

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

---



**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**Caracterización ambiental del río Tejalpa a través de variables ambientales e indicadores biológicos**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**MARTINEZ MALDONADO KATIA ESTEFANIA**

**ASESOR DE TESIS:**

**DR. ERNESTO MANGAS RAMÍREZ**



**2015**



Agradezco a todos los que estuvieron a mi lado en esta gran etapa de mi vida, a los que creyeron en mí y me apoyaron para luchar y alcanzar mis metas y sueños. A mi familia por no perder la fe en mí persona y darme siempre esa mano de amistad sincera.  
Gracias, por creer en mí, por darme su amistad y su fe.

*“Con el corazón en la mano”  
Esteffa*



*“La vida no es fácil, para ninguno de nosotros. Pero... ¡Qué importa! Hay que perseverar y, sobre todo, tener confianza en uno mismo. Hay que sentirse dotado para realizar alguna cosa y que esa cosa hay que alcanzarla, cueste lo que cueste”.*  
Marie Curie

*“Estas aquí no para soñar, si no para descubrir y convertirte en ese sueño que ya eres!transformémonos en el milagro que da luz a ese sueño!”*

*Ernesto Mangas*

*“Somos guerreros de la vida y cada acción nos lleva a nuestro destino”.*  
K.E.M.M.



## ÍNDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I. Introducción</b>	
1.1 Caracterización Ambiental .....	6
1.2 Distribución del Agua en México .....	7
1.3 Importancia de los Ríos.....	8
1.4 Calidad del Agua .....	9
1.5 Indicadores Bilógicos.....	10
1.6 Modelos de Drenaje.....	11
<b>Capitulo II. Antecedentes</b>	
2.1 Caracterización Ambiental.....	13
2.2 Caracterización Hidrológica.....	14
2.3 Calidad de Agua .....	15
2.4 Indicadores Biológicos.....	16
<b>Capitulo III. Objetivos</b>	
3.1 Objetivo General.....	18
3.2 Objetivo Particular.....	18
<b>Capitulo IV. Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>Capitulo V. Material y Métodos</b>	
5.1 Descripción del Área de Estudio.....	20
5.1.1 Ubicación.....	20
5.1.2 Orografía.....	21
5.1.3 Hidrografía.....	21
5.1.4 Clima.....	21
5.1.5 Ictiofauna.....	22



5.1.6 Flora y Vegetación.....	22
5.1.7 Uso de Suelo y Vegetación.....	23
5.2 Trabajo en Campo.....	24
5.2.1 Hidrometría: Determinación del Caudal.....	25
5.2.2 Parámetros Físico-Químicos. Variables Físicas y Químicas del Agua.....	26
5.2.3 Balance de Sedimentos.....	27
5.3 Trabajo en Laboratorio.....	28
5.3.1 Análisis Químicos.....	28
5.3.2 Análisis de Indicadores Biológicos.....	28
5.3.3 Análisis Estadístico.....	29
Capítulo VI. Resultados	
6.1 Características Ambientales.....	30
6.1.1 Hidrología.....	30
6.2 Características de la Red de Drenaje.....	31
6.2.1 Tipos de Corriente.....	31
6.2.2 Ordenes de Corriente.....	31
6.3 Perfil Morfométrico. Tres Zonas de Muestreo.....	32
6.4 Balance de Sedimentos y Sólidos en suspensión.....	34
6.5 Datos Físicos-Químicos del Agua.....	36
6.5.1 Variables Físicas en Campo.....	36
6.5.2 Variables Químicas en Laboratorio.....	42
6.6 Análisis Biológico.....	45
6.7 Análisis Estadístico.....	46
Capítulo VII. Discusión.....	47
7.1 Características Ambientales.....	47
7.1.1 Hidrología.....	47
7.1.2 Perfil Morfométrico.....	47



---

<b>7.2 Parámetros Físico-Químicos y Biológicos.....</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo VIII. Conclusiones.....</b>	<b>52</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>53</b>



## RESUMEN.

El estudio de la caracterización ambiental en México ha sido escaso y en su mayoría incompleto dado que en algunos casos se presenta en zonas que ya ha sido sujetas a cambio de vegetación y uso de suelo, en otros casos ha hecho falta el estudio de la flora y fauna acompañante; aunado a esto, los estudios en relación al agua han quedado relegados exclusivamente a delimitaciones de cuencas sin incluir caudales de agua de los causes principales ni la calidad de las mismas. Anualmente México recibe 1,489 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. Se estima que el 73.1% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 21.1% escurre por los ríos y arroyos, y el 4.8% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, así como la recarga incidental, el país cuenta con 462 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, por año, a lo que se denomina disponibilidad natural media. Se sabe que el 70% de los sistemas acuáticos en nuestro país tienen algún grado de perturbación debido a la contaminación por las actividades humanas. De manera tradicional se evalúa la calidad del agua mediante los parámetros químicos sin considerar a las comunidades biológicas que habitan en ellos. El uso de bioindicadores puede representar una opción diferente e innovadora para poder determinar la calidad del agua, además permitirá fortalecer los resultados de las pruebas químicas en la evaluación de la calidad del agua.

En el presente trabajo se realizó un estudio de Caracterización hidrológica en el río de Santa Cruz Tejalpa que está situado en el Municipio de Tehuiztingo en el estado de Puebla, con el objetivo de determinar las características físicas y químicas del agua del río Atoyac en la comunidad de Tejalpa municipio de Tehuiztingo, determinar el volumen de agua promedio que transporta el río, establecer si hay cambios en la calidad del agua de acuerdo a la zona de muestreo y el posible efecto de la localidad sobre la calidad del agua del cauce.

Se realizó la toma de datos de 3 puntos en los que se evaluó profundidad utilizando una sondaleza marca fishfinder, para determinar la velocidad de corriente se utilizó un flujómetro digital, para la medición se realizó en cuatro puntos diferentes y posteriormente se obtuvo el valor promedio para realizar los cálculos de aforo del río.

Para la calidad hidrológica se determinaron diversas variables químicas y físicas del agua como fueron amonio ionizado con el método de azul indofenol; la concentración de fósforo total fue analizada mediante el método Phos ver. 3, digestión con ácido persulfato de bajo rango estos dos parámetros se evaluaron utilizando un espectrofotómetro Spectroquac NOVA 60; potencial de hidrógeno (pH), total de sólidos disueltos, salinidad y conductividad utilizando un equipo digital de análisis de agua marca HACH; el oxígeno disuelto se evaluó con un



oxímetro digital marca YSI modelo 51B. Para los conteos microbianos se utilizaron muestreadores de inmersión Millipore para conteo total, con medio TGY para recuperación de bacterias en condiciones normales en agua. Se colocaron en una incubadora Millipore a 35 grados durante 24-48 horas. DBO5 mediante un digestor marca HACH.

El Rio Atoyac en la zona de Santa cruz Tejalpa es un sistema que presenta variaciones en la época de lluvias y secas debido a los cambios en el volumen del caudal. Dichos cambios no muestran indicios importantes de contaminación comparados con otros ríos mexicanos. Tampoco muestra la contaminación de la cuenca alta del Atoyac, característica antes de la presa de Valsequillo debido al origen de la renovación del agua después de Valsequillo. Las coliformes que se encontraron en mayor abundancia fue en temporada de lluvias debido al arrastre de heces fecales de los campos de cultivo y al desbordamiento de algunas fosas sépticas de la región, sin embargo se mantuvieron en un rango medio para esta época del año.

Se concluye que el agua del rio de la comunidad de Tejalpa presenta una buena calidad en cuanto sus variables físicas y químicas.





## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN.

#### 1.1. Caracterización Ambiental.

La Carta Europea de Caracterización Ambiental define Caracterización Ambiental como la "expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de toda la sociedad". (Proyecto de Ley para la Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía, 2012). Desde esta perspectiva, una estrategia de ordenamiento del territorio implica prever con antelación los impactos en el ambiente que ocasionan las actividades humanas, algunas de las cuales pueden provocar serios deterioros y ser de carácter irreversible –de manera que se puedan tomar medidas de mitigación o evitarlos antes de que ocurran. (EURE Santiago v.24 n.73 Santiago dic. 1998). En esta dirección, parece de particular importancia anticipar los efectos negativos sobre el territorio derivados de los procesos de localización de las inversiones de las actividades productivas, del equipamiento y la infraestructura, del uso de los recursos naturales y de las políticas de poblamiento, lo que nos lleva a la necesidad de conocer con claridad el estado del sistema natural (estructura y función) y su comportamiento frente al cambio. (Lavanderos *et al.* 1994). En relación a las políticas de poblamiento y considerando que la población es el recurso básico a cuyo mejoramiento se deben orientar los mayores esfuerzos de las políticas públicas y las inversiones del sector privado, se debe inducir un patrón de desarrollo demográfico en armonía con la explotación y el uso de los recursos naturales, los factores de producción y las oportunidades de generar una oferta suficiente de trabajo a corto, mediano y largo plazo. EURE (Santiago) v.24 n.73 Santiago dic. 1998.

En la experiencia de México, la situación es muy distinta a la generalidad latinoamericana. Si bien paulatinamente se han venido incluyendo políticas ambientales en los procesos de desarrollo durante las últimas dos décadas, presentando avances importantes en la materia, también se han señalado varias limitaciones y debilidades en su instrumentación y gestión. Por ejemplo, en relación a los programas de ordenamiento ecológico han sido expuestas las siguientes (León *et al.*, 2004: 347; Bravo *et al.*, 2007: 149): a) la falta o debilidad de la definición formal territorial; b) la dificultad del aparato institucional y legal para instrumentar y gestionar, transversal y verticalmente en los tres niveles de gobierno, los lineamientos y estrategias ambientales y emanados durante el proceso de Ordenamiento Ecológico del Territorio; y c) una confusión de



jerarquías para incorporar dichos lineamientos y estrategias dentro de los diferentes instrumentos de planeación sectorial con las que cuentan las dependencias de la administración pública general. De hecho, informes recientes de SEMARNAT reconocen varias limitaciones en la formulación de los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET) (SEMARNAT, 2006: 79–80): a) técnicas (i.e. tipo y calidad de información); b) sociales (i.e. calidad de representación y legitimidad social); y c) políticas (i.e. sesgo en las definiciones durante la formulación de un POET).

La caracterización ambiental es una práctica cada vez más común en México y en muchos otros países del mundo, ya como un ejercicio técnico-científico, ya como una acción política; en ambos casos, para buscar promover el desarrollo “equilibrado y sostenible” de los pueblos. Pero también se ha aplicado como una acción correctiva o preventiva a los conflictos surgidos por la creciente presión sobre los recursos naturales y los espacios geográficos en determinadas regiones del planeta. La ordenación del territorio ha sido implementada como programa gubernamental tanto nacional, como estatal y municipal (en el caso de México), con diferentes objetos; pero también, ha motivado el interés de los científicos por esclarecer los abordajes teórico-metodológicos, generar nuevas formas de acercarse al objeto de estudio y evaluar los resultados.

## 1.2. Distribución del agua en México.

La distribución del agua en nuestro planeta es muy desigual: cubre tres cuartas partes de la superficie, pero con agua salada. El agua dulce, en su mayor parte, está atrapada en los hielos de los casquetes polares, de donde es muy difícil tomarla. Vivimos ciertamente en un planeta acuoso, pero tenemos acceso a menos del 0.03% del vital líquido. Esta sustancia tan sencilla y común tiene propiedades extraordinarias, gracias a las cuales juega un papel muy importante en la sustentación de la vida y del equilibrio ambiental de nuestro planeta. La distribución geográfica del agua en los ríos es similar a la de las lluvias: las mayores corrientes del país se concentran en la región del sureste, donde existen zonas en que la abundancia de agua es a causa de inundaciones, mientras que en el norte la escasez del recurso provoca que la región sea árida. En México el 60% del caudal aportado anualmente por los ríos del país proviene de siete ríos: Usamacinta, Grijalva, Papaloapan, Coatzacoalcos, Pánuco, Balsas y Santiago. (Cházaro *et al.*, 1999).

Actualmente en México se utilizan 72 de millones de metros cúbicos de agua, de los cuales el 45% proviene de aguas superficiales y 27% de agua subterráneas. El 70% del volumen de agua que se suministra a las ciudades proviene del subsuelo con lo que se abastecen aproximadamente 75 millones de personas. En nuestro país se han identificado cerca de 600 yacimientos acuíferos de los cuales alrededor



de 100 se encuentran sobreexplotados porque el 50% del agua que se utiliza proviene de ellos. (www.Concienciaambiental, 2009).

Anualmente México recibe 1,489 000 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. Se estima que el 73.1% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 21.1% escurre por los ríos y arroyos, y el 4.8% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, así como la recarga incidental, el país cuenta con 462 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, por año, a lo que se denomina disponibilidad natural media (CONAGUA, 2005).

La disponibilidad media *per cápita* de agua a nivel nacional disminuye con el aumento de la población, ya que la disponibilidad natural media total se divide entre un mayor número de habitantes (CONAGUA, 2005).

### 1.3. Importancia de los ríos.

En una región hidrológica existen dos zonas de importancia ecológica y social críticas y estrechamente interconectadas: la terrestre y la marina. La primera de ellas está integrada por la cuenca alta, las planicies costeras y la zona intermareal. La segunda, por el litoral costero y la zona marina (Ray, 1991). En la zona terrestre, dominada en regiones complejas por una cuenca hidrológica, se reconocen tres unidades funcionales básicas: la cuenca alta o zona de producción, que es una auténtica “caja negra” que controla los insumos primarios del ecosistema fluvial y donde el agua, los sedimentos, la materia orgánica particulada, los materiales y minerales disueltos fluyen de las montañas hacia los canales, al valle aluvial y a la desembocadura; la zona de transferencia o transporte, integrada por la red de ríos que la constituyen, a través de la cual se transportan los materiales, minerales y nutrientes; y, finalmente, la zona de almacenamiento, en la que juega un papel de importancia vital, por su alta productividad biológica, la zona costera, donde los materiales se depositan, se retienen y se hacen disponibles en forma de nutrientes y alimentos para los numerosos seres vivos que la habitan, incluidas las sociedades humanas (Schumm, 1977; Petts y Amoros, 1996).

Los ríos, sistemas lóticos, o sistemas fluviales, se definen como corrientes de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar (Gómez, 2003). *Vannote et al. (1980)* toma la clasificación del río como un modelo predictivo que integra las características geomorfológicas del río con la composición y fluctuación de las comunidades biológicas. El río es un sistema físico abierto. Desde el origen de un río hasta su desembocadura, es un continuo cambio en factores físicos como son, profundidad, velocidad de la corriente, descarga, temperatura, y ganancia de entropía. Esta hipótesis propone que la



distribución de las comunidades biológicas es adaptada a esos gradientes, formando un continuo.

#### **1.4. Calidad del agua.**

Existen algunas definiciones que se han propuesto para manejar el concepto de calidad de agua. “Puede definirse como la aptitud para los usos y beneficios a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es, para bebida del hombre y de los animales, para soporte de una vida marina sana, para riego de la tierra y la recreación” (Segnini, 2000).

Refiriéndose a las aguas continentales el término “calidad”, no es un concepto absoluto ni fácil de definir. Por ejemplo las aguas fecales de ninguna manera son candidatas para el consumo humano o el animal; sin embargo, son excelentes para el riego de plantas ornamentales o de plantaciones forestales. De igual manera las aguas de montaña por su bajo contenido de sales y su bajo pH, podrían resultar poco apropiadas para el consumo (Alba-Tercedor, 1996).

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal.



## 1.5. Indicadores Biológicos.

Los indicadores biológicos son atributos de los sistemas biológicos que se emplean para descifrar factores de su ambiente. Inicialmente, se utilizaron especies o asociaciones de éstas como indicadores y, posteriormente, comenzaron a emplearse también atributos correspondientes a otros niveles de organización del *ecosistema*, como poblaciones, comunidades, etc., lo que resultó particularmente útil en estudios de *contaminación* ([www.cricyt.edu.ar/enciclopedia](http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia)).

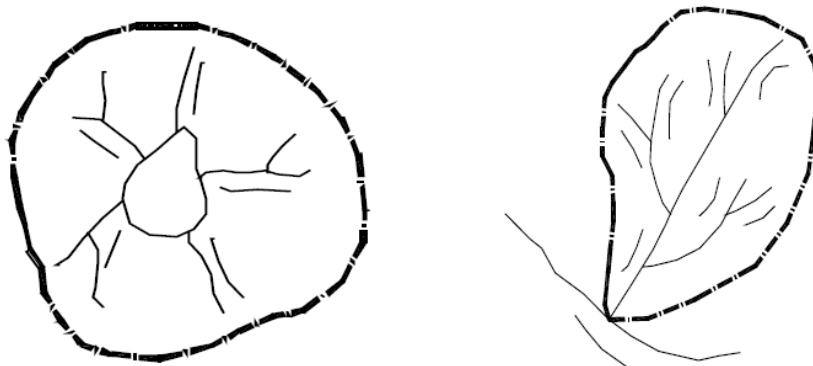
Las especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). En general, cuando más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad ([www.cricyt.edu.ar/enciclopedia](http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia)).

La degradación de recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del hombre en las últimas décadas. Los primeros esfuerzos por determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales en las corrientes de agua fueron realizados por Kolkwitz y Marsson (1908, 1909), creando de esta manera las bases del sistema saprobio, ampliamente utilizado actualmente en Alemania y algunos países Europeos, no fue hasta mediados de los años 50's cuando comenzaron a utilizarse diferentes metodologías de evaluación de calidad del agua mediante el uso de los indicadores biológicos. Patrick (1949, 1950) propone métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes.

## 1.6. Modelos de Drenaje

La red de drenaje de una cuenca es el sistema interconectado de cauces, a través del cual, el agua captada en las partes altas se recolecta y es conducida a las partes bajas. En algunos tramos de los cauces, los bordos o riberas estarán asociados a grandes extensiones planas adyacentes que serán inundadas en la época de avenidas que se le conoce con el nombre de planicies de inundación. Si la planicie de inundación se ha creado a través de la erosión lateral y retroceso gradual de las paredes del valle, formando una delgada capa de sedimentos, entonces recibe el nombre de erosional. Si el espesor de la capa de sedimentos ha alcanzado valores de una centena de metros (o más) en el transcurso del tiempo, entonces se dice que la planicie es de agradación. Es conveniente indicar que el sistema o red de cauces que drena una cuenca se clasifican en: dendrítico, rectangular, radial, enrejado y multicuenca (Breña *et al*, 2006).

Generalmente en una superficie hidrológica se observan dos tipos de cuencas y varios modelos de drenaje, los tipos son el endorreico y el exorreico. En el primer tipo la salida se localiza dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en el segundo, la salida se localiza en los límites de la cuenca y su destino es otra corriente o cuerpos de agua más grandes como el mar. De manera general los dos tipos de cuencas se pueden identificar fácilmente si los términos los asociamos a la siguiente figura. (Mangas-Ramírez, 2014).

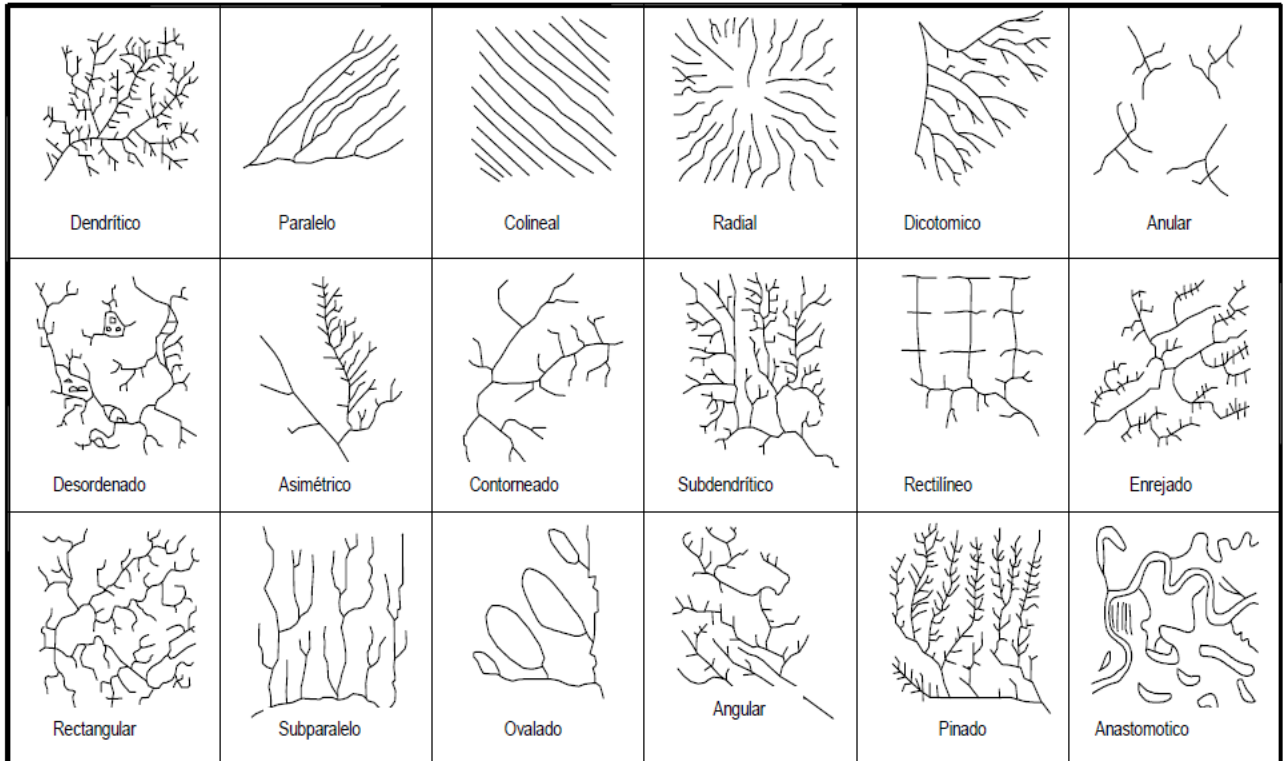


a) ENDORREICA

b) EXORREICA

**Figura 1. Tipos de endorreísmo de cuencas hidrográficas.**

De acuerdo con la literatura (Pérez y Pineda, 2005), en México se han identificado 18 tipos de modelos de drenaje. El modelo de drenaje de una cuenca está determinado de por la geología que se encuentra presente que en combinación con los efectos del clima se propicia un proceso de erosión específico del suelo que da como resultado la formación de una red de cauces específico y particular.



**Figura 2. Modelos de drenaje identificados en México (Pérez y Pineda, 2005).**





## CAPÍTULO II

### ANTECEDENTES

#### 2.1 Caracterización Ambiental.

El estudio de la caracterización ambiental en México ha sido escaso y en su mayoría incompleto dado que en algunos casos se presenta en zonas que ya ha sido sujetas a cambio de vegetación y uso de suelo, en otros casos ha hecho falta el estudio de la flora y fauna acompañante; Aunado a esto, los estudios en relación al agua han quedado relegados exclusivamente a delimitaciones de cuencas sin incluir caudales de agua de los causes principales ni la calidad de las mismas, por lo que no se puede estimar la aptitud ecológica de estos sistemas

Algunos estudios de caracterización ambiental en México son los de Valdez *et al.* (2003) que utilizaron técnicas de foto interpretación y verificación de campo y la disposición de carta topográficas de uso de suelo y vegetación, en las que detectaron nuevas regiones del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en lugares cercanos a la localidad de El Platanito, de los municipios Ciudad del Maíz y Naranjos en San Luis Potosí donde se efectuaron muestreos de campo y se elaboraron listados florísticos, considerando presencia- ausencia además de valores de cobertura vegetal en porcentaje siendo este el primer estudio realizado en la región.

Por otro lado Alanís *et al.* (2010), realiza un proyecto en el bosque tropical caducifolio en San Luis Potosí, México donde estudiaron dos áreas del Municipio de Taumín y estimaron a la vegetación utilizando las variables ecológicas que se utilizan en la caracterización ambiental (indicadores ecológicos relativos de abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia basándose en la Metodología de Mueller y Ellenberg).

Para conocer la distribución, la riqueza y la diversidad de especies Villarreal *et al.* (2007) Utilizó datos dasométricos de la sierra de Zapalinamé, del sureste de Coahuila, en la transición entre el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Oriental, en sus cañones, donde el clima es templado subhúmedo y templado semiseco donde se desarrollan bosques de encino, en el cual establecieron 66 sitios circulares de 500 m<sup>2</sup>, los datos dasométricos utilizados en este estudio fueron la densidad, el diámetro y la cobertura de las plantas leñosas, y de la frecuencia de las hierbas. Utilizaron la densidad de plantas leñosas y la frecuencia de todos los gremios de plantas para calcular el índice de diversidad más alto, así





como la mayor riqueza de hierbas y arbustos, debido a las condiciones ambientales particulares, a la mayor incidencia de disturbios de especies provenientes del matorral submontano.

## 2.2. Caracterización hidrológica

Manga-Ramirez *et al.* en el 2015 realizó un estudio de procesos ecológicos y productivos de las riveras del río Usila, Oaxaca México y determinaron la longitud del cauce principal en 45.798 kilómetros, conformando una cuenca exorreica con un modelo de drenaje dendrítico, determinando el balance de sedimentos y los perfiles de vegetación alrededor del cauce principal y 3 ríos perenes secundarios.

En el 2011 Cueva Contreras y Zamorano Honduras, realizaron una caracterización Biofísica, Hidrológica, en la cuenca El Coyolar Honduras. Para el análisis digital de los diferentes aspectos biofísicos utilizaron equipo informático, el programa de análisis espacial ArcGis 9.3 y para la verificación de campo se utilizó un receptor de GPS. Utilizaron cartografía de la hidrografía, geología y suelos (todos a escala 1:50,000 y proporcionados originalmente por el Instituto Geográfico Nacional (IGN)).

La metodología aplicada para la caracterización biofísica de la subcuenca El Coyolar fue basada en los parámetros establecidos por la Guía Metodológica para la Elaboración de Planes de Manejo de Cuencas/Microcuencas (ICF 2010) y el Manual de Manejo de Cuencas de Visión Mundial (2004), donde realizaron un diagnóstico biofísico-biológico (Ecosistema, especie flora y fauna, precipitación, altitud evapotranspiración, geomorfología, suelo, hidrografía, temperatura, pendiente). El análisis de factores biofísicos tales como la delimitación de la cuenca, red hidrográfica, pendientes, ecosistemas, usos y coberturas de la tierra requirieron de un análisis espacial, en el cual utilizaron varias herramientas integradas en el software ArcGis 9.3.

La red hidrográfica la determinaron por medio de una modelación hidrológica aplicada al MDE. Con la herramienta espacial de modelación hídrica, obtuvieron la acumulación y dirección de flujo, luego la delimitación automática y finalmente la distribución de los principales tributarios de la subcuenca. La mayor parte de los tributarios fueron verificados en campo por medio de receptores GPS.

Mario A. Guevara en el 2008, realizó una caracterización ambiental de la subcuenca Umécuaro Loma Caliente, donde hizo un estudio de hidrología con Representación espacial (MDE, mapa base), realizó un análisis morfométrico automatizado mediante SIG, una interpretación geomorfológica mediante análisis estereoscópico, fotointerpretación de uso de suelo y vegetación, realizó el ajuste de cartas preexistentes para tipo de suelo y geología, y utilizó generación de mapas verificados en campo y corregidos, obtuvo unidades ambientalmente homogéneas



mediante la sobre posición de capas temáticas (uso de suelo- vegetación, geología, tipo de suelo, geoformas y pendiente).

### 2.3. Calidad de Agua.

En relación a los estudios de calidad del agua en una caracterización ambiental, los trabajos han sido variados integrando diferentes interrelaciones ambientales. Algunos de los estudios son los realizados en 1988 por Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, quienes realizaron una evaluación biológica de las aguas con el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party score). Si bien con este sistema era posible obtener unas puntuaciones para comparar situaciones de calidad, esto no permitía emitir juicios respecto de la situación de calidad. Es por ello que correlacionaron los valores de BMWP con cinco grados de contaminación, asignándoles una significación respecto de la misma.

Pérez Munguía y Pineda López (2015), hacen una propuesta validada sobre un método que integra principios geomorfológicos, haciendo una evaluación del hábitat y de integridad biótica, para integrar un modelo de evaluación que ofrece bases numéricas para priorizar acciones de conservación y manejo en cuencas del centro de México

Montelongo CR, *et al.* (2007), evaluaron durante dos años la calidad del agua del río Tula, desde el emisor central hasta su confluencia con la presa Endhó, consideraron una longitud de 50 km en 4 zonas y 35 sitios de muestreo, donde la mayor cantidad de materia orgánica la aportó el emisor central, que es agua sin tratamiento de la Ciudad de México y zona conurbana. Los valores de DBO variaron desde 1.16 hasta 486.81 mg O<sub>2</sub>/L lo cual indicó que se considera como agua no contaminada por materia orgánica biodegradable.; el oxígeno disuelto varió de entre 1.52 y 5.82 mg/L, esto implicó afectación para el desarrollo de la vida acuática. La alcalinidad obtenida como resultado rebasó el criterio ecológico de calidad como fuente de agua potable con valor de 458.01 mg/L. Las grasas presentaron variaciones desde 0.9 mg/L hasta 18.1 mg/L y el nitrógeno amoniacal resultó estar fuera de los límites establecidos para la protección de la vida acuática con valores desde 0.09 a 64 mg/L; los nitratos (6.24 mg/L) y nitritos (0.5-1.304 mg/L) rebasaron el criterio ecológico. También se evaluaron metales como cadmio, plomo, hierro, manganeso y zinc que resultaron estar en concentraciones por encima de lo permisible y en algunos tramos se reportó presencia de mercurio. Los coniformes fecales fueron detectados en valores desde 2.1 x10<sup>4</sup> hasta 2.40 x10<sup>11</sup> NMP/100 ml. En general la toxicidad en las descargas de aguas residuales demostró que todas se presentan de moderada a alta.

Holguín en el (2006). Realizó un estudio de calidad de agua en el río Conchos del estado de Chihuahua. Realizaron seis muestreos durante el 2004: febrero 20,



marzo 19, abril 23, mayo 21, junio 18 y julio 23, y se determinaron parámetros físicos (temperatura, CE y sólidos totales), químicos (pH, N-total, N-amoniaco, N-orgánico, cloruros y P-total), y los siguientes 30 elementos utilizando espectrometría de emisión óptica por plasma: Ag, As, Al, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sr, Ti, Tl, Va, Yb y Zn. Los resultados se compararon con estándares establecidos por la Normatividad Mexicana, por la Secretaría de Desarrollo y Ecología, y por la Agencia de Protección al Ambiente de los EUA. Los elementos que rebasaron uno o más estándares para agua potable fueron Al, Fe, Mn, Tl, Ba, Ni, Be, Zn y Na. Los que rebasaron al menos un estándar para agua dulce fueron Al, Ba, Fe y Tl. Ninguno de los elementos rebasó los estándares para uso agrícola y pecuario. Los elementos que más estándares rebasaron fueron Al (4), Mn, Fe y Tl (3), y Ba, Be, Na, Ni y Zn (1). La concentración de algunos elementos se encuentra en niveles que pueden provocar daños al ser humano a mediano y/o largo plazo en la medida que se esté en contacto en forma cotidiana con estos elementos.

#### 2.4. Indicadores Biológicos

Fuentes, *et al.* en el 2007. Realizaron un estudio en las comunidades de la Aduana, Etchojoa y el Ejido Melchor Ocampo del sur de Sonora México, donde evaluaron la calidad microbiológica del agua. Los resultados que se presentan son de muestreos independientes realizados en cada comunidad, para la Aduana el periodo fue de julio de 1999 a Junio de 2000, en Etchojoa fue de Julio de 2001 a Junio de 2002 y en el caso del Ejido Melchor Ocampo fue de Junio de 2004 a Mayo de 2005. Las muestras se recolectaron mensualmente, se analizaron Mesófilos aerobios, Coliformes Totales y Fecales, Determinación de *Salmonella spp.* Para el análisis de Mesófilos aerobios se encontró que en la Aduana el 47 % (40 muestras) lo sobrepasaron, en Etchojoa un 12 % (10 muestras) presentaron cuentas elevadas y para el Ej. Melchor Ocampo un 38 % (32 muestras) no cumplieron con el criterio. Para el análisis de Coliformes Totales y Fecales se observó que la Aduana y el Ejido Melchor Ocampo presentaron densidades altas de coliformes fecales, con el 99 % (83 muestras) y 86 % (72 muestras) de las muestras fuera de la norma, respectivamente; los cuales deben ser ausentes en 100 mL. En la comunidad de Etchojoa sólo el 6 % de las muestras presentaron incidencia, lo cual se atribuye al proceso de desinfección con cloro. En relación con los coliformes totales y los coliformes fecales disminuyeron muy poco, por lo que la fuente de contaminación del agua de este río en estas zonas fue de origen fecal. Clasificando el agua como de buena, deficiente y muy deficiente calidad, respectivamente de acuerdo al estudio reportado por Welch y Col. (2000), se puede observar que la comunidad de Etchojoa presentó en general una calidad microbiológica buena. En el caso de la Aduana y el Ejido Melchor Ocampo presentaron una calidad deficiente. Y finalmente para el análisis de Determinación de *Salmonella spp.*, el 100 % de las



muestras analizadas en las comunidades de la Aduana, Etchojoa y el Ejido Melchor Ocampo fueron negativas para *Salmonella spp.* y *Vibrio spp.*, por lo que no representan un riesgo para la población. Sin embargo en las muestras con altas cargas microbianas pueden ser vectores de otros microorganismos patógenos.

Christine *et al.* Determinaron la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola Granja Montelindo (Universidad de Caldas). Las tomas de muestras de los macroinvertebrados fueron recolectadas utilizando la metodología de ROLDÁN (2003) modificada. Las muestras se guardaron en recipientes de vidrio con alcohol al 70%, debidamente rotulados y refrigerados. Las muestras de material microbiológico se tomaron en cada punto en una cantidad de 50 ml de agua, en envases de plástico estéril y a 20 cm. de profundidad, debidamente rotulados y refrigerados. En cada punto se midieron parámetros fisicoquímicos: oxígeno, pH, conductividad y temperatura. El análisis de laboratorio microbiológico lo realizaron de la siguiente manera: Determinación de mesófilos. Cuantificaron por el método N.M.P.(Numero Más Probable). Los resultados obtenidos indican que los diferentes macroinvertebrados presentan correlaciones de acuerdo a la calidad del agua. Los grupos bacterianos aumentan de acuerdo a la cantidad de materia orgánica en descomposición y por consiguiente se relacionan con el deterioro de la calidad del agua. Diferentes variables pueden sugerir el comportamiento de otras ya que presentan interrelaciones comunes.



## CAPÍTULO III

### OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

- Caracterizar Limnológicamente el río Atoyac en la comunidad de Tejalpa, municipio de Tehuiztzingo, utilizando variables ambientales e indicadores biológicos en el periodo de lluvias y secas.

#### 3.2 Objetivos particulares

- Describir la Morfometría del perfil del cauce, determinar el caudal de agua y establecer la proporción y la composición del sedimento
- Determinar las variables físicas y químicas del agua del río Tejalpa.
- Determinar los coliformes totales y fecales.
- Establecer si existe diferencia en cuanto a las variables ambientales del agua del río Atoyac.
- Determinar si existe un impacto de la comunidad sobre la calidad del agua.
- Determinar si hay diferencia entre lluvias y secas.



## CAPITULO IV

### JUSTIFICACIÓN.

En México se sabe que el 70% de los sistemas acuáticos tienen algún grado de perturbación debido a la contaminación por las actividades humanas. Así mismo, hasta el año de 2005 solo se tenía evaluado el 1% de todos los sistemas acuáticos epicontinentales en México. Por tal razón, el presente estudio contribuirá al conocimiento del estado del río Atoyac en la localidad de Tejalpa Estado de Puebla y a determinación de sus usos potenciales en la región de acuerdo a la calidad de sus aguas.

## CAPITULO V

### MATERIAL Y METODO

#### 5.1. Descripción del Área de Estudio

##### 5.1.1 Ubicación

Municipio de Tehuizingo:

El municipio de Tehuizingo se localiza en la parte suroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos  $18^{\circ} 15' 48''$ ,  $18^{\circ} 28' 12''$  de latitud norte, y los meridianos  $98^{\circ} 09' 06''$  y  $98^{\circ} 25' 36''$  de longitud oeste y sus colindancias son: Al norte con Ahuatlán y Cuayuca, al sur con Ahuehuetitla, Chinantla y Axutla, al oeste con Santa Inés Ahuatempan y Acatlán y al poniente con Chiautla de Tapia e Izúcar de Matamoros.

El río se encuentra a las orillas de la localidad Santa Cruz Tejalpa que está situado en el Municipio de Tehuizingo en el estado de Puebla. Santa Cruz Tejalpa se encuentra en los paralelos  $-98.360278$  longitud oeste, y  $18.360833$  latitud norte, a unos 960 metros sobre el nivel del mar (SNM).

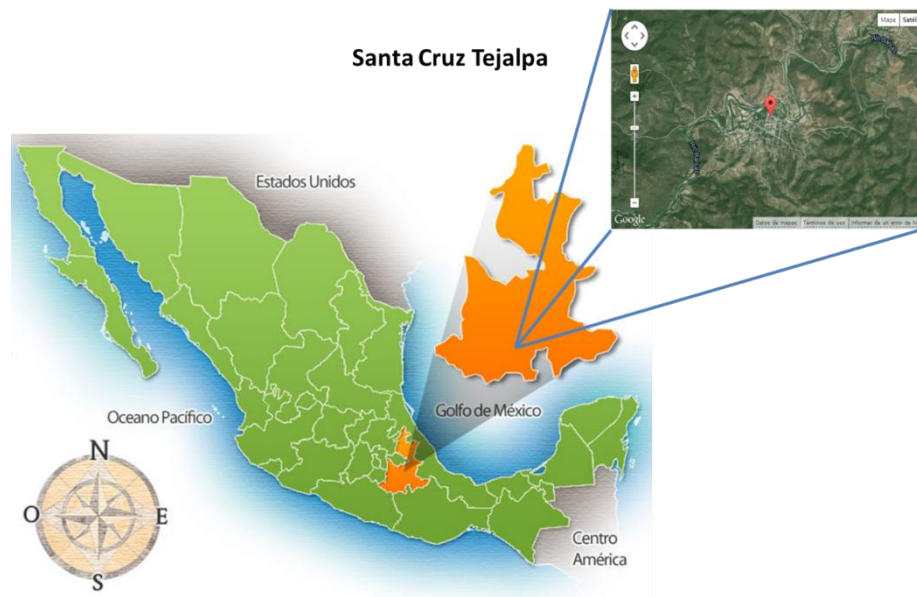


Figura 5.1.1. Ubicación de la localidad de Santa Cruz Tejalpa, Municipio de Tehuizingo.



### 5.1.2. Orografía:

El municipio pertenece a dos regiones morfológicas; el noroeste, a partir del río Atoyac, forma parte del valle de Matamoros; del río Atoyac hacia el sur, se presenta la sierra de Acatlán.

El relieve presenta gran diversidad; al noroeste existen accidentes orográficos como el cerro Lobos y el cerro la Cuesta; presenta un declive hacia el sureste hasta llegar a su punto más bajo en la ribera del Atoyac; del río hacia el sur se extiende un Valle más o menos uniforme, limitado al suroeste, norte y sureste por otras formaciones montañosas donde destacan el cerro Largo y el Taberna ([www.inafed.gob](http://www.inafed.gob), 2015).

### 5.1.3 Hidrografía:

Pertenece a la cuenca del río Atoyac que lo cruza en dirección centro - oeste; numerosos arroyos intermitentes de las zonas montañosas recorren el municipio y desembocan en el Atoyac. Existe una pequeña presa llamada Boqueroncito([www.inafed.gob](http://www.inafed.gob), 2015).

### 5.1.4 Clima:

Presenta tres tipos de clima:

- Clima semicálido cálido, semicálido seco y semicálido subhúmedo con lluvias en verano; se presenta en las formaciones montañosas del suroeste en los alrededores del Centeóyotl.
- Clima semiseco muy cálido; se localiza a todo lo largo de la ribera del río Atoyac.
- Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; incluyendo la ribera del Atoyac en las formaciones montañosas del suroeste, se presenta este clima en todo el municipio. ([www.inafed.gob](http://www.inafed.gob), 2015).

### 5.1.5 Ictiofauna

El territorio del ejido de Santa Cruz Tejalpa cuenta con 18.97 kilómetros de recorrido del río Atoyac, así como numerosas corrientes intermitentes, algunas de las cuales cuentan con agua la mayor parte del año. Esto hace posible la presencia de diversas especies de peces, entre las cuales son de interés alimenticio y económico las siguientes: *Cichlasomaistlanum*(mojarra criolla),



*Astyanaxaneus*(charal) y *Ictalurus balsanus* (bagre). Todas las especies antes mencionadas se pescan, se venden y se consumen en los poblados cercanos al río. (García Castro, 2014).

### 5.1.6 Flora y vegetación.

Podemos encontrar tres tipos de vegetación en el ejido: bosque de encino, selva baja caducifolia conservada y selva baja caducifolia perturbada. Estas superficies se combinan en el territorio con las zonas urbanas y zonas agrícolas, de forma que la vegetación y los usos del suelo en el ejido se distribuyen de la forma siguiente:

Usos del suelo y vegetación	Superficie (ha)	Superficie (%)
Zona Urbana	63.46	0.89
Zona Agrícola	194.24	2.72
Bosque de Encino	747.94	10.47
Selva Baja Caducifolia Conservada	2,652.60	37.13
Selva Baja Caducifolia Perturbada	3,485.21	48.79
Total	7,143.46	100.00

Tabla 5.1.1. Superficies de la vegetación y usos del suelo en la mitad sur del ejido.

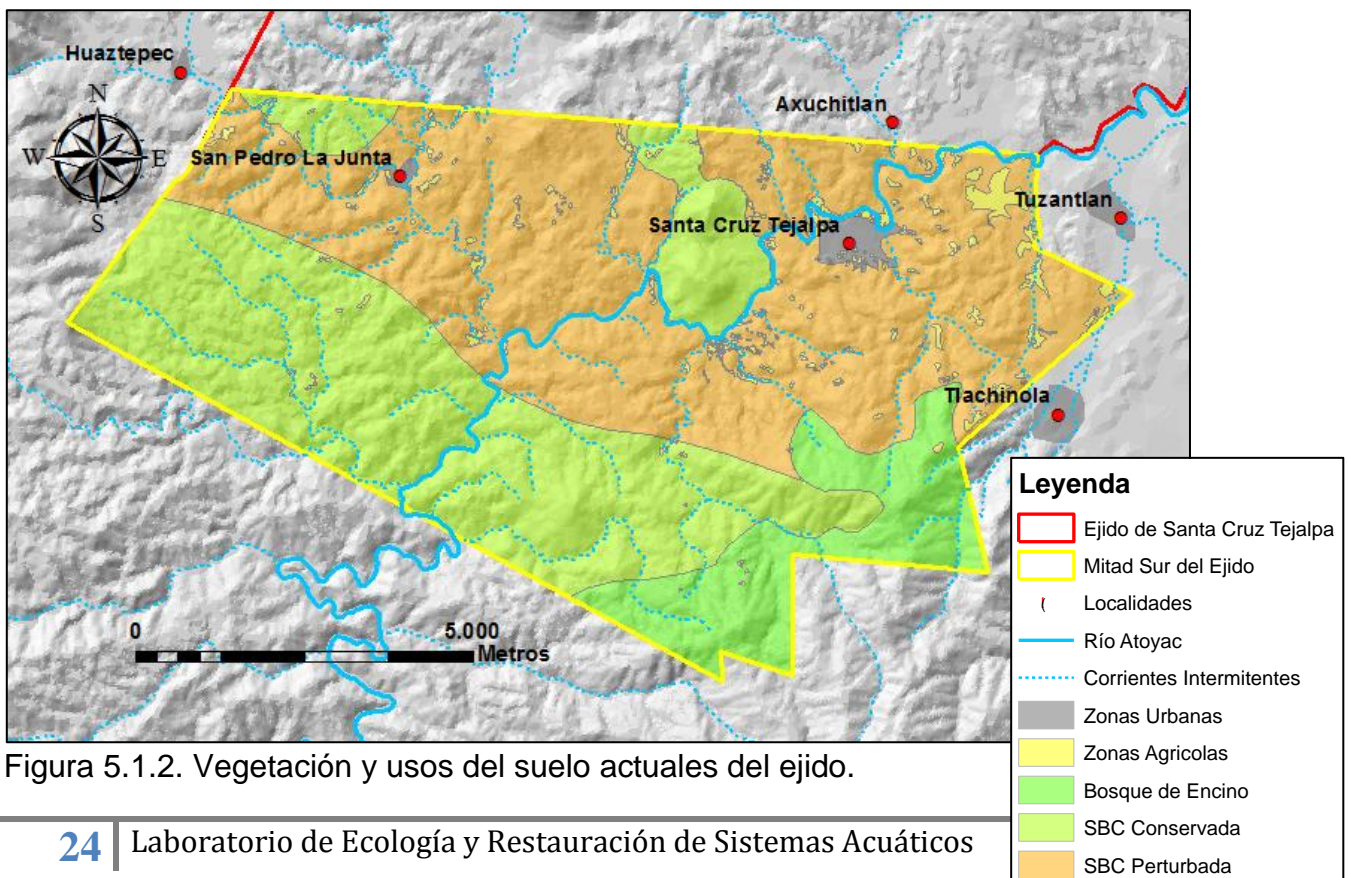


Figura 5.1.2. Vegetación y usos del suelo actuales del ejido.



El listado de flora, así como datos sobre sus usos, distribución y abundancia, se obtuvieron por medio de revisiones bibliográficas, consultas con especialistas, talleres participativos y entrevistas con los habitantes de las poblaciones de Santa Cruz Tejalpa, San Pedro la Junta, Axuchitlán y Puente del Marqués, así como mediante el trabajo de campo del Ordenamiento Territorial Comunitario realizado en los meses de junio a septiembre del 2014, (García Castro, 2014). De esta forma se identificaron un total de 5 clases, 27 órdenes, 42 familias y 201 especies de flora.

La especie representativa en la vegetación fue *Taxodium mucronatum* (ahuehuete), árbol característico de orillas de ríos y arroyos, que puede alcanzar gran longevidad y tamaño; sus ramas colgantes a menudo bajan hasta cerca del nivel del suelo.

### 5.1.7. Uso de suelo y vegetación.

Presenta un alto porcentaje de su territorio ocupado por selva baja caducifolia, asociada con vegetación secundaria arbustiva y arbórea; cubre todas las zonas montañosas, y parte del Valle. Existen grandes extensiones generalmente en las zonas planas, dedicadas a la Agricultura de temporal; su relación con las vías de comunicaciones es muy clara; también se han introducido en zonas montañosas. A los alrededores del Centeóyotl al suroeste aún existen áreas con matorrales encinosos.

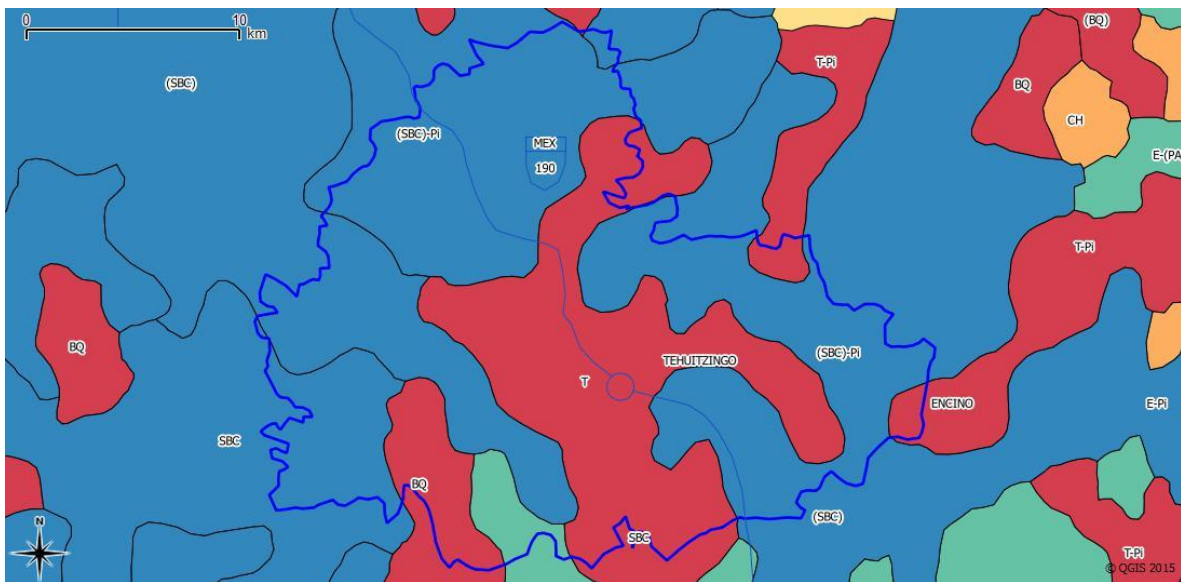


Figura 5.1.3. Uso y suelo de vegetación

### 5.2. TRABAJO EN CAMPO.

Se caracterizó el límite del polígono y se delimitaron las estaciones de trabajo las cuales se ubicaron antes, dentro y después de la zona urbana, sobre el cauce del río, para determinar si existía un impacto de la zona urbana de Santa Cruz Tejalpa sobre la calidad del agua; las estaciones son las siguientes.

- La Primera estación se denominó como : “EL GUAYABITO”, que está situado en 14 Q 566936.95 m y E 2030223.49 m 970msnm.
- Segunda estación se denominó como: “LA HAMACA”, que está situado en 14 Q 567628.47 m, E 2030490.96 m, 970msnm.



- Tercera estación se denominó como; “EL REMOLINO”, que está situado en 14 Q 567875.48 m, E 2030250.20 m, 970msnm.

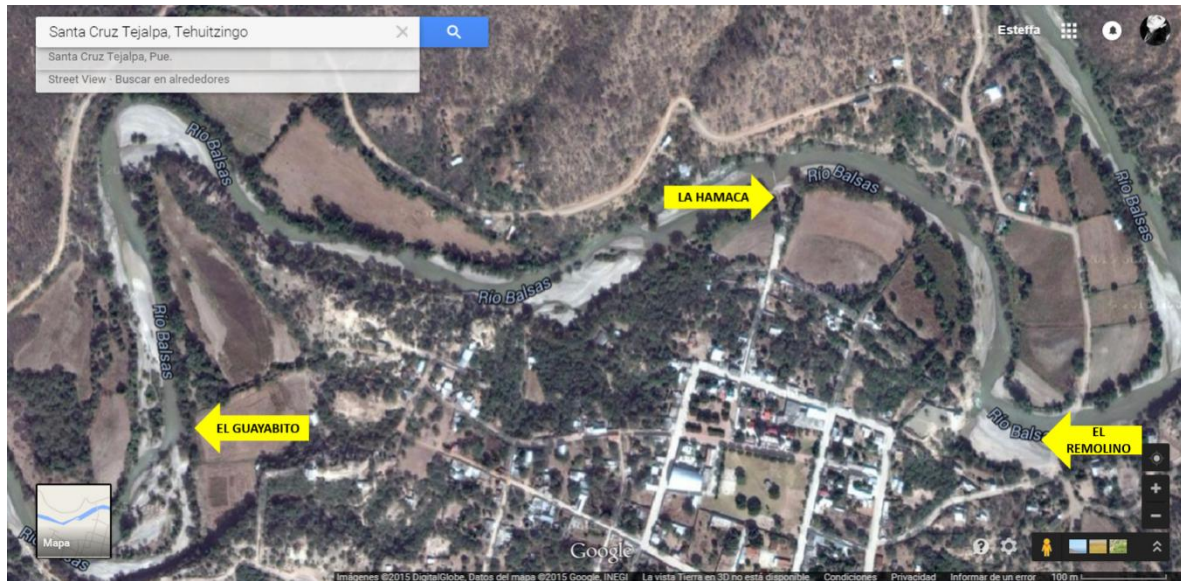


Figura 5.1.4. Estaciones de muestreo, a lo largo del río Atoyac.

Se realizaron un total de 4 salidas de campo, dos en el periodo de secas (mayo y junio) del año 2014, y dos en el periodo de lluvias (agosto y septiembre). Se tomaron las muestras en tres estaciones (ver fig. 4), conocidas como “El Remolino” (estación 1), La Hamaca (estación 2) y El Guayabito (estacion3).

### 5.2.1HIDROMETRÍA: Determinación del caudal.

Se tomaron datos(7 y 21 de mayo, 7 y 21 de junio, 7 y 21 agosto, 7 y 21 septiembre del 2014), en las tres estaciones, donde se evaluó la profundidad a todo lo ancho del cauce cada metro y medio y se midió la anchura del río. En la siguiente imagen (Figura 5.2.1), se muestra un ejemplo de la distribución de los puntos para determinar el caudal. Se utilizó un Flujometro digital con el cual se midieron 6 veces en diferentes puntos la velocidad de corriente de fondo a partir de lo cual se estableció un promedio de velocidad. Con los datos obtenidos con las mediciones de ancho del cauce y las diferentes profundidades se calculó el área del perfil del río.

Finalmente se multiplicó la velocidad de corriente por el área obtenida y se obtuvo el volumen de agua en metros cúbicos por segundo extrapolando a lo que corresponde a un día.

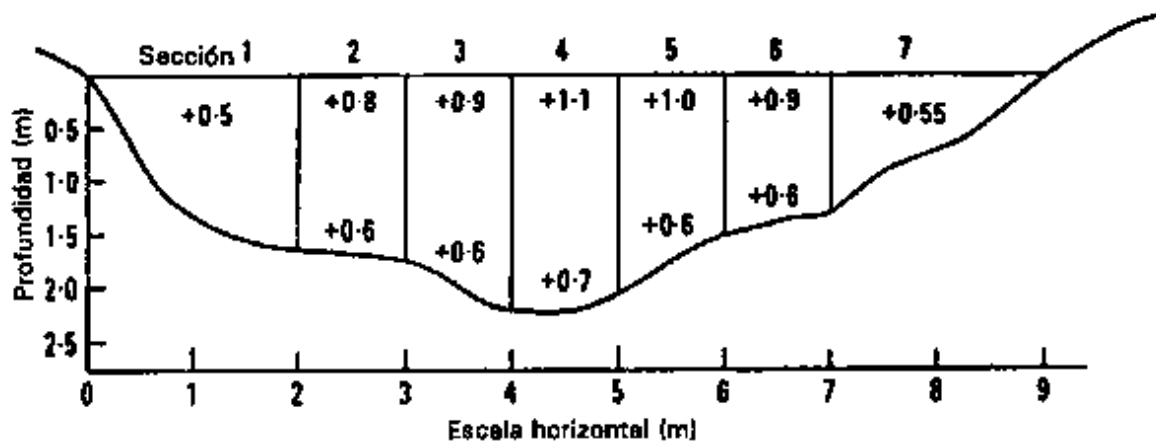


FIGURA 5.2.1 - Ejemplo del cálculo del caudal de una corriente a partir de las mediciones efectuadas con un Flujometro.

### 5.2.2. PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS: Variables físicas y químicas del agua.

Se visitaron cada una de las estaciones de trabajo para tomar mediciones in situ de parámetros no conservativos (Que se modifican a lo largo del tiempo). Para la calidad del agua, los parámetros a evaluar *in situ* en muestras extraídas del cauce por medio de una botella muestreadora tipo Van Dorn fueron los siguientes: temperatura, salinidad, conductividad eléctrica y porcentaje de saturación de oxígeno (cantidad de oxígeno del agua en relación a la cantidad máxima de oxígeno que puede tener a la misma temperatura y presión). Estos parámetros se obtuvieron con la ayuda de un Laboratorio portátil digital para calidad del agua marca HACH (multimeter sesión 156).

También se tomaron muestras para determinar parámetros conservativos (fosforo y amonio). Todas las muestras se transportaron en botellas de plástico de 1 litro, y se mantuvieron en refrigeración hasta su análisis de laboratorio.

Las muestras de agua se tomaron en todos los puntos a nivel superficial por colecta directa. El punto señalado como 3b corresponde a una profundidad de 1.8 m. Esta última fue tomada con la ayuda de una botella muestreadora tipo Van Dorn. Para las variables ambientales de calidad del agua se utilizó un laboratorio portátil multiparamétrico de análisis de agua marca HACH donde se evaluaron

variables de conductividad, salinidad, y total de sólidos disueltos (TDS); con la ayuda de un oxímetro digital se obtuvo el oxígeno disuelto ( $O_2$ ). Para el potencial de Hidrógeno (pH) se evaluó con un Potenciómetro digital marca pomerter modelo PH-009 (I) YSI

### 5.2.3. BALANCE DE SEDIMENTOS.

Para la toma de balance de sedimentos consistió en sumergir un recipiente a diversos puntos a través de la corriente, el esquema recomendado consiste en utilizar seis secciones situadas a igual distancia como se muestra en la Figura 5.2.4. El sedimento contenido en un volumen medido de agua se filtra, se seca y se pesa. Esto da una medida de la concentración del sedimento y cuando se combina con el caudal se obtiene la tasa de descarga de sedimentos (Hudson, 1997)

Esto se realizó para cada estación.

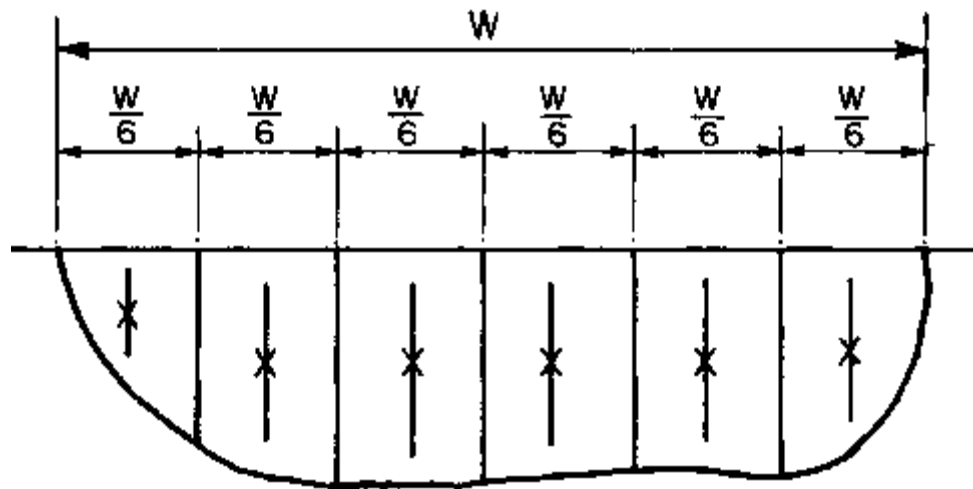


FIGURA 5.2.4 - Esquema sugerido para el muestreo de sedimentos con puntos de muestreo a media profundidad del caudal



### 5.3. TRABAJO DE LABORATORIO:

#### 5.3.1 Análisis químico:

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) se determinó utilizando el método de la botella clara y oscura con la ayuda de un equipo respiro- métrico marca HACK BOD TRAK.

La dureza de carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ) por titulación y la concentración de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4$ ) se realizó mediante la técnica de azul indofenol (MERCK, 1999), los fosfatos se determinaron como Ortofosfatos debido a que es la única forma biodisponible por los productores primarios, el método utilizado fue PhosVer3 con digestión ácido persulfato de bajo rango y ambos parámetros midieron con un espectroquant NOVA 60 marca MERCK.

La concentración de nitritos se realizó mediante la técnica de digestión con persulfato de bajo rango (Ramos *et al.*, 2004), y la concentración de Nitratos se determinó por digestión ácida (Ramos *et al.*, 2004) para el análisis de estas variables se utilizó un laboratorio compacto de agua marca Merck, número 1.11151.

La medición de sólidos suspendidos se estimó por centrifugación (Ramos *et al.*, 2004). En todas ellas se utilizó un espectrofotómetro marca HACH para análisis de agua.

#### 5.3.2 Análisis de indicadores biológicos:

Para los conteos del número más probable de coliformes totales y coliformes fecales se utilizaron muestreadores de inmersión Millipore MC0010025 para conteo total, con medio TGY para recuperación de bacterias en condiciones normales en agua. Se colocaron en una incubadora Millipore a 34 grados durante 48 horas (MERCK, 1999).



Figura 5.3.1. Equipos para la medición de variables física y químicas en laboratorio. 7a. HACH; 7b. Incubadora; 7c. Análisis de muestras; 7d. Medición de amonio y fosfatos con un espectroquant NOVA 60 marca MERCK.

### 5.3.3. Análisis Estadístico.

Para el análisis estadístico, se obtuvieron las medidas de tendencia central para realizar los gráficos que se muestran en el presente trabajo. Para determinar si existen diferencias significativas, se utilizaron dos pruebas estadísticas la tstudent para hacer la comparación entre los periodos de secas y lluvias y para el análisis que tiene el impacto de la comunidad sobre el rio se realizó la prueba de MannWhitney, para ambos análisis se ocupó el programa estadístico Past 3 (thepast of thefuture).



## CAPITULO VI

### RESULTADOS

#### 6.1. CARACTERISTICAS AMBIENTALES.

##### 6.1.1 Hidrología.

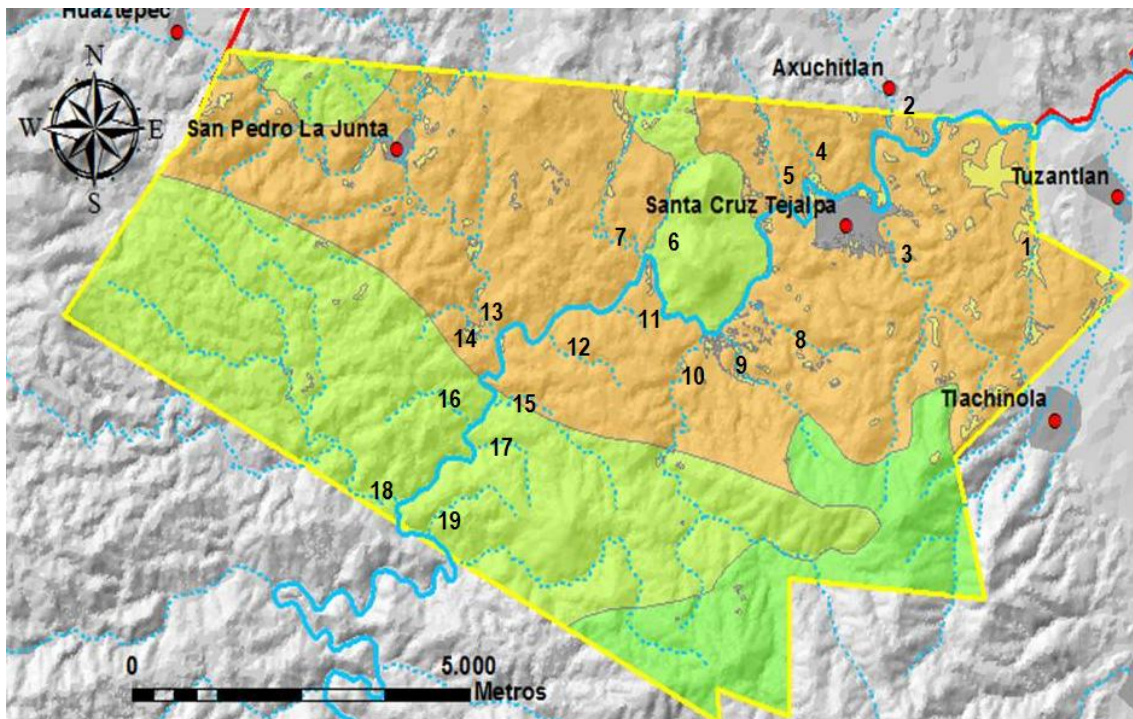


Figura. 6.1.1. Ubicación de los 19 afluentes intermitentes que alimentan el cauce principal del río Atoyac en Santa Cruz Tejalpa.

En la hidrología del lugar se determinó un total de 19 afluentes, todos ellos intermitentes y de longitud corta. Por lo que el cauce principal debe crecer de manera importante en el tiempo de lluvias en que estos afluentes aportan agua al sistema.



## 6.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE.

### 6.2.1 Tipos de corriente.

De acuerdo los recorridos realizados en campo se identificaron la presencia de corrientes permanentes y perenes que alimentan al cauce principal de la cuenca.

### 6.2.2 Ordenes de corriente.

Se identificaron los siguientes órdenes de corriente en la cuenca de Santa Cruz Tejalpa.

**Tabla 1.2.1 Ordenes de corriente en las cuencas.**

Rangos de ordenes	Clases de orden
1-2	Bajo
2.1-4	Medio
4.1-6	Alto

La cuenca de Santa Cruz Tejalpa cuenta con 17 corrientes de orden 1, 2 de orden 2 y 1 de orden 3.

**Tabla 6.2.2. Número de corrientes por tipo de orden en la cuenca de aportación.**

Orden de corriente	Número de corrientes
1	17
2	2
3	1

### 6.3.PERFIL MORFOMETRICO DEL RIO. Tres zonas de muestreo

El perfil y el mapa topográficos son descripciones continuas de la superficie. Los procedimientos de clasificación del territorio, requieren la subdivisión de éste en porciones que posean algún rasgo en común. La morfometría realiza la subdivisión de ambos documentos –el perfil y el mapa topográficos- en porciones de territorio que posean un sentido de la inclinación homogéneo y una inclinación comprendida dentro de varios rangos, Pedraza (1996).

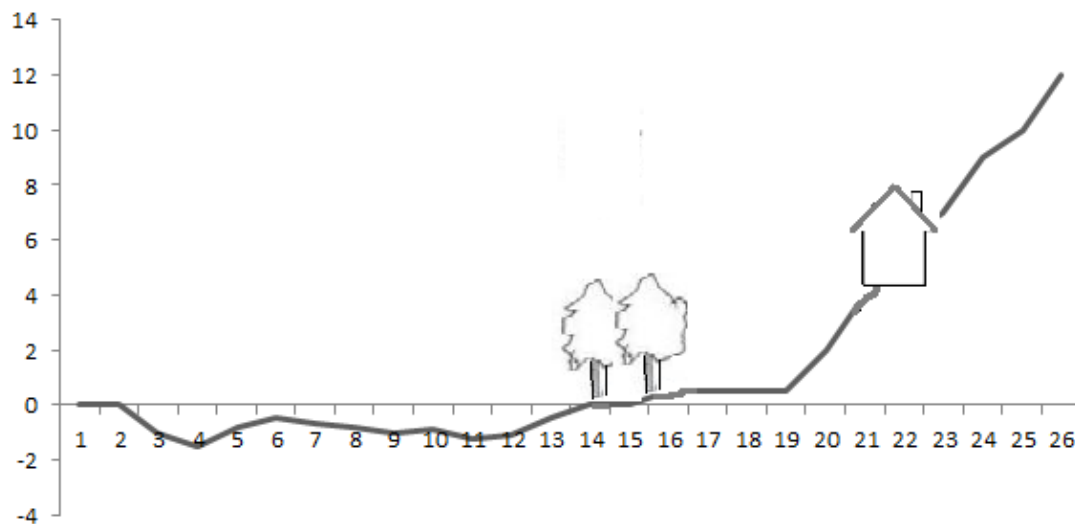
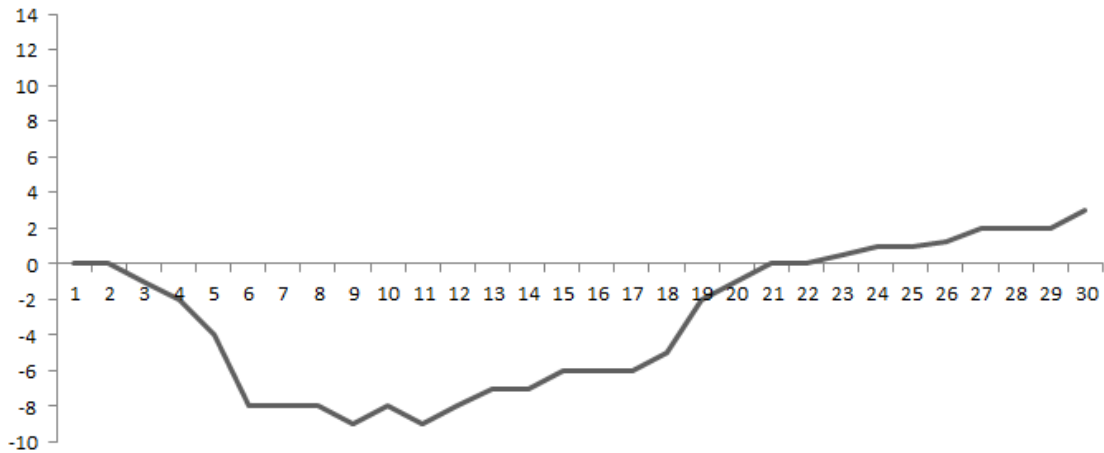


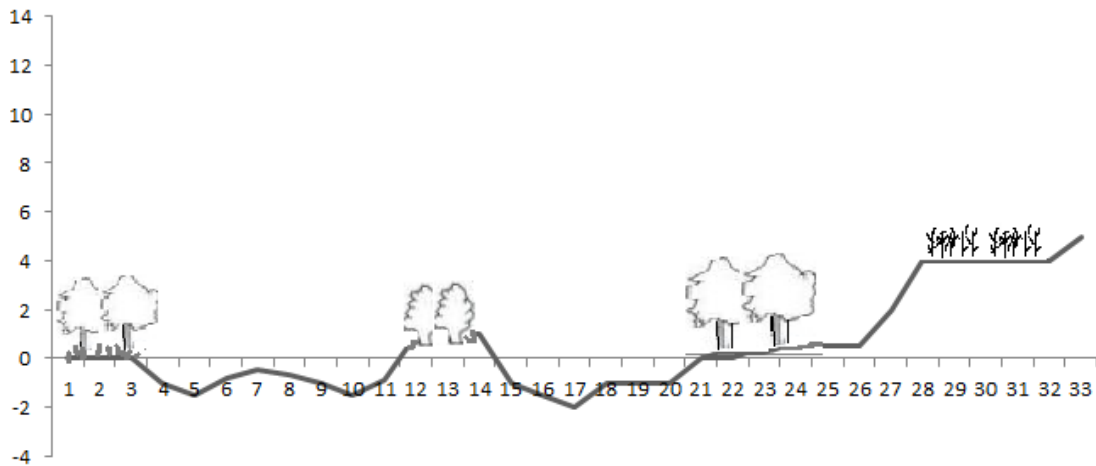
Figura 6.3.1Morfometría de la estación La Hamaca.

En la figura se muestra la parte media del río, indicando el tipo de vegetación (*Taxodiummucronatum*) en la orilla del río, y la profundidad máxima de 2 metros.



**Figura 6.3.2 Morfometría de la estación El Remolino.**

**Se muestra la parte frontal del río, con una profundidad máxima de 8 metros aproximadamente.**



**Figura 6.3.3. Morfometría de la estación El Guayabito.**

**Se muestra la parte trasera del río señalando el tipo de vegetación (*Taxodium mucronatum*) y la zona de cultivo, con una profundidad máxima de 2 metros aproximadamente.**

#### 6.4. BALANCE DE SEDIMENTOS Y SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.

La estimación del total de sólidos en suspensión en secas fue de 350 mg/L. De acuerdo al volumen del caudal diario que pasa en la cuenca nos da 2466 Ton/día para el periodo de secas mientras que para el periodo de lluvias la cantidad de sólidos en suspensión fue de 1000 mg/L dando un total de 27027 Ton/día superando casi diez veces la cantidad del periodo de secas. Esto se explica de acuerdo al incremento del caudal entre el periodo de secas y lluvias.

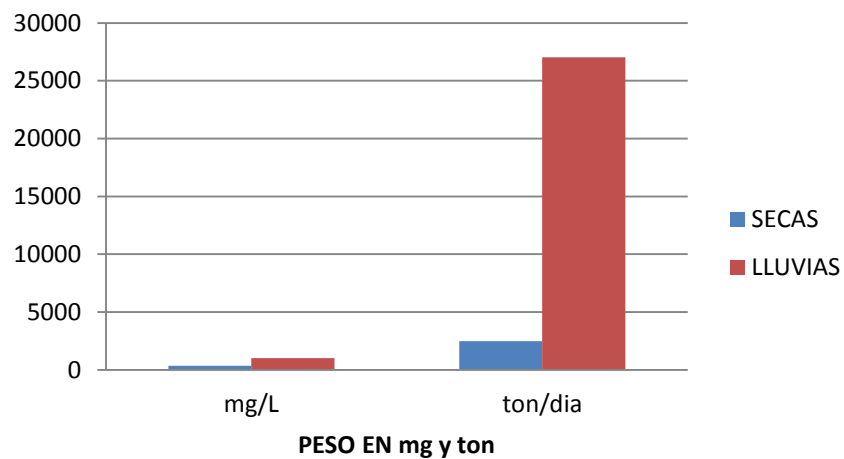
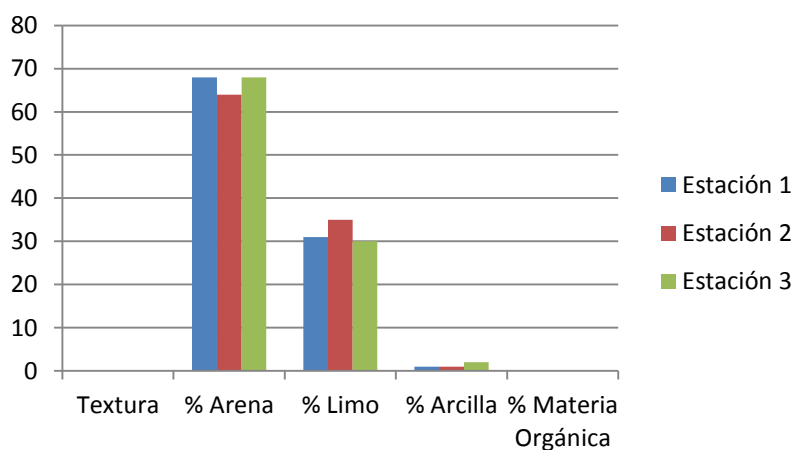


Figura 6.4.1 Muestra grafica de balance de sedimentos en periodo secas y lluvias.

**Tabla 6.4.1 Determinación de la textura y composición de los sedimentos de las tres estaciones**

	GUALLABITO	LA HAMACA	EL REMOLINO
Textura	<b>Arena</b>	<b>Arena</b>	<b>Arena</b>
% Arena	<b>68</b>	<b>64</b>	<b>68</b>
% Limo	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>30</b>
% Arcilla	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
% Materia Orgánica	<b>0,13</b>	<b>0,58</b>	<b>1,3</b>



**Figura 6.4.2 Tipo de sedimentación en porcentaje.**

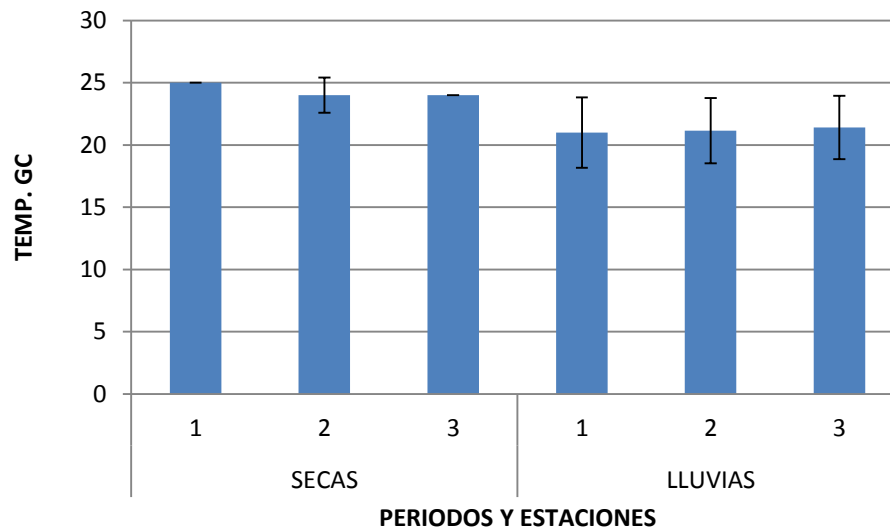
**La composición mostró que predomina una textura arenosa debido a que presentan porcentajes elevados de arenas con respecto al resto de los sedimentos. La composición orgánica de los mismos es muy baja pues es inferior al 2 %.**

## 6.5. DATOS FÍSICOS-QUÍMICOS DEL AGUA.

### 6.5.1 Variables Físicas en Campo.

**Cuadro 6.5.1** Valores promedio de temperatura (+/- d.e.) por período y por estación

PERIODOS	ESTACIONES	MEDIA TEMPERATURA	Desviación estándar Temperatura
SECAS	1	25	0.00
	2	24	1.41
	3	24	0.00
LLUVIAS	1	24	1.41
	2	23	0.00
	3	23.6	0.57

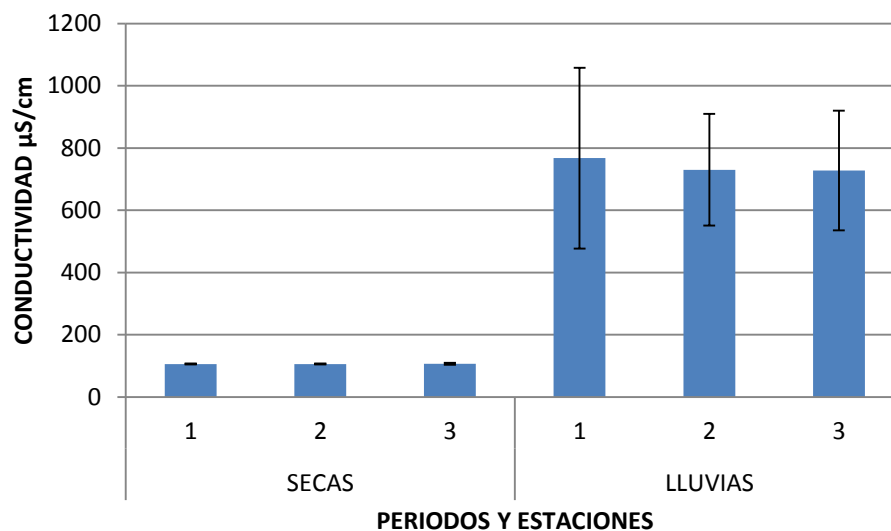


**Figura.6.5.1.** Temperatura por periodo y por estación (medias +/- d.e.).

En la figura 6.5.1. Se aprecia que la temperatura fluctuó entre 23 y 25 grados Celsius para la temporada seca y 19 a 23 para la temporada de lluvias.

**Cuadro. 6.5.2. Valores promedio de Conductividad (+/- d.e.) por período y por estación**

PERIODOS	ESTACIONES	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	D.E.CONDUCTIVIDAD
SECAS	1	106	1.4
	2	106	1.4
	3	107	2.8
LLUVIAS	1	767.5	290.6
	2	730	179.6
	3	728	192.3

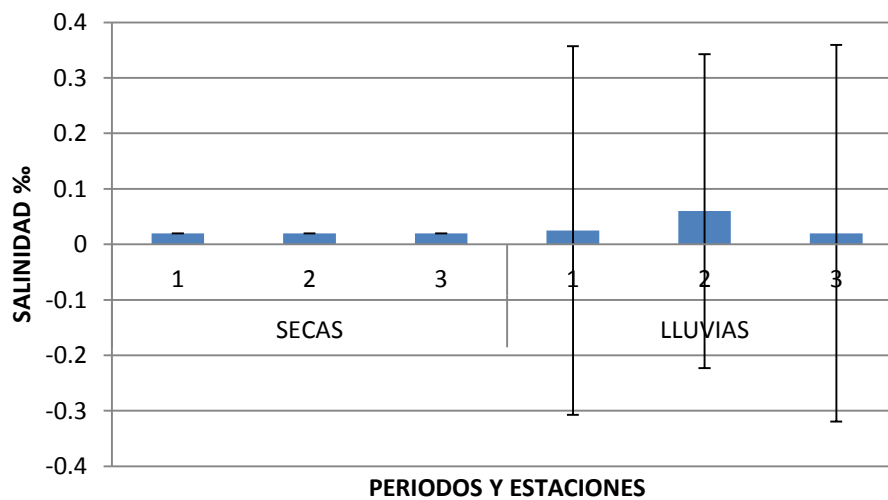


**Figura 6.5.2. Conductividad  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , por período y por estación.**  
En la figura 6.5.2. Se puede apreciar la disminución de la conductividad en el periodo de Secas con un mínimo de  $105 \mu\text{S}/\text{cm}$  y aumentando así mismo en la temporada de lluvias hasta  $973 \mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Cuadro 6.5.3. Valores promedio de Salinidad (+/- d.e.) por período y por estación**

PERIODOS	ESTACIONES	Salinidad partes por mil	D.E. SALINIDAD
SECAS	1	0.02	0
	2	0.02	0
	3	0.02	0
LLUVIAS	1	0.025	0.33234019
	2	0.06	0.28284271
	3	0.02	0.33941125

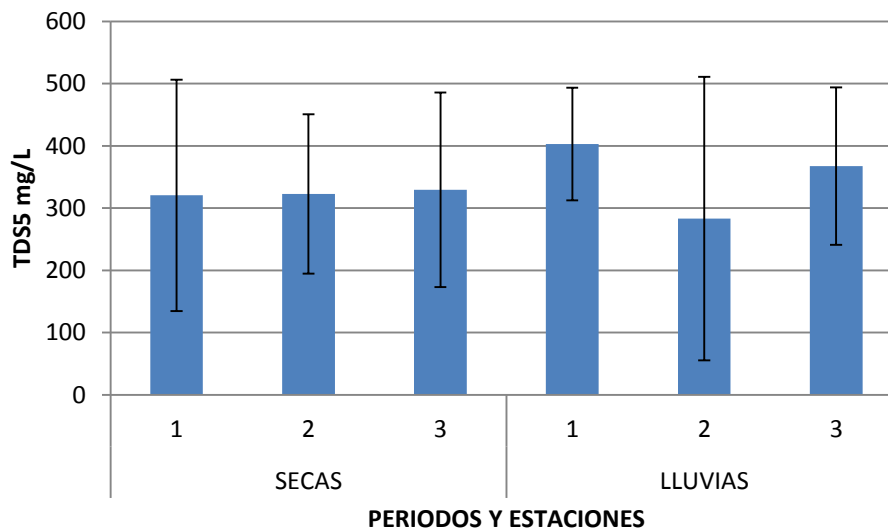


**Figura 6.5.3. Salinidad por periodo y por estación.**

En la figura 6.5.3. Se muestra la salinidad, en temporada de lluvias (con una marcada disminución en las primeras tres estaciones) y secas (con valores muy bajos en todas las estaciones).

**Cuadro 6.5.4. Valores promedio de Total de Solidos Disueltos (+/- d.e.) por período y por estación.**

PERIODOS	ESTACIONES	TDS mg/L	D.E. TDS
SECAS	1	320.5	185.969083
	2	322.5	127.986327
	3	329.5	156.270599
LLUVIAS	1	403	90.509668
	2	283	227.688384
	3	367.5	126.572114

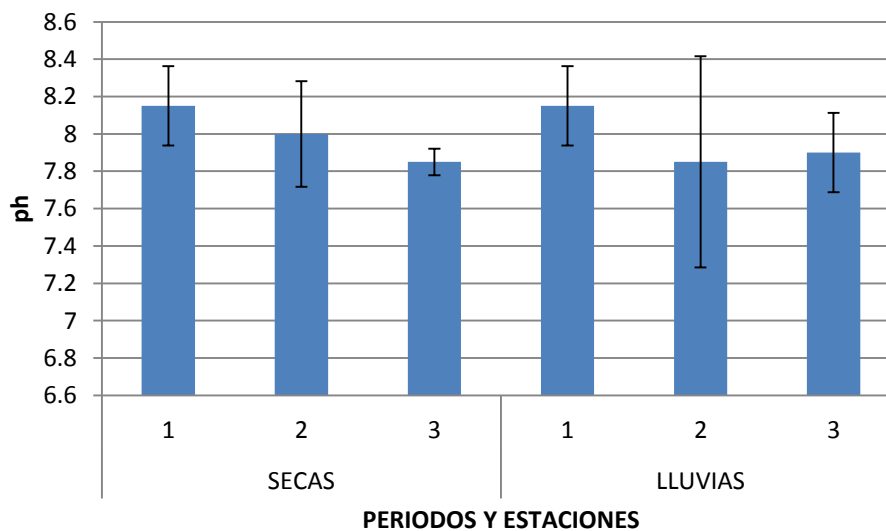


**Figura 6.5.4. Total de Solidos disueltos (TDS), en miligramos por litro**

En la figura 6.5.4. Se muestra el total de Solidos Disueltos en el rio, en las temporadas secas y lluvias. Notando un aumento en el periodo de lluvias de 482 mg/L y una disminución de 153 mg/l en el periodo de seca.

**Cuadro 6.5.5. Valores promedio de pH (+/- d.e.) por período y por estación.**

PERIODOS	ESTACIONES	pH	D.E.pH
SECAS	1	8.15	0.21213203
	2	8	0.28284271
	3	7.85	0.07071068
LLUVIAS	1	8.15	0.21213203
	2	7.85	0.56568542
	3	7.9	0.21213203

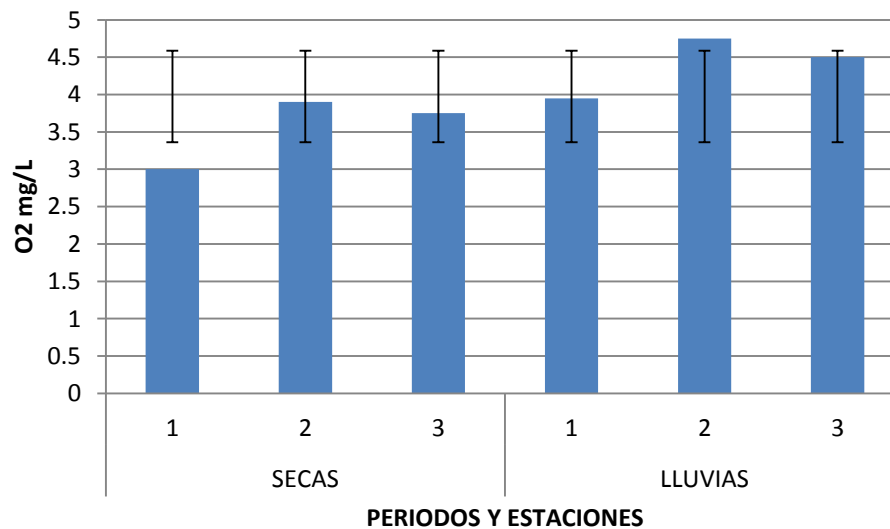


**Figura 6.5.5. Se muestra el potencial de Hidrogeno en el periodo de lluvias y secas.**

**En la figura 6.5.5. El potencial de hidrógeno (pH) se registró con un valor entre 7.8 y 8.3 para el periodo de secas y 7.5 y 8.3 para el periodo de lluvias.**

**Cuadro 6.5.6 Valores promedio de O2 (+/- d.e.) por período y por estación**

PERIODOS	ESTACIONES	O2 mg/L	D.E. O2
SECAS	1	3	0
	2	3.9	0.56568542
	3	3.75	1.06066017
LLUVIAS	1	3.95	0.21213203
	2	4.75	0.21213203
	3	4.5	2.33345238



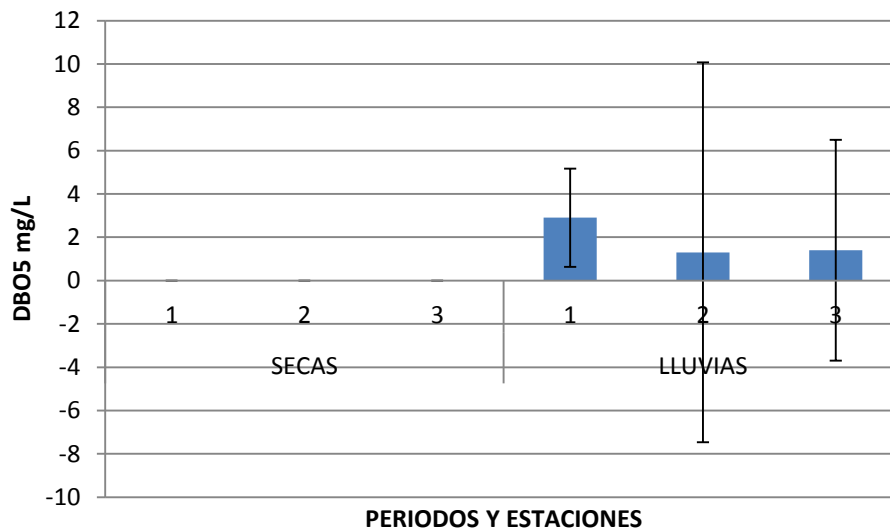
**Figura 6.5.6. Oxígeno disuelto en mg/L, en el periodo de lluvias y secas.**

**En la figura 6.5.6. EL valor de oxígeno varió de 3 a 4.5 para el periodo de secas y 4.5 a 7.2 para el periodo de lluvias.**

### 6.5.2. Variables Químicas en Laboratorio.

**Cuadro 6.5.7. Valores promedio de DBO5 (+/- d.e.) por período y por estación**

PERIODOS	ESTACIONES	DBO5 mg/L	D.E.DBO5
SECAS	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
LLUVIAS	1	2.9	2.2627417
	2	1.3	8.76812409
	3	1.4	5.09116882

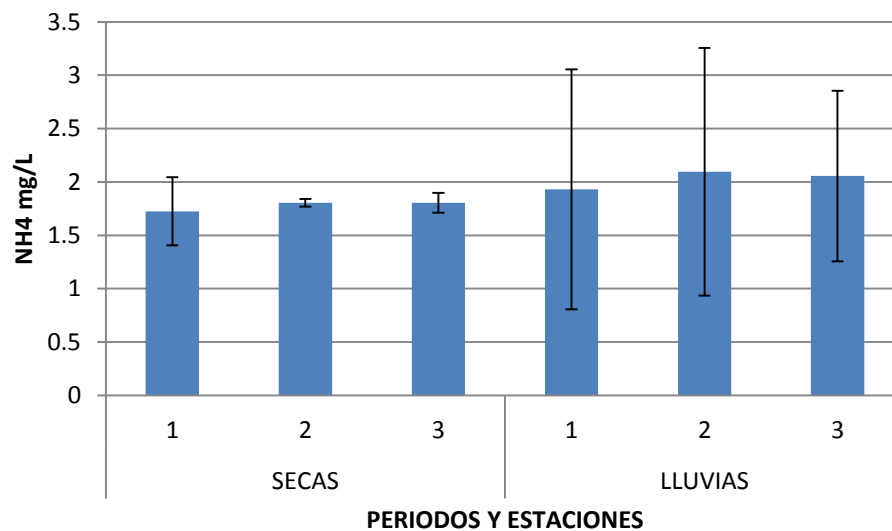


**Figura 6.5.7. Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) en periodo de secas y lluvias.**

En la figura 6.5.7. Se muestra en 0 la DBO en el periodo de secas mientras que en la temporada de lluvias se observa un aumento máximo de 15 mg/L

**Cuadro 6.5.8 Valores promedio de NH4(+/- d.e.) por período y por estación.**

PERIODOS	ESTACIONES	NH4 mg/L	D.E.NH4
SECAS	1	1.725	0.31819805
	2	1.805	0.03535534
	3	1.805	0.09192388
LLUVIAS	1	1.93	1.12429978
	2	2.095	1.15965512
	3	2.055	0.79903066

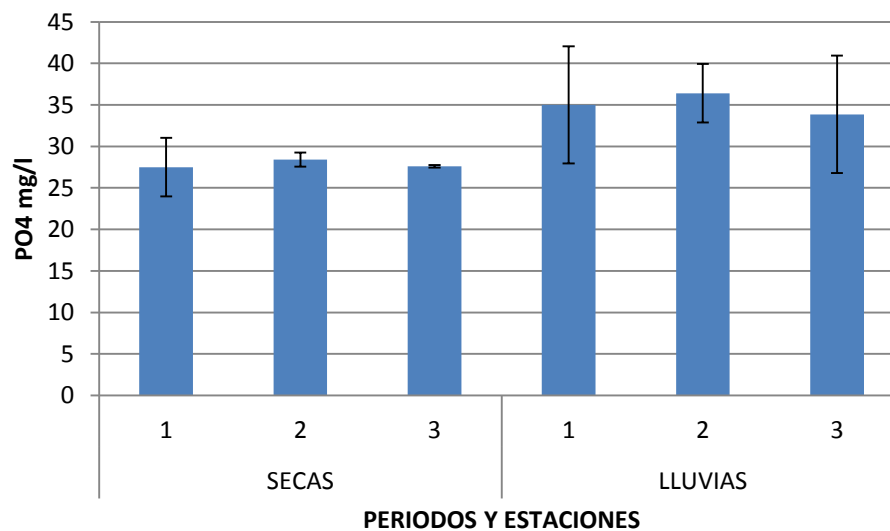


**Figura 6.5.8 Cantidad de amonio en el rio, en periodo seca y lluvias.**

En la figura 6.5.8 Se muestra un aumento de amonio en la temporada de lluvias de hasta 4mg/L y una disminución de 1.5mg/L en el periodo de seca.

**Cuadro 6.5.9 Valores promedio de PO4 (+/- d.e.) por período y por estación.**

PERIODOS	ESTACIONES	PO4 mg/L	D.E.PO4
SECAS	1	27.5	3.53553391
	2	28.4	0.84852814
	3	27.6	0.14142136
LLUVIAS	1	35	7.07106781
	2	36.4	3.53553391
	3	33.85	7.07106781



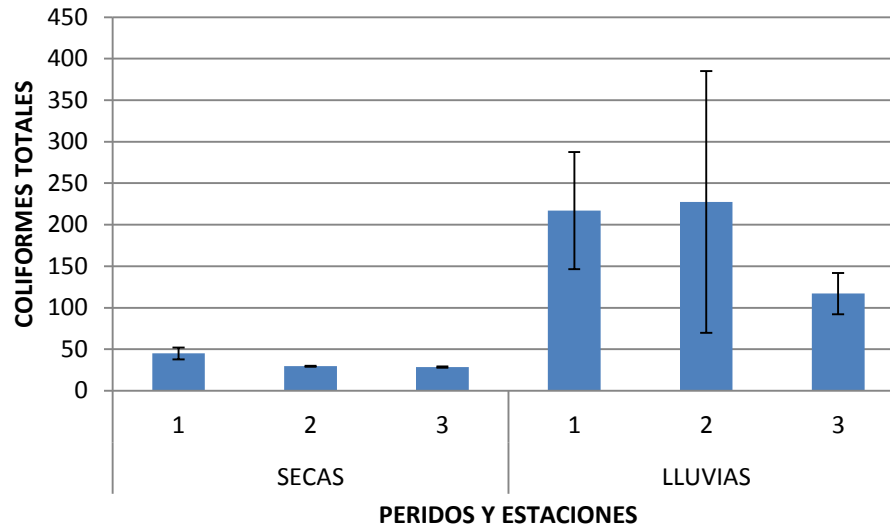
**Figura 6.5.9 Fosfatos disueltos en el río, en temporada de lluvias y secas.**

**En la figura 6.5.9 Se muestra una marcada disminución de los fosfatos en la temporada de secas y un aumento en la temporada de lluvias**

## 6.6 ANALISIS BIOLÓGICO.

**Cuadro 6.6.1. Valores promedio de COLIFORMES TOTALES UFC (Unidades Formadoras de Colonias) (+/- d.e.) por período y por estación**

PERIODOS	ESTACIONES	Coliformes Totales UFC	D.E.CT
SECAS	1	45	7.07106781
	2	29.5	0.70710678
	3	28.5	0.70710678
LLUVIAS	1	217	70.7106781
	2	227.5	157.684812
	3	117	24.7487373



**Figura. 6.6.1** Cantidad de coliformes totales en periodo de secas y lluvias.

En la figura 6.6.1 Se muestran las Coliformes totales, con un aumento en el periodo de lluvias de hasta 425 y una disminución en el periodo de seca de hasta 28.

## 6.7 ANALISIS ESTADISTICO.





**Cuadro 6.7.1 Pruebas de hipótesis para detectar diferencias entre los valores de los parámetros fisicoquímicos y biológicos entre la estación 1 y 3.**

VALORES DE P	> 0.05 NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	
	< 0.05 SI HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	
DATOS	PERIODOS	
	SECAS	LLUVIAS
TEMPERATURA	0.19393	0.69854
CONDUCTIVIDAD	0.22067	0.24528
SALINIDAD	1	0.22067
TDS	0.24528	0.24528
pH	0.69854	0.19393
O2	0.61708	0.24528
DBO5	1	0.24528
NH4	0.69854	0.22067
PO4	0.24528	0.19393
COLIFORMES	0.69854	0.69854

**Cuadro 6.7.2 Pruebas de hipótesis para determinar diferencias entre los dos periodos (SECAS Y LLUVIAS).**

COMPARACION ENTRE ESTACIONES (SECA Y LLUVIOSA)	
DATOS	VALOR T
TEMPERATURA	0.076522
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	<b>1.00E-06</b>
SALINIDAD	0.19671
TDS	0.49151
pH	0.80582
O2	0.080444
DBO5	0.063603
<b>NH4</b>	<b>0.011661</b>
<b>PO4</b>	<b>0.00078437</b>
<b>COLIFORMES</b>	<b>0.012736</b>

## CAPITULO VII

### DISCUSIÓN



## 7.1. CARACTERISTICAS AMBIENTALES.

### 7.1.1. Hidrología.

Se contabilizaron un total de 19 arroyos dentro del polígono del estudio principal, todos ellos intermitentes, es decir, permanecen secos en el periodo de estiaje y con abundante caudal en el periodo de lluvias, lo cual explica el incremento importante de caudal en esta época del año.

El total de las corrientes son de primero y segundo orden debido a que la longitud de las mismas es pequeña y la topografía regional es de pequeños lomeríos de baja altitud y con sustratos rocoso arenoso donde predominan las rocas calizas; esto propicia que no se almacene una gran cantidad de agua y que se formen muchas microcuencas secundarias alrededor del cauce principal.

Manga-Ramirez *et al*, en el 2015 realizo un estudio de procesos ecológicos y productivos de las riveras del rio Usila, Oaxaca México y determinaron la longitud del cauce principal en 45.798 kilómetros, conformando una cuenca exorreica con un modelo de drenaje dendrítico, mientras que en el presente estudio el modelo de drenaje identificado fue contoneado la diferencia entre ambos se debe a que en el usila la topografía de la zona es mucho más accidentada presentando pendientes elevadas que bajan de los mil ochocientos a mil 400 mnm, mientras que en el rio de Tejalpa la diferencia de altitudes no supera los 30 metros.

### 7.1.2. Perfil Morfometrico.

Una cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje de un río es el área limitada por un contorno al interior del cual las aguas de la lluvia que caen se dirigen hacia un mismo punto, denominado salida de cuenca. Es en suma, el área de captación de aguas de un río delimitado por el parteaguas (Pérez y Pineda, 2005).

Los perfiles que se determinaron en nuestro estudio mostraron una profundidad máxima promedio de 2m debido a que la topografía regional presenta una buena cantidad de rocas calizas de origen marino y rocas volcánicas sedimentarias compactadas muy cerca de la superficie del suelo por lo que el nivel de infiltración de agua es muy pobre presentándose escurrimientos superficiales en la temporada de lluvias que conforman los arroyos intermitentes que alimentan el cauce principal. Por esta razón la vegetación es selva baja caducifolia y algunos encinares. Debido a que gran parte de esta vegetación ha sido eliminada para el establecimiento de cultivos de subsistencia se ha eliminado buena parte de la vegetación de galería en los márgenes del rio por tal razón los perfiles se muestran con poca vegetación. En el caso del rio Usila (Mangas- Ramirez, *et al* 2015) las pendientes de vegetación



se muestras saturadas de Liquidámbar, sauce y taxodium. En nuestro caso encontramos a *Taxodium* y *Sauce salix* que están adaptadas para ese clima.

## 7.2 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BIOLOGICOS.

Encontramos en el presente estudio que, aunque existe un cambio en las variables ambientales, la calidad del agua no se modifica demasiado como en el caso de sistemas en el río Tula. Los trabajos de Montelongo *et al* (2007), mostraron que el río Tula presenta variaciones de DBO que van de 1.16 hasta 486.81 mg O<sub>2</sub>/L; el oxígeno disuelto entre 1.52 y 5.82 mg/L, esto implica afectación para el desarrollo de la vida acuática, mientras que en nuestro estudio los valores fluctuaron de cero a 15 ml/L. Lo que implica el agua del río Atoyac en esta zona no es nocivo para la vida acuática. En el caso del nitrógeno amoniacal el río tula alcanzo valores fuera de los límites establecidos para protección de la vida acuática con valores desde 0.09 a 64 mg/L, rebasan el criterio ecológico. Mientras que en nuestro estudio el valor más alto del nitrógeno amoniacal fue de 3.5 mg/L lo que muestra la gran diferencia de calidad del agua entre esos dos ríos.

Por otro lado, el trabajo de Holguin (2006) realizado en el río Conchos en el estado de Chihuahua y principal afluente del Río Bravo este estudio determinó que las variables ambientales como pH, nitrógeno amoniacal y fosforo total no son tan importantes con la presencia de 28 metales pesados algunos de los cuales rebasaron los estándares para agua dulce, encontrándose en niveles en los que pueden provocar daños a la vida silvestre y al ser humano. Esto sucede debido a las actividades mineras que utilizan al río como zona de descarga en los procesos productivos. En el caso del río Atoyac, los valores de amonio y fosforo son similares a los del río concho, sin embargo, las actividades mineras afectan incrementando los niveles de metales pesados en el río chihuahuense, en lo que puede enmascarar un proceso toxico, ya que las concentraciones de amonio y fosforo en ambos ríos son bajas, por lo que los efectos tóxicos en la fauna solo podrían deberse por un lado a plaguicidas agrícolas, o a metales pesados. En el caso del río conchos, la región debido a la zona desértica no es agrícola, y existe la mina pasta de conchos, por lo que el incremento de diversos metales pesados es la única explicación a la toxicidad de la cuenca.

En el estudio de González *et al.* (2015) estudiaron la cuenca del río Lerma también conocida como el sistema Lerma- Chapala-Santiago, donde analizaron la cuenca en una zona donde 2 500 industrias y casi 30 municipios vierten sus aguas residuales. En este estudio muestran los datos de referencia de la comisión nacional del agua en donde los criterios de clasificación de acuerdo a la DemandaBioquímica de Oxígeno, son Menor a 5 mg/L la clasificación es “Excelente” con una interpretación “No contaminada”, entre 5 y 10 mg/L la clasificación es “Buena Calidad” y la interpretación es de “Bajo contenido de



materia orgánica biodegradable”, entre los 10 y 30 mg/L la clasificación es aceptable con una interpretación “ Con indicio de contaminación, capacidad de autodepuración o descargas tratadas biológicamente.” Entre 30 y 120 mg/L la clasificación es “Contaminada” bajo la interpretación de “Descarga de aguas residuales crudas, principalmente municipales. Y por último criterio nos dice que Mayor a 120 mg/L la clasificación es “Fuertemente contaminada”, con una interpretación de “Descarga de aguas residuales crudas, municipales y no municipales”.

De acuerdo a estos criterios en nuestro trabajo en la época de secas la calidad del agua corresponde a excelente, es decir, no contaminada de acuerdo a las concentraciones de DBO, mientras que en la temporada de lluvia corresponde a entre buena calidad y aceptable, ya que los datos mostrados en la tabla 1, el valor mínimo para esta época del año es de 2.6 los valores intermedios son de 2.8, 5.8, 9, 10, y el valor más alto es de 15.

El río Atoyac en nuestra zona de estudio, presenta valores muy bajos comparados con el Lerma Santiago, que llega a alcanzar valores de DBO5 de hasta 285 mg/L lo que la ubica con una calidad de altamente contaminada. Lo que ubica el sistema como peligroso para la vida acuática.

En el estudio realizado por Mangas-Ramírez y Elías-Gutiérrez (2004), Realizado en el Río Atoyac y la presa de Valsequillo indican que las concentraciones de amonio que llegan a la presa superan los 60 mg/L, lo cual es letal para la vida acuática. De acuerdo a algunas observaciones el río Atoyac entre la unión del Zahuapan y la presa de Valsequillo no presenta fauna de vertebrados o macroinvertebrados además de los dípteros (larvas de mosquitos) a lo largo de un trayecto de 20km. Sin embargo, nuestro estudio realizado en la misma cuenca varios kilómetros al sur de este sitio muestra una buena calidad de agua, con una concentración de amonio máxima de 4 mg/L. Esto se explica debido a que la totalidad del agua que llega a Valsequillo se utiliza para la irrigación de más de 30 hectáreas en la zona de Tecamachalco. Por lo que el cauce después de la presa de Valsequillo se alimenta de manantiales que no han recolectado de la contaminación de las ciudades de Puebla y Tlaxcala. Por tal razón, la calidad del agua carece de contaminantes urbanos y permite la vida acuática en la zona del medio Balsas. Cabe mencionar que al realizar la desviación estándar con los valores de los parámetros físicos y químicos, entre las estaciones 1 y 2, se muestra que no hubo un efecto de la comunidad sobre los parámetros físicos y químicos entre ambas estaciones.

La conductividad mostro valores muy superiores para época lluviosa, este incremento puede atribuirse al aumento de la salinidad y al incremento del total de solidos disueltos ya que la presencia de sales en el agua permite una mayor transferencia eléctrica en el solvente por lo que esta variable nos indica la



presencia de sales como carbonatos y silicatos presentes a través del arrastre y disolución de sedimentos salinos en el cauce de agua.

El pH indica que estos valores alcalinos pueden deberse a que el cauce pasa por un sustrato regional donde hay rocas calizas de origen marino, por lo que estos valores concuerdan con lo esperado para esta zona y se corroboran con el incremento de la conductividad eléctrica y la salinidad así como por el total de sólidos disueltos que se incrementan en el periodo de lluvias.

Temperatura: Corresponde a la temporalidad ya que un caudal mayor propicia un descenso de la temperatura. Estos valores ubican al sistema como un sistema tropical donde la temperatura permite el desarrollo de fauna piscícola.

La demanda bioquímica de oxígeno se incrementó en el periodo de lluvias debido al arrastre de material particulado de naturaleza orgánica seguramente debido a la lixiviación que hace la escorrentía en los campos de cultivo. Este aumento se debe a el enriquecimiento de oxígeno debido al flujo del agua y es característico en aguas de escorrentía que carecen de contaminantes orgánicos. Ya que algunos campos de cultivo se fertilizan con heces fecales de ganado así como la saturación y desborde de fosas sépticas en la región deteriorando su calidad, este aumento corresponde con el incremento en la DBO, lo que implica que al aumentar la materia orgánica en descomposición, aumentan las coliformes presentes en el agua. Así mismo se observa que el incremento en las coliformes corresponde también con el aumento de la concentración de amonio, lo que sugiere que existe contaminación por materia fecal para el periodo de lluvias, que puede ser monitoreado, con la cantidad de coliformes presentes.

En el trabajo de Montelongo *et al.* (2007), evaluaron durante dos años la calidad del agua del río Tula, desde el emisor central hasta su confluencia con la presa Endhó y también hicieron una evaluación Biológica de los coniformes fecales que fueron detectados en valores desde  $2.1 \times 10^4$  hasta  $2.40 \times 10^{11}$  NMP (Número más probable)/100 ml. En general la toxicidad en las descargas de aguas residuales demostró que todas se presentan de moderada a alta. Comparando este estudio con el de nuestro trabajo se muestra que las coliformes fecales totales, tienen un aumento en el periodo de lluvias de hasta 425 y una disminución en el periodo de seca de hasta 28. Esto incide que la contaminación por coliformes fecales en el río de Tejalpa se considera de moderada a alta, al igual que en el trabajo de Montelongo.

Comparando nuestro estudio con el que realizaron Fuentes, *et al.* del 2007, donde evaluaron la calidad microbiológica del agua en las comunidades de la Aduana, Etchojoa y el Ejido Melchor Ocampo del sur de Sonora México, y encontraron para el análisis de Coliformes Totales y Fecales se observó que la Aduana y el Ejido Melchor Ocampo presentaron densidades altas de coliformes fecales, con el 99 % (83 muestras) y 86 % (72 muestras) de las muestras fuera de la norma,



respectivamente; los cuales deben ser ausentes en 100 mL. En la comunidad de Etchojoa sólo el 6 % de las muestras presentaron incidencia, lo cual se atribuye al proceso de desinfección con cloro. En relación a estos resultados podemos decir que la fuente de contaminación del agua de este río en estas zonas fue de origen fecal. Podemos decir que en la cuenca del río de Tejalpa, se ve moderadamente afectado por el pueblo comparado con los resultados que obtuvieron Fuentes et al., ya que en nuestros estudios de calidad de agua, nos indica que el río es de excelente calidad, sin embargo es recomendable tener un cuidado sanitario para consumo humano. Haciendo una comparación entre los dos periodos (secas y lluviosa), se encontró que si existe una diferencia significativa entre ambos periodos, con un valor de 0.012736, resaltando que en el periodo de lluvias se muestra una mayor concentración de coliformes fecales, de hasta 425 y una disminución en el periodo de seca de hasta 28.

## CAPITULO VIII



## CONCLUSIONES

- El agua del río de la comunidad de Tejalpa presenta una buena calidad en cuanto sus variables físicas y químicas.
- El río presenta una marcada variación en el volumen de agua que transporta entre la época de lluvias y secas de hasta veinte millones de metros cúbicos al día, lo que sugiere una gran crecida en la temporada de lluvias.
- El Río Atoyac en la zona de Santa Cruz Tejalpa es un sistema que presenta variaciones en la época de lluvias y secas debido a los cambios en el volumen del caudal.
- Dichos cambios no muestran indicios importantes de contaminación comparados con otros ríos mexicanos.
- Tampoco muestra la contaminación de la cuenca alta de la Atoyac, característica antes de la presa de Valsequillo debido al origen de la renovación del agua después de Valsequillo.
- Las coliformes se encontraron en mayor abundancia en temporada de lluvias debido al arrastre de heces fecales de los campos de cultivo y al desbordamiento de algunas fosas sépticas de la región, sin embargo se mantuvieron en un rango medio para esta época del año.

## CONSIDERACIONES FINALES.

Se recomienda evaluar la cantidad de sólidos suspendidos totales para las dos épocas del año, y poder realizar un balance de sedimentos que nos permita establecer que volumen de los mismos se transporta de acuerdo al cambio del caudal del agua dentro del área de estudio.

## Bibliografía.



Andrade B. y Guijon R. 2008. "Revisión crítica del marco institucional y legal chileno de ordenamiento territorial: el caso de la zona costera. Revista de Geografía Norte Grande, Chile. 41:23.

Bocco G. Priego A. y Cottler H. 2005. "La geografía física y el ordenamiento ecológico de territorio. Experiencias en México". Instituto Nacional de Ecología, México. 76:23-34.

Breña A, *et al.* 2006. "Fundamentos de la Hidrología Superficial". Universidad Autónoma Metropolitana. Cap. 2: 29.

Fernández N. Ramírez A. Solano F. 2015. "Índices fisicoquímicos de calidad del agua, un estudio comparativo. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua para La vida y el Desarrollo Sustentable.

F.E.A. A.C. 2006. "El Agua en México: Lo que todo y todas debemos saber". Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A. C. México D. F.

Gómez C.R. 2003. "Modelos conceptuales de Funcionamiento de Ríos y Arroyos".

Gross P. 1998. Ordenamiento Territorial: El Manejo de los Espacios Rurales. EURE Santiago. Vo. 2, n.73.

Chazaro S., López M. y Sanchez G. 1999. El agua en México. Editado por BANOBRAS y la Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México. pp.459.

Proyecto de Ley para la Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía, 2012.

Lavaderos G, *et al.* 1994. Hacia un Ordenamiento Ecológico- Administrativo del territorio Sistemas de información territorial. Santiago Chile.

Ludwing, J.A. y J.F. Reynolds. 1988. "Statistica ecology". Wiley, Nueva York, EEUU. pp. 337.





Mario A, *et al.* 2015. "Caracterización ambiental de la subcuencaumécuaro- loma caliente: distribución espacial de unidades ambientales homogéneas y relación con parámetros morfométrico". Facultad de Biología UMSNH, Instituto de investigaciones sobre los recursos naturales UMSNH, y Postgrado en ciencias ambientalesUASLP.

Mangas-Ramirez, E., Melo P., Gallardo A., Ortega PR., y Arriaga CB. 2015. "Estudio de procesos ecologicos y productivos de las riveras del rio Usila, Oaxaca Mexico". Dictamen Comision Federal de Electricidad Oaxaca Mexico. 54p.

Mangas-Ramirez E. y M EliasGutierrez, 2004. Effect of mechanical removal of water hyacinth (*Eichhorniacrassipes*) on the water quality and biological communities in a Mexican reservoir. Journal of aquatic Health and Management. 7. 161-168.

MERCK (1999). Manual para análisis de aguaSpectroquant NOVA 60. Editorial MERCK, Berlin.

Pérez C.A.G y Rodríguez A. 2008. "Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación". Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.

Pérez M.R.M. y Pineda. L.R. 2005. "Calidad Ambiental de Ríos y arroyos en el centro de México: Posibilidades para evaluar la integridad ecológica de microcuencas". Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Facultad de Ciencias Naturales Biología, Universidad Autónoma de Querétaro.

Sánchez S.M.T, y Palacio P.J.L. 2004. "La Experiencia Mexicana en la elaboración de los Programas Estatales de Ordenamiento Territorial, Diagnostico, Problemática y Perspectivas desde el punto de vista de la participación del Instituto de Geografía de la UMAN". Instituto de Geografía de la UNAM, Coyoacán México. 53.

Schumm, S.A. 1977. The Fluvial System. Wiley-Interscience, E.U.A., 338p.

Torres P. Heinan C.C. y Patiño P.J. 2009. "Índices de Calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano, una revisión crítica". Revista Ingenierías, Universidad De Medellín.



VANNOTE, R.L. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.

Venegas R.F. y Rojas I.R. 2009. "Teoría y Práctica del Ordenamiento y Manejo Sustentable del Territorio: Tijuana- Rosarito Tecate, Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California, México". Universidad Autónoma de Baja California, México. Vol. 20, no 3-2009; 73-87.

Citas en web:

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21157a.html>

Tehuizingo.(s.f) recuperado en junio 2015.