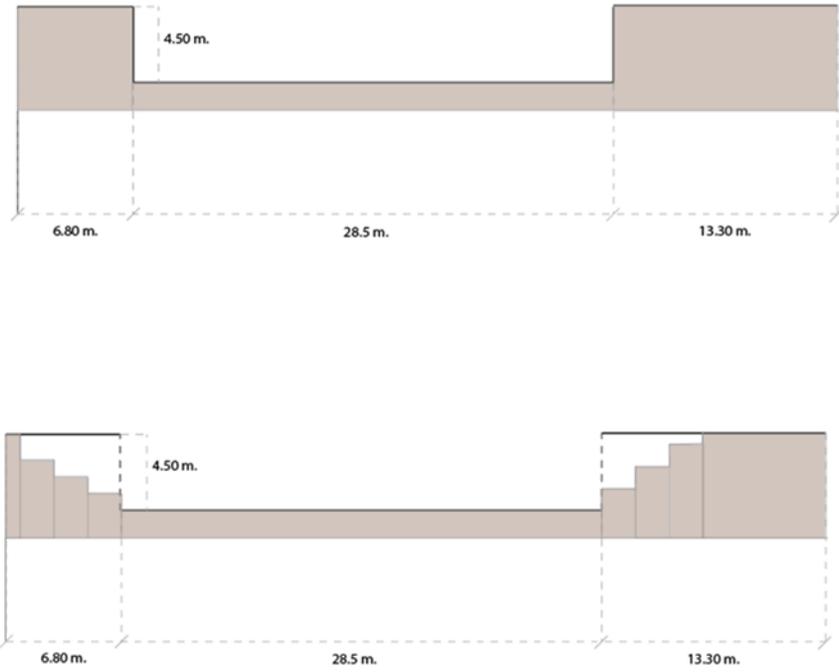
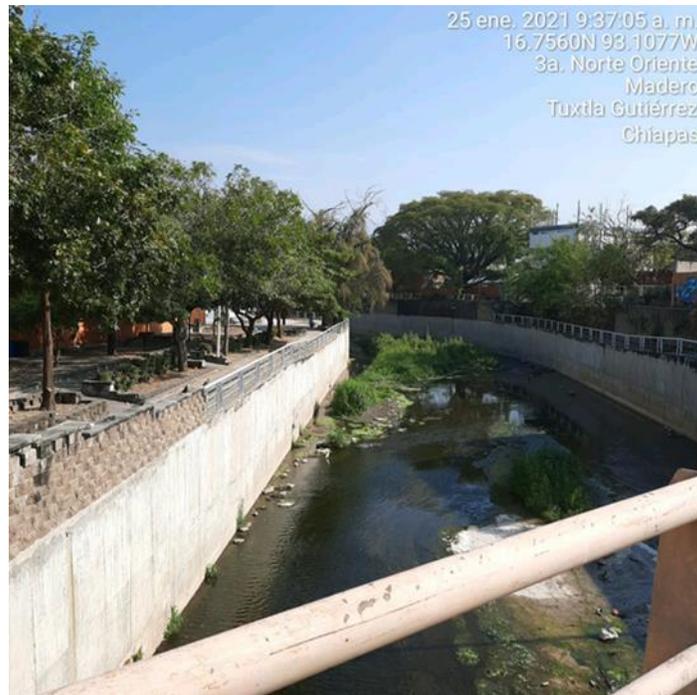


Ilustración 28 Corte 1 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).



Fotografía 35 Cauce principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).

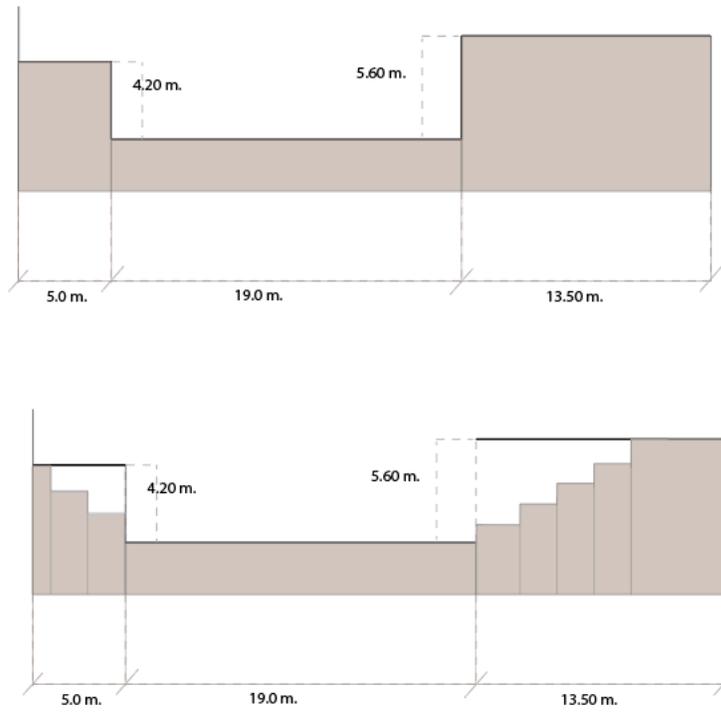
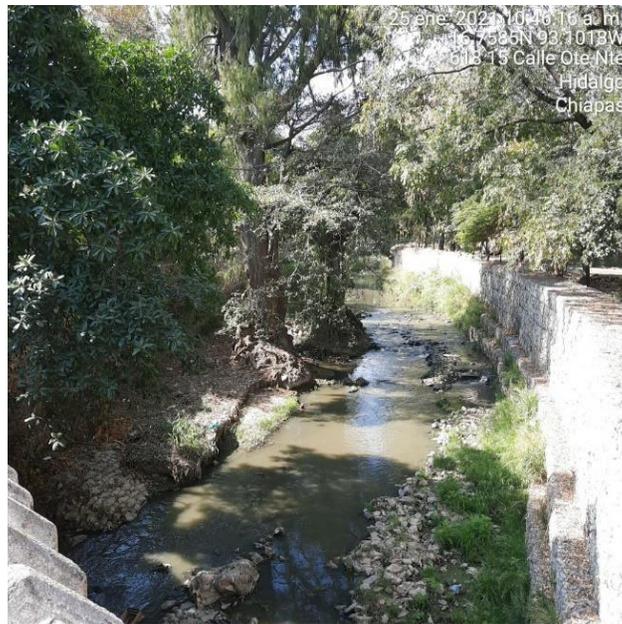


Ilustración 29 Corte 2 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).



Fotografía 36 Cauce principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).

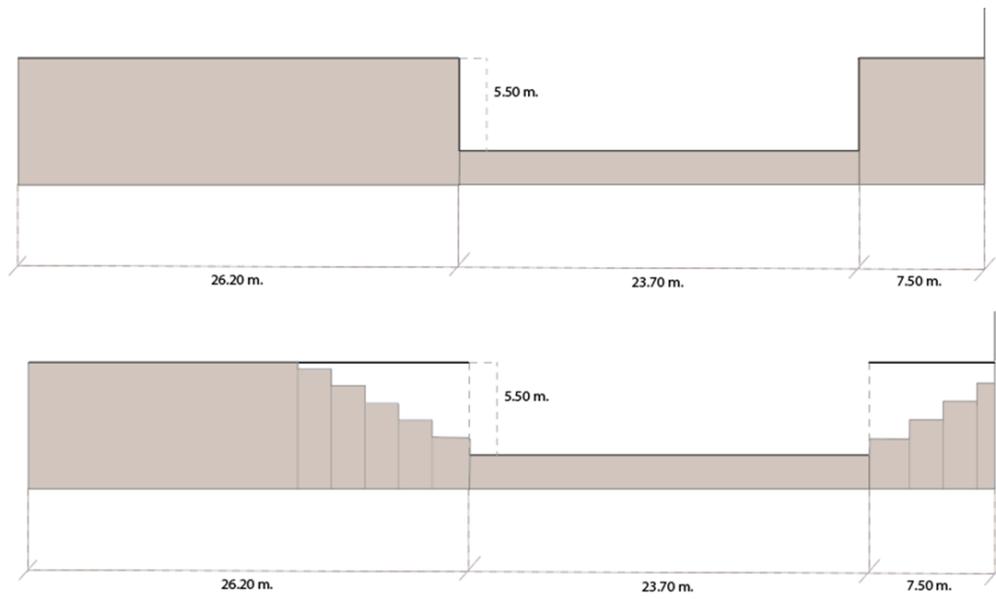


Ilustración 30 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 477 Araucarias, El Vergel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).



Fotografía 37 Corte 3 del cauce principal "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).

3.8.-Propuesta conceptual en sitio.

Para poder presentar una propuesta conceptual dentro del sitio, buscando representar los cambios que podría haber en la ciudad al realizar las estrategias urbano arquitectónico, se tuvo que realizar un levantamiento fotográfico en un sitio determinado. El sitio escogido este marcado dentro de la ilustración 31, fue escogido ya que se encuentra en una parte central de la ciudad y de cada lado presenta ventanas de oportunidad para la realización de las estrategias arquitectónicas, así como tiene interacción con un conjunto habitación que muestra el nulo interés en tener relación con el ecosistema, por último se hace una comparativa a manera de corte transversal con medidas reales de la situación del cauce actual, comparándolo visualmente con la situación de si se abrieran las coronas del cauce es decir, se implementarían las terrazas de evocación aluvial, se implementarían los módulos de plantación y los elementos arquitectónicos buscarían poder disfrutar del ecosistema, mediante terrazas con vegetación apta para uso ornamental en los elementos de vivienda, así como romper las barreras físicas (bardas) que bloquean el acceso a un ambiente recuperado.

El levantamiento fotográfico y la toma de medidas fueron desde un puente para poder cruzar el río, ya que como se ve en las imágenes, no hay acceso al cauce.

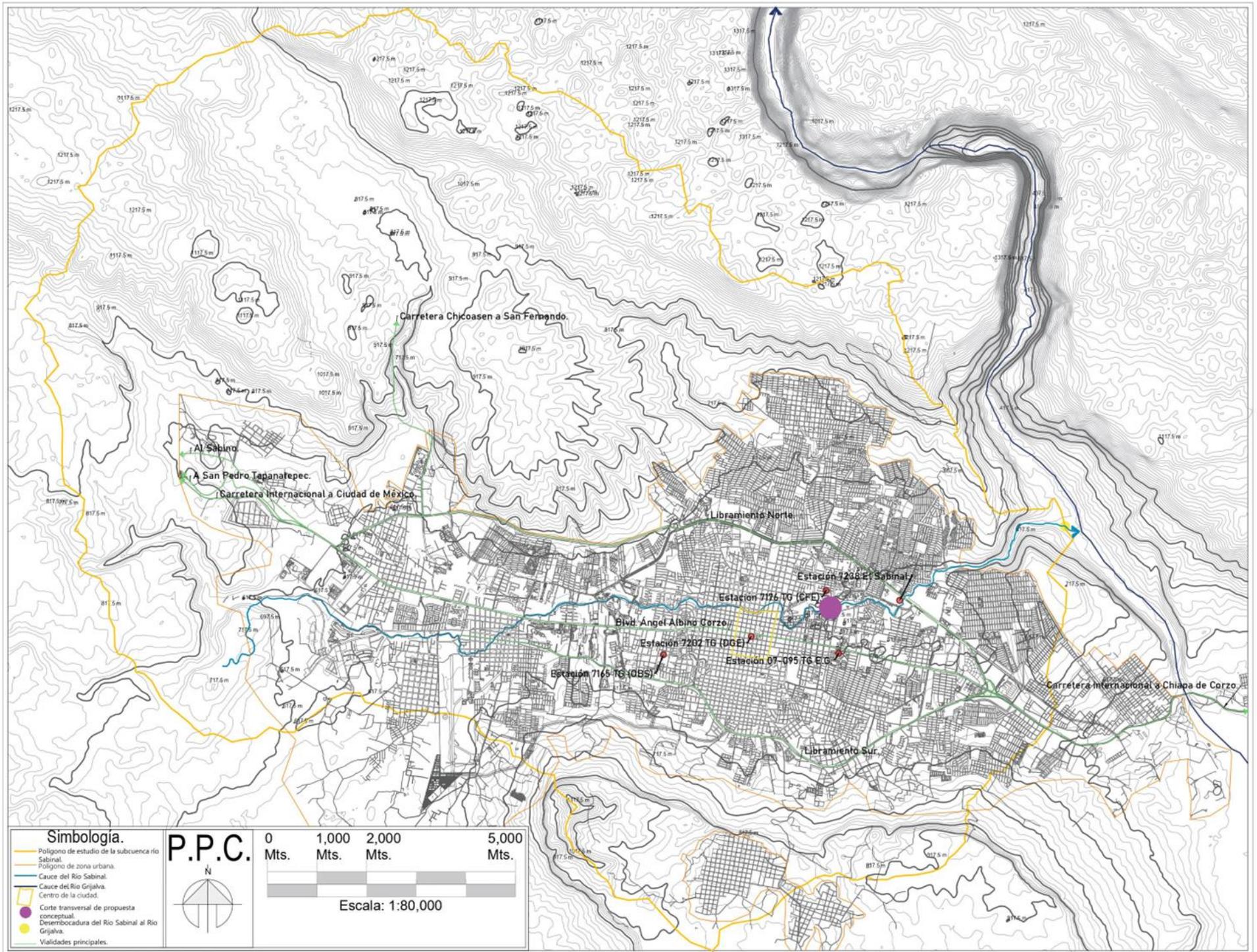


Ilustración 31 Plano de ubicación de la propuesta conceptual. Elaboración propia. (2022)

3.8.1.- Galería fotográfica, para consideraciones arquitectónicas.

En la fotografía 31 se puede observar algunos aciertos en cuanto a la conservación de las características del Río Sabinal. El ejemplo más es la utilización de los gaviones en las laterales del río lo que permite que se filtre el agua y crezca la vegetación, logrando la conservación parcial del ambiente natural del río. Es una conservación parcial debido a que también la corona a casi 90° no es natural en el río lo cual ocasiona que en caso de haya alguna especie no acuática o anfibia cerca del río se podría ahogar y también complica la toma de agua para estas especies.



Fotografía 38 Cauce del río Sabinal. Elaboración propia. 2022

En el caso de la fotografía 32 se puede observar el acierto de dejar al río conservar una ribera autogenerada por la acumulación de sedimentos lo que permite que las especies animales cercanas puedan tener un refugio al alcance del agua, de igual permite el crecimiento de la vegetación que de forma autónoma se genera en este ecosistema, logrando que haya un mejor equilibrio ecosistema en el ambiente degradado. Las fotografías 31 y 32 fueron tomadas el 16 de marzo de 2022, época de sequía en la ciudad, contrario a la fotografía 33 que fue tomada el 24 de abril del 2022, en el mismo sitio, que una acción antropocentrista el gobierno decide que estos elementos positivos desde el punto de vista ambiental son negativos para la población y en un ejercicio de “limpieza” quitan la vegetación y desazolvan el río, dejando un ambiente que no permite el acceso ni a la fauna y menos al humano.

16 mar. 2022 10:16:41 a. m.
16°45'34.14996"N -93°5'32.91487"W



Fotografía 39 Cauce del río Sabinal observando los elementos arquitectónicos ciegos al ambiente natural. *Elaboración propia. 2022*



Fotografía 40 Río Sabinal. 24 de abril del 2022, fotografía de elaboración propia. Coordenadas: 16°45'34.14996" N - 93°5'32.91487" W.

En las fotografías 34 y 35 se alcanza a ver un bloqueo físico y visual del río, esto es importante mencionarlo, ya que ambas fotografías fueron tomadas desde un parque público en el que lo que se busca es que ni la población ni la fauna este en contacto con río, los posibles riesgos por los cuales ponen esta malla, sería mitigados respondiendo a una recuperación integral del río en relación con la ciudad, es decir, en lugar de solo buscar ocultar el rio se podría buscar recuperar para poder aprovechar los beneficios de un ambiente natural conservado, permitiendo no solo disfrute humano sino también la conservación de especies vegetales y animales.



Fotografía 41 Bloqueo físico y visual del río, desde un parque público. Elaboración propia. 2022



Fotografía 42 Bloqueo físico y visual del río, desde un parque público. Elaboración propia. 2022.

La fotografía 36 y 37 evidencian la necesidad de separar el río de la ciudad, construyendo bardas al final de cada calle para evitar entrar o salir del espacio del río. Las edificaciones son ciegas al río evitando en la medida de lo posible su relación con el espacio natural.



Fotografía 43 Bardas al final de cada calle para cerrar el acceso al río. Elaboración propia. 2022



Fotografía 44 Bardas al final de cada calle para cerrar el acceso al río. Elaboración propia. 2022

Por último, la fotografía 38 evidencia la necesidad de la disciplina arquitectónica con urgencia para la intervención del Río Sabinal, un ambiente que responde a la teoría de las ventanas rotas, al haber un ambiente degradado entonces su contexto arquitectónico también se degrada paulatinamente. La fotografía muestra la realidad de una arquitectura ausente en planeación, diseño, calidad de vida y seguridad, muestra la realidad de las salidas de aguas residuales al Río Sabinal y de la nula relación con el río que en esta parte pierde todas las características de un río y pasa a ser un canal.



Fotografía 45 Vivienda junto al Río Sabinal. Elaboración propia. 2022.

3.8.2.- Consideraciones arquitectónicas.

Parte de los objetivos de la arquitectura como disciplina es el mejorar la calidad de vida del humano, cómo pudimos leer en los primer capítulos el ambiente es esencial para la calidad de vida humana y en el caso de la cuenca del Río Sabinal el ambiente natural se encuentra degradado y desperdiciado, teniendo un amplio potencial para mejorar la calidad de vida, desde el confort térmico, hasta la recuperación de un espacio simbólico y de identidad para la ciudad, comprendiendo esto, propongo que en algunas partes del cauce se abran las coronas, se reforeste mediante módulos de plantación ripario y se regule la entrada de sedimentos a la ciudad, para evitar estancamientos y posteriormente inundaciones, pero aparte de estas estrategias, está la integración arquitectónica de los espacios tanto públicos como las edificaciones cercanas al río. El procurar la integración arquitectónica de la ciudad con el ambiente natural del río servirá también para recuperar la identidad del ambiente natural, aprovechando sus beneficios ambientales y mejorando la calidad de vida. La integración iniciaría desde el espacio público, permitiendo que el humano tenga acceso al ambiente natural, así como en las edificaciones proponiendo algunas alternativas arquitectónicas, cómo el uso de terrazas que permitan visualizar el río, uso de vegetación en las edificaciones, el uso de materiales permeables para los suelos de las calles y banquetas que permitan la absorción del agua y la recarga de los mantos acuíferos, así como adaptarse al ambiente natural, estas son alternativas, ya que cada edificación necesitaría un estudio aparte y análisis de su situación particular con base a su relación con el ambiente.

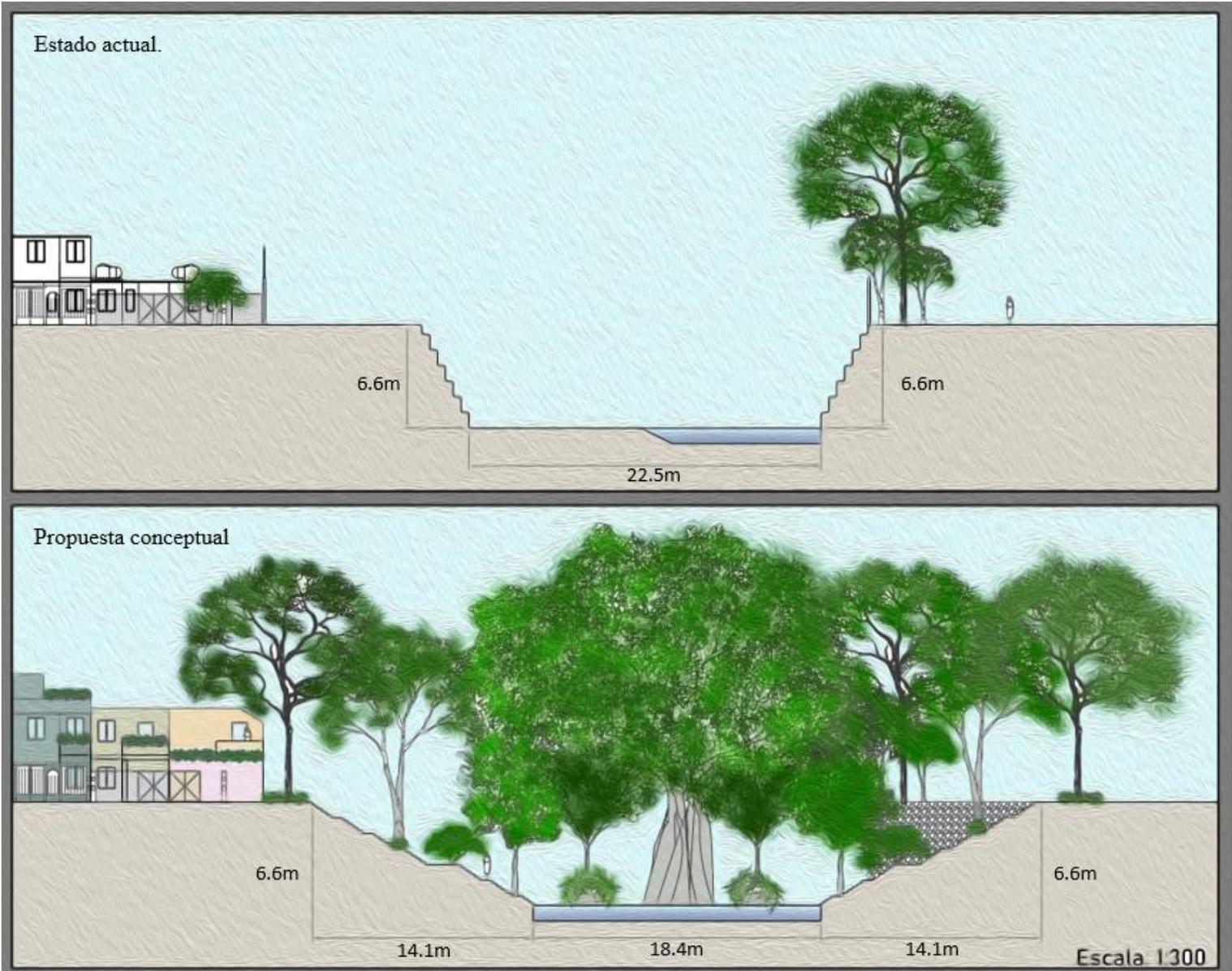


Ilustración 32 Boceto de propuesta de intervención para recuperación del espacio natural, Río Sabinal. Elaboración propia (2022).



Fotografía 46 Fotografía ejemplo de una vivienda junto al Río Sabinal.

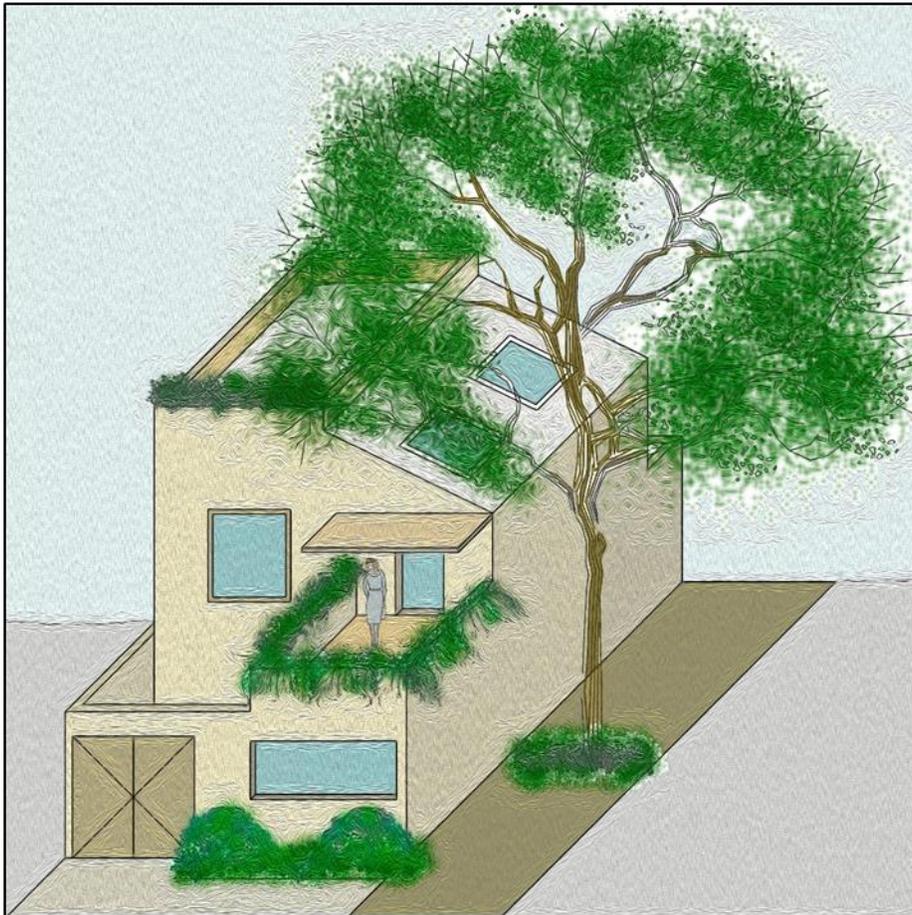


Ilustración 33 Boceto de una vivienda junto al Río Sabinal. Elaboración propia (2022).

Cuando como en la fotografía 45 vemos viviendas que lo que buscaron fue evitar la vista al río y subir cada vez más las bardas, vemos un problema de percepción ambiental que ha llevado a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, querer ocultar el río. Los criterios de manejo arquitectónico permitirían que no solo se disfrute del ambiente natural recuperado, sino que regrese el interés por involucrarse en el ambiente del Sabinal, es decir, recuperar la identidad histórica y cultural mediante la visualización del ambiente recuperado, esto es posible si las edificaciones contemplan un diseño abierto al ambiente y permeable mediante materiales y vegetación que sirvan para este tipo de ambiente, en el boceto presentado, se ve una inclinación diseñada para permitir a la vegetación arbórea alta crecer, sin perjudicar a la edificación lo cual arquitectónicamente hablando también servirá para mejorar el disfrute de la vegetación en algunas habitaciones y generar sensaciones abiertas a la naturaleza, lo cual se ha comprobado que mejora la calidad de vida, psicológicamente y físicamente. De igual forma se plantea el uso de terrazas con vegetación para poder permitir que las edificaciones no se vuelvan parte de la matriz impermeable y permita que la fauna circule a través de la ciudad.

4.- Conclusiones.

La investigación realizada en este periodo de dos años, dentro del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, fue un ejercicio que retó la apertura que tiene la arquitectura en cuanto a la interdisciplinariedad con la que se trabaja en el ambiente construido, con un enfoque eco-centrista para la posible integración de la ciudad con el ecosistema, es decir, mediante las estrategias en esta investigación presentadas, no se logra resolver por completo el problema ambiental y ecológico que hay en la subcuenca, pero las estrategias arquitectónicas y urbanas impulsan la mitigación de algunos daños y la propuesta de integración del ambiente artificial de la ciudad con el ecosistema alterado, es decir, la hipótesis se cumple en la asistencia de la recuperación del ecosistemas mediante acciones humanas con enfoque ecológico.

Ciertamente los procesos de producción arquitectónica antropocentrista que son ajenos al funcionamiento natural del sitio, en este caso ajenos a la cuenca en la que se encuentra la ciudad, han generado no solo daño ambiental al ecosistema transformado, sino que se ha perjudicado a la calidad de vida de los ciudadanos al absorber un ecosistema que históricamente pertenecía a la identidad de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

El trabajo que se realizó al señalar las externalidades negativas y el estudio de las características ambientales de la subcuenca Río Sabinal, se ha podido encontrar también que aún hay ventanas de oportunidad para que tanto las organizaciones sociales, dependencias públicas, miembros del sector económico y la ciudadanía en general, puedan recuperar la coexistencia del ecosistema alterado de la Subcuenca Río Sabinal con la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

5.- Bibliografía.

- Aguiló M. A., Montoso J. A., Aramburo M. P., Carrasco R. M., Castillo V., Ceñal M. A., Cifuentes Morales M., Cifuentes Vega P., Cristóbal López M. A., Martín Duque J. F., Escribano Bombín R., Glaría Galcerán G., Gonzáles Barberá G., Iglesias Gómez J., Iglesias del Pozo E., López de Diego L. A., Martín Llorente F., Martínez-Mena García M., Milara Vilches R., Pedraza Gilsanz J., Rastrollo Gonzalo A., Rubio Maroto R., Sanz Sa J. M., Sanz Santos M. A., Valero Huete F. (2014). Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Fundación Conde del Valle de Salazar (E.T.S.I. de Montes). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Bauer, S. W. (2007). Historia del mundo antiguo: Desde los orígenes de las civilizaciones hasta la caída de Roma. Ediciones Paidós Iberica, S.A.
- Bedient, P. B., Huber, W. C., & Vieux, B. E. (2008). Hydrology and floodplain analysis (Vol. 816). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Castells, M. (2008). La cuestión urbana. Siglo XXI.
- Charria, W.G. (2006) El sistema complejo de la cuenca hidrográfica.
- Comisión Nacional del Agua, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Proyecto de Bases de Datos Climatológicos. Tuxtla Gutiérrez (DGE). <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Mensuales/chis/00007202.TXT>
- Comisión Nacional del Agua, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Proyecto de Bases de Datos Climatológicos. Tuxtla Gutiérrez (OBS). <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Mensuales/chis/00007165.TXT>
- Comisión Nacional del Agua, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Proyecto de Bases de Datos Climatológicos. Tuxtla Gutiérrez (CFE). <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Mensuales/chis/00007176.TXT>
- Comisión Nacional del Agua, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Proyecto de Bases de Datos Climatológicos. Tuxtla Gutiérrez El Sabinal. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Mensuales/chis/00007238.TXT>
- Cotler, H., Galindo, Á.,González I., Pineda R., Río, E., (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. D.F. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas.
- Cubino, J. P., Subirós, J. V., & Lozano, C. B. (2015). Biodiversidad vegetal y ciudad: aproximaciones desde la ecología urbana. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.
- Dorado, Ó. y Arias, D. M. (2006). Reforestar o restaurar para la recuperación ambiental. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos, (3), 39-44.

- Enciclo Vida, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://enciclovida.mx/especies/160320-pontederia-sagittata>
- Fernández, M.A. (1996). Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Quito, Ecuador. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. USAID.
- Fichas técnicas digitales de vegetación:
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto de Ecología, A.C. *Philadelphus karwinskyanus*. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/641-mosqueta>
- J. Alfredo Rodríguez-Pineda, Iván Grijalva, Eugenio Barrios Ordoñez. (2013). Lecciones aprendidas en la conservación de suelos en la cuneca alta del Río Conchos. Memorias del III Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas, 39-47.
- Josep Maria Llop Torné, Rafael García Catalá, Esther Fanlo Grasa, Carlos Llop Torné, Josep Maria Puigdemasa e Ignasi Aldomá Buixadé. (2002). El Río Segre, Eje del plan de espacios libres en Lleida. Institución Fernando el católico.
- Leff, E. (2000). Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. México, D.F. Siglo XXI.
- Leff, E. (2010). Discursos sustentables. Ixtapaluca, Edo. de México. Siglo XXI.
- Lesur, L. (2011). Árboles de México. Ciudad de México: Trillas.
- Ley de Aguas Nacionales, publicada en 1992, modificada el 06-01-2020. Diario Oficial de la Federación.
- Lezama., J. L. (1993). Teoría social, espacio y ciudad. Distrito Federal, México. El Colegio de México.
- López De Juambel, R. (2016). Módulo de plantación.
- López, I. R. (2008). Diseño ecológico / Aspectos estéticos, formas y técnicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- López, I. R. (2016). Módulo de plantación. Técnica de reforestación con base ecológica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mancilla, A. M. (2000). Cien años de evolución urbana en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (1892-1992). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. Universidad Autónoma de Chiapas, H. Ayuntamiento Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Martí Capitanachi, D. R. (2011). El agua, factor de desarrollo.
- Mellanes, E., Cancino, E., Pavía, F., Pinto, G., Mejía R. López, R., Martínez, M. y Castro, J.L. (2010) Tuxtla y sus barrios. Historia, crónica y vida cotidiana. Ediciones y sistemas Especiales, S.A. de C.V.

- Mendoza, M. R. (2008). Instrumentación de prácticas de conservación de microcuencas. México. Subcoordinación de Conservación de Cuencas y Tecnología Forestal. Coordinación de Riesgo y Drenaje.
- Mijares, F. J. (1989). Fundamentos de hidrología de superficie. Distrito Federal, México.: Editorial Limusa S.A. de C.V.
- Pearce., D. W. (1985). Economía ambiental.
- Perló Cohen., M., Morales, C., Tomas, F., Vásquez S, M., Guerrero Villalobos, G., Saavedra Shimidzu, J. C., . . . Gil Elizondo, J. (1990). La modernización de las ciudades en México. Distrito Federal, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria.
- Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía técnica para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 124 p.
- Rescia, A. D. (2006). Organización y sostenibilidad en un sistema urbano socio-ecológico y complejo. Revista internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo., 103-244.
- Román, A. (2003). El daño ambiental. Quito, Ecuador. Universidad San Francisco de Quito.
- Ruiz, D., Martínez, J. P., Figueroa, A., (2015). Importancia del “efecto rebote” o paradoja de Jevons en el diseño de la política ambiental. Revista Ingenierías Universidad de Medellín.
- Schteingart, M. R. (2006). Migraciones, expansión urbana e impacto ambiental en la región metropolitana de la Ciudad de México. Ciudad de México. El Colegio de México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (7 de diciembre de 2015). Glosario de educación ambiental. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/glosario-de-educacion-ambiental>.
- SIATL. Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas. Subcuenca Río Sabinal y río San Fernando. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/# , https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#
- Vázquez-Hisado, J. C. (2015). La paradoja de Jevons en la rehabilitación energética de viviendas. Sevilla, España. Universidad de Sevilla.
- Vibrans, H., Tenorio, P., (2009), Maleza de México, *Bacopa monnieri* (L.) Pennell. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/scrophulariaceae/bacopa-monnieri/fichas/ficha.htm>

- Vibrans, H., Tenorio, P., (2009), Maleza de México, *Eclipta prostrata* (L.) L. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/eclipta-prostrata/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H., Tenorio, P., (2009), Maleza de México, *Hamelia patens* Jacq. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rubiaceae/hamelia-patens/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H., Tenorio, P., (2009), Maleza de México, *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/onagraceae/ludwigia-octovalvis/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H., Tenorio, P., (2009), Maleza de México, *Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don, <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/pluchea-carolinensis/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H., Tenorio, P., (2009), Maleza de México, *Thalia geniculata* L. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/marantaceae/thalia-geniculata/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H., Tenorio, P., (2009), Malezas de México, *Acacia farnesiana* (L.) Willd. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/acacia-farnesiana/fichas/ficha.htm>
- Vide, J. P. (2003). Ingeniería de ríos. Barcelona, España. Ediciones UPC,S.L. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Wilson, J. Q., & Kelling, G. (2001). Ventanas rotas: la policía y la seguridad en los barrios. *Delito y Sociedad. Revista de Ciencias Sociales*, 10(15-16), 67-78.

6.- Anexos.

Índice de Diagramas:

Diagrama 1 Relación sociedad - naturaleza, esquema de autoría (2020), con información de Gallopín (2014).....	26
Diagrama 2 Ecología y ambiente. Diagrama de autoría. (2020).	33
Diagrama 3 Diagrama de entendimiento de la problemática urbana, interpretación del autor con información de Castells (1974).	48
Diagrama 4 Proceso de asistencia ecológica para la Subcuenca Río Sabinal.....	128

Índice de fotografías:

Fotografía 1 Río Sena, París, elaboración propia, (2019).....	17
Fotografía 2 Río Segre, Ciudad de Lérida, Autor: Arq. Benito Mejía Palacios, (2019).	17
Fotografía 3 Corte 1 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2022).	72
Fotografía 4 Sitio del Corte 1 Cauce principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).	73
Fotografía 5 Corte 2 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2022).	74
Fotografía 6 Sitio del corte 2 Cauce principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).	75
Fotografía 7 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 477 Araucarias, El Vergel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2022).	76
Fotografía 8 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Elaboración propia.....	77
Fotografía 9 Embovedado del Arroyo San Roque, Fotografía de: cocosotuxtla.gob.mx, Artículo: Monitoreo permanente a embovedados en Tuxtla Gutiérrez (5 de febrero del 2020).....	116
Fotografía 10 Mercado de San Roque. Fotografía de: "Cuarto Poder", López (2020).	118
Fotografía 11 Losas de cimentación en puentes urbanos. Fotografía de elaboración propia (2021).	119
Fotografía 12 Partes del afluente principal de la subcuenca "Río Sabinal" que se ha hecho canal. Fotografía de elaboración propia (2021).	119
Fotografía 13 Fotografía de elaboración propia (2021).	120
Fotografía 14 Río Sabinal con salida de aguas residuales. Elaboración propia (2022).	121
Fotografía 15 Río Sabinal. Elaboración propia (2022).....	135
Fotografía 46 Río Segre en Lérida, España. Fotografía de elaboración propia. 2019.	139
Fotografía 16 Ejemplo de presa filtrante hecha con gaviones. (Roberto López Martínez y José Luis Oropeza Mota., 2009, pág. 2)	142
Fotografía 17 Construcción de represa de gavión en la microcuenca Ihuatzio-Tzintzuntzan. (Mendoza, 2008, pág. 21).	145
Fotografía 18 Represa terminada. (Mendoza, 2008, pág. 21)	145

Fotografía 19 <i>Taxodium mucronatum</i> . Elaboración propia, 2020.	161
Fotografía 20 <i>Ceiba pentandra</i> . Elaboración propia, (2020) e imagen pequeña de Lesur, (2011). 161	
Fotografía 21 Árboles medianos, Inga Vera, <i>Pachira aquatica</i> , <i>Atianthus viminalis</i> . (Lesur, 2011)161	
Fotografía 22 http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/acacia-farnesiana/fichas/ficha.htm#9.%20Referencias . Autor: Pedro Tenorio Lezama. (2009), Malezas de México, <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. Fecha de acceso: 21/01/2022	162
Fotografía 23 http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/2617%20Philadelphus%20mexicanus.jpg.info . Autor: Jerzy Rzedowski Rotter. <i>Philadelphus mexicanus</i> . Fecha de acceso: 21/01/2022.....	162
Fotografía 24 http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/pluchea-carolinensis/fichas/pagina1.htm . Autor: Pedro Tenorio Lezama. <i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) G. Don. Fecha de acceso: 21/01/2021.....	163
Fotografía 25 http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rubiaceae/hamelia-patens/imagenes/habito.jpg Autor: Pedro Tenorio Lezama. <i>Hamelia patens</i> Jacq. Fecha de acceso: 21/01/2022.	163
Fotografía 26 http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/2085%20Solandra%20sp..jpg.info . Autor: Jerzy Rzedowski Rotter. <i>Solandra</i> sp. Fecha de acceso: 21/01/2022.	163
Fotografía 27 http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/3443%20Alocasia%20macrorrhizos.jpg.info . Autor: Jerzy Rzedowski Rotter. <i>Alocasia macrorrhizos</i> . Fechas: 21/01/2022	164
Fotografía 28 http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/MSO177%20Pontederia%20crassipes_1.jpg.info . Autor: Michael Schmidt. <i>Pontederia crassipes</i> . Fecha: 25/01/2022.....	164
Fotografía 29 http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5023-Plantas/Plantas/ME010%20KV%2000014%20_Ludwigia%20octovalvis%20(Jacq.)%20P.H.%20Raven%20C%201962_.JPG.info . Autor: Kenia Velasco. Asteraceae <i>Ludwigia octovalvis</i> . Fecha: 25/01/2022.	165
Fotografía 30 http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/scrophulariaceae/bacopa-monneri/fichas/pagina1.htm . Autor: Pedro Tenorio Lezama. <i>Bacopa monneri</i> (L.) Pennell. Fecha: 25/01/2022.	165
Fotografía 31 http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/marantaceae/thalia-geniculata/fichas/pagina1.htm . Autor: Heike Vibrans. <i>Thalia geniculata</i> L. Fecha: 25/01/2022. ...	166
Fotografía 32 http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/eclipta-prostrata/imagenes/rama.jpg . Autor: Pedro Tenorio Lezama. <i>Eclipta prostrata</i> (L.) L. Fecha: 25/01/2022.	166
Fotografía 33 Ejemplo de ecosistema ripario, ubicado en la desembocadura del Río Sabinal con el Río Grijalva. Fotografía de elaboración propia. (2020).	168
Fotografía 34 Cauce principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).....	171
Fotografía 35 Cauce principal de la Subcuenca "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).....	172
Fotografía 36 Corte 3 del cauce principal "Río Sabinal". Elaboración propia (2021).	173
Fotografía 37 Cauce del río Sabinal. Elaboración propia. 2022	176

Fotografía 38 Cauce del río Sabinal observando los elementos arquitectónicos ciegos al ambiente natural. Elaboración propia. 2022.....	177
Fotografía 39 Río Sabinal. 24 de abril del 2022, fotografía de elaboración propia. Coordenadas: 16°45'34.14996" N -93°5'32.91487" W.....	178
Fotografía 40 Bloqueo físico y visual del río, desde un parque público. Elaboración propia. 2022	179
Fotografía 41 Bloqueo físico y visual del río, desde un parque público. Elaboración propia. 2022.	179
Fotografía 42 Bardas al final de cada calle para cerrar el acceso al río. Elaboración propia. 2022	180
Fotografía 43 Bardas al final de cada calle para cerrar el acceso al río. Elaboración propia. 2022	180
Fotografía 44 Vivienda junto al Río Sabinal. Elaboración propia. 2022.	181
Fotografía 45 Fotografía ejemplo de una vivienda junto al Río Sabinal.	184

Índice de Gráficas:

Gráfica 1 Climograma. Estación 07-095.	59
Gráfica 2 Climograma. Estación 7165.	61
Gráfica 3 Climograma. Estación 7202.	63
Gráfica 4 Climograma. Estación 7176.	65
Gráfica 5 Climograma. Estación 7238.	67

Índice de Ilustraciones:

Ilustración 1 Mapa de la región geográfica denominada "Creciente Fértil", obtenido de: https://www.greelane.com/es/humanidades/historia-y-cultura/fertile-crescent-117266/ 16/Octubre/2020	16
Ilustración 2 Tipos de cuencas según la clasificación de Way (1978). Aguiló M. et al. (2014)	19
Ilustración 3 Elaboración propia (2021), con información de Global Mapper 18, BiblioCad (plano de catastro T.G.).....	71
Ilustración 4 Corte 1 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).	72
Ilustración 5 Corte 2 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).	74
Ilustración 6 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 477 Araucarias, El Vergel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).	76
Ilustración 7 Plano Urbano (P.U.) Elaboración propia (2021), con información de Global Mapper 18, BiblioCad (plano de catastro T.G.).....	79
Ilustración 8 Plano altimetría (P.A.), de elaboración propia, con información de Global Mapper 18, (2021).	81
Ilustración 9 Plano Geológico, de elaboración propia, con información de la carta geológica de Tuxtla Gutiérrez, INEGI de la escala 1:250,000, del año 1985, serie E15-11 y curvas de nivel a cada 20 metros del programa Global Mapper 18.	84

Ilustración 10 Plano edafológico. Elaboración propia (2021) con información de Global Mapper 18 para las curvas de nivel y de la carta edafológica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de la escala 1:250,000, del año 2007. Serie II Tuxtla Gutiérrez.....	87
Ilustración 11 Plano de vegetación. Con información de la carta de vegetación. (INEGI) de la escala 1:250,000, del año 2013. Serie V, Tuxtla Gutiérrez E15-11 y curvas de nivel a cada 20 metros del programa Global Mapper 18.....	89
Ilustración 12 Plano de escurrimientos general, con información de curvas de nivel a cada 20 metros, del programa Global Mapper 18.	91
Ilustración 13 Plano de escurrimientos específicos, con información de curvas de nivel a cada 2 metros, del programa Global Mapper 18.	93
Ilustración 14 Cuenca completa del Río Sabinal. SIATL (2022).	94
Ilustración 15 Subcuenca de San Fernando que desemboca en la cuenca del Río Sabinal. SIATL (2022).	98
Ilustración 16 Plano de riesgos de inundación, interpretación de autoría, con información del Atlas de Riesgos de Tuxtla Gutiérrez (Protección civil de Tuxtla Gutiérrez, Liga: https://proteccioncivil.tuxtla.gob.mx/Atlas-de-riesgos-tuxtla-gutierrez , 2015), usando de b.....	103
Ilustración 17 Plano de Marginación, interpretación de autoría, con información del plano de Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez. Grado de marginación urbana por AGEB (2010). CONAPO, SEGOB, Gobierno Federal, Consejo Nacional de Población. Usando de base el plano urbano de la ciudad desarrollado en Global Mapper 18, (2021).	105
Ilustración 18 Plano de la ciudad en 1892. (Mérida A., 2000).	109
Ilustración 19 Plano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en 1892, adaptado de la versión del Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez 1982 (Mercedes Concepción Gordillo Ruiz, Jaime Cruz Bermúdez, Gloria Espíritu Tlatempla, Silvia Ramos Hernández, 2018, pág. 41)	112
Ilustración 20 Expansión urbana en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Mapa de autoría, hecho con información actualizada de Mérida (2000).	114
Ilustración 21 Mapa general. De autoría. (2020). Con el programa Google Earth. Pro.	132
Ilustración 22 Mapa de ubicación de técnicas para las estrategias de recuperación ecológica, Subcuenca Río Sabinal. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	137
Ilustración 32 Boceto conceptual de un posible aprovechamiento humano del Río Sabinal. Elaboración propia (2019).....	139
Ilustración 23 Efectos de las presas filtrantes de gaviones. (Roberto López Martínez y José Luis Oropeza Mota., 2009, pág. 6)	142
Ilustración 24 Presa modelo con alta resistencia al empuje hídrico. (J. Alfredo Rodríguez-Pineda, Iván Grijalva, Eugenio Barrios Ordoñez., 2013, pág. 47).....	144
Ilustración 25 Propuesta de la estrategia "módulos de plantación". Elaboración propia (2021). .	167
Ilustración 26 Corte 1 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).	171
Ilustración 27 Corte 2 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 3a. Norte Oriente, Madero, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).	172
Ilustración 28 Corte 3 del cauce principal, "Río Sabinal". Ubicación: 477 Araucarias, El Vergel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia (2021).	173
Ilustración 29 Plano de ubicación de la propuesta conceptual. Elaboración propia. (2022).....	175

Ilustración 30 Boceto de propuesta de intervención para recuperación del espacio natural, Río Sabinal. Elaboración propia (2022).	183
Ilustración 31 Boceto de una vivienda junto al Río Sabinal. Elaboración propia (2022).	184

Índice de Tablas:

Tabla 1 Temperatura media. Estación 07-095.	58
Tabla 2 Precipitación total. Estación 07-095.....	58
Tabla 3 Temperatura media. Estación 7165	60
Tabla 4 Precipitación total. Estación 7165.	60
Tabla 5 Temperatura media. Estación 7202.	62
Tabla 6 Precipitación total anual. Estación. 7202.	62
Tabla 7 Temperatura media. Estación 7176.	64
Tabla 8 Precipitación media. Estación 7176.....	64
Tabla 9 Temperatura media. Estación 7238.	66
Tabla 10 Precipitación media. Estación 7238.....	66
Tabla 11 Comparación de temperatura y precipitación de las 5 estación que hay en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.....	69
Tabla 12 Precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno para 24 horas. Distribución doble Gumbel.....	95
Tabla 13 Cálculo de gastos para Río Sabinal $Tr=5$ años.	96
Tabla 14 Cálculo de gastos para Río Sabinal $Tr=100$ años.	96
Tabla 15 Precipitaciones asociadas a diferentes periodos de retorno para 24 horas. Distribución doble Gumbel.....	99
Tabla 16 Cálculo de gastos para Río San Fernando. $Tr= 100$ años.	100
Tabla 17 Cálculo de gastos para Río San Fernando $Tr=5$ años.....	100
Tabla 18 Estrategias arquitectónicas, técnicas propuestas y funcionamiento. Autoría. 2021.	136
Tabla 19 Paleta vegetal conceptual, árboles. Elaboración propia. 2021	149
Tabla 20 Paleta vegetal conceptual, arbustos. Elaboración propia. 2021	150
Tabla 21 Paleta vegetal conceptual, herbáceas. Elaboración propia. 2021.....	151
Tabla 22 Paleta vegetal cualitativa, árboles. Elaboración propia. 2021	153
Tabla 23 Paleta vegetal cualitativa, arbustos. Elaboración propia, 2021.	154
Tabla 24 Paleta vegetal cualitativa, hierbas. Elaboración propia, 2021.	155
Tabla 25 Datos estructurales para el estudio de módulos de plantación. Elaboración propia, 2021.	156
Tabla 26 Paleta vegetal cuantitativa, árboles. Elaboración propia. 2021.....	157
Tabla 27 Paleta vegetal cuantitativa, arbustos. Elaboración propia. 2021.....	158
Tabla 28 Paleta vegetal cuantitativa, Herbáceas. Elaboración propia. 2021.....	159
Tabla 29 Paleta vegetal ilustrada, árboles. Elaboración propia, 2021.....	160
Tabla 30 Paleta vegetal ilustrada, arbustos. Elaboración propia, 2021.....	162
Tabla 31 Paleta vegetal ilustrada, herbáceas. Elaboración propia, 2021.	164

6.1.- Glosario de términos.

- A. Calidad: del agua Radica principalmente en los materiales y sustancias que lleva disueltos o en suspensión y los organismos que ahí se encuentran. Cuando el agua tiene materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o domésticos que alteran sus características naturales se dice que está contaminada. Debido a que los ríos y lagos frecuentemente se encuentran en las partes bajas de las cuencas, es fácil imaginarse que la calidad del agua que tienen depende, en gran parte, de los usos que se les da a los terrenos que se encuentran alrededor y de los desechos que directamente descargan las fábricas y los sistemas de drenaje de las ciudades y pueblos cercanos. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015)
- B. Cuencas hidrográficas: Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes). (Cotler, H, Et al, 2013, pág. 7).

- C. Cuencas hidrológicas: “Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas.” (Ley de Aguas Nacionales, 2004, pág. 3).
- D. Ecosistema: Sistema natural dinámico integrado por una comunidad constituida por seres vivos cuyos procesos vitales se interrelacionan y se desarrollan sobre la base de los factores físicos de un ambiente común. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015)
- E. Ordenamiento ecológico: El Ordenamiento ecológico se define como "El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos" (Ley

General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Título Primero, Art.3 fracción XXIV).

- F. Externalidades: “Las externalidades aparecen cuando el comportamiento de un agente cualquiera (consumidor o empresa), afecta al bienestar de otro (su función, o su función de producción de utilidad), sin que este último haya elegido esa modificación, y sin que exista un precio, una contraparte monetaria, que lo compense.” (Oyarzun, 2002).
- G. Contaminación: Deterioro o desequilibrio de los componentes habituales de las esferas física de la Tierra. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015)
- H. Interdisciplinariedad: La interdisciplinariedad es un concepto que refiere la interacción entre dos o más disciplinas, producto de lo cual se enriquecen mutuamente sus marcos conceptuales, sus procedimientos, sus metodologías de enseñanza y de investigación (Fragoso, Garcés, Molina, Caminero, Roque & Espinosa, 2017).
- I. Degradación ecológica: transformación de un ecosistema por la cual éste se aleja de su clímax, perdiendo biodiversidad, biomasa, humedad, riqueza y estabilidad. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015)
- J. Servicios ambientales: son todos aquellos beneficios que obtenemos de la naturaleza, tanto materiales –como los alimentos, fibras y la madera-, como aquellos menos perceptibles: la purificación del agua y del aire, la captura de carbono y la belleza escénica de los bosques. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015).