



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**



## **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD DURANGO**

**Actividad antropogénica en un ecosistema ripario: La barranca de San  
Quintín, Durango, México.**

### **TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTA

**KARLA YATZIRI VALLES ARRIAGA**

DIRECTORA: DRA. MARIA ELENA PEREZ LOPEZ

CO-DIRECTORA: DRA. YOLANDA LIRA

Victoria de Durango, Dgo. A



SIP-13-BIS

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS  
Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS*

México, D.F. a 01 de junio del 2018

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN Durango en su sesión ordinaria No. 4 celebrada el día 04 del mes de mayo conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

<u>VALLES</u>	<u>ARRIAGA</u>	<u>KARLA YATZIRI</u>							
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre (s)							
Con registro:									
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">B</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">6</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">7</td> <td style="padding: 2px 5px;">9</td> <td style="padding: 2px 5px;">5</td> </tr> </table>			B	1	6	0	7	9	5
B	1	6	0	7	9	5			

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:  
**Actividad antropogénica en un ecosistema ripario: La barranca de San Quintín, Durango, México**

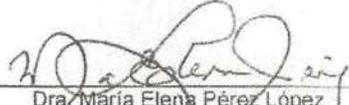
De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:  
Dra. María Elena Pérez López y Dra. Yolanda Lira

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:  
El CIIDIR-IPN Unidad Durango  
que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

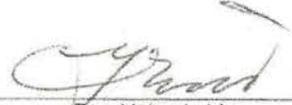
4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis

  
Dra. María Elena Pérez López

Aspirante

  
Ing. Karla Yatziri Valles Arriaga

  
Dra. Yolanda Lira

Presidente del Colegio

  
Dr. Eduardo Sánchez  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD DURANGO  
IPN.



SIP-14-BIS

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 14:00 horas del día 4 del mes de junio del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del: CIIDIR-IPN Unidad Durango para examinar la tesis titulada:

**Actividad antropogénica en un ecosistema ripario: La barranca de San Quintin, Durango, México**

Presentada por el alumno:

**VALLES**

**ARRIAGA**

**KARLA YATZIRI**

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Con registro: 

B	1	6	0	7	9	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISIÓN REVISORA**

Directores de tesis

Dra. María Elena Pérez López

Dra. Yolanda Lira

Dr. Ignacio Villanueva Fierro

M. en C. Sergio A. Flores Castro

Dr. Marco Antonio Garzón Zúñiga

**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**

Dr. Eduardo Sánchez Ortiz





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de Durango, Dgo., el día **04** del mes de **mayo** del año **2018**, la que suscribe **Karla Yatziri Valles Arriaga** alumna del Programa de **Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental**, con número de registro **B160795**, adscrita al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. CIIDIR-IPN Unidad Durango**, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **Dra. María Elena Pérez López** y de la **Dra. Yolanda Lira** y cede los derechos del trabajo titulado “**Actividad antropogénica en un ecosistema ripario: La barranca de San Quintín, Durango, México**”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones [karla\\_valless@hotmail.com](mailto:karla_valless@hotmail.com), [maelena0359@yahoo.com](mailto:maelena0359@yahoo.com) y [yliraipn@hotmail.com](mailto:yliraipn@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop followed by several vertical strokes, is positioned above a horizontal line.

**KARLA YATZIRI VALLES ARRIAGA**

El presente trabajo fue desarrollado en la academia de Ciencias Ambientales en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, dependiente del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR Durango), como parte del proyecto ***“Efecto de la Gestión de las Aguas Residuales Domésticas sobre la Salud Ambiental en la Cuenca San Pedro-Mezquital y Medidas de Mitigación”***, clave 214849; con el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), bajo la dirección de la Dra. María Elena Pérez López.

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mis padres Rubén Valles y Marina Arriaga, que siempre están a mi lado, que me apoyan incondicionalmente. Gracias por su cariño y esfuerzo día con día para enseñarme con el ejemplo que después del trabajo siempre se obtiene una recompensa.*

*A mis abuelos, que son la raíz más profunda de mí ser y aunque no todos están aquí sé que mis logros se festejan en el cielo.*

## AGRADECIMIENTOS

Un inmenso agradecimiento a mis Padres, Rubén Valles & Marina Arriaga, que son un pilar firme en el cual siempre puedo apoyarme, que me dan fuerzas para seguir adelante.

A mis hermanas y sobrino por ser mi fortaleza e impulsarme en todo momento, por creer en mí siempre y festejar mis logros.

A mi familia que apoya mis ideas e impulsa mis sueños de crecer. Resaltando a mi cómplice eterna Lorena Valles.

A mi directora de tesis la Dra. María Elena Pérez López, por el infinito apoyo brindado para la realización de este proyecto de tesis. Doctora gracias infinitas por su paciencia, enseñanzas, confianza y consejos que me enriquecieron profesionalmente, pero sobre todo gracias por brindarme su amistad. Por compartir conmigo momentos que enriquecieron tanto mi vida profesional como personal, no tengo forma de agradecer la oportunidad que se me brinda. Ser su alumna ha sido una muy grata experiencia.

A la Dra. Yolanda Lira, por la ayuda brindada para la realización de esta tesis. Muchas gracias doctora por todo el apoyo, paciencia y consejos tanto profesionales como personales.

Al Dr. Ignacio Villanueva Fierro por sus comentarios y observaciones del trabajo de tesis.

Al M. en C. Sergio Alejandro Flores por su colaboración en la realización de este proyecto de investigación.

Al Dr. Marco Antonio Garzón por sus comentarios y observaciones que enriquecieron el trabajo de tesis.

A la Academia de Ciencias Ambientales del CIIDIR-IPN quienes me enseñaron y me encaminaron para realizar investigación.

A Ariana Arreola y Gerardo Magallón por el apoyo, trabajo y amistad compartidos tanto en el laboratorio como en los muestreos del proyecto.

A mis compañeros de laboratorio; Felipe Carmona, Dra. Judith Amador, Angélica López, que colaboraron con la realización de esta tesis así como compartieron su amistad, fue un placer compartir con ustedes.

A mis compañeros de aula y amigos que estuvieron en los buenos y en los malos momentos que se presentan en la vida ya que sin ellos hubiera sido más difícil el camino hacia este triunfo en especial a Eliana.

A Lupita Hernández por su amistad y colaboración en la realización de encuestas.

Agradezco a CONACYT por la beca otorgada para realizar mis estudios de la Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental.

Sabiendo que no existen palabras para agradecer el constante apoyo y confianza de todas las personas involucradas en este proyecto de tesis, solo queda decir que este logro también ha sido suyo.

**ÍNDICE**

ÍNDICE DE TABLAS .....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
2.1 Generalidades .....	3
2.2 El ciclo del agua .....	3
2.2.1 Subsistema atmosférico .....	4
2.2.2 Subsistema del agua superficial .....	4
2.2.3 Subsistema del agua subterránea .....	4
2.3 Contaminación del agua.....	4
2.4 Calidad de agua .....	5
2.4.1 Características físicas del agua.....	5
2.4.2 Características químicas .....	6
2.4.3 Características biológicas.....	6
2.5 El agua y su distribución en el mundo.....	6
2.6 El agua en México.....	7
2.7 Usos del agua en México .....	8
2.8 Cuenca hidrológica.....	9
2.9 Cuencas y regiones hidrológicas de México .....	11
2.10 Relación socio-ecosistémica.....	11
2.11 Servicios ecosistemicos .....	11
2.11.1 Servicios de provisión.....	12
2.11.2 Servicios de regulación .....	12
2.11.3 Servicios de soporte .....	12

---

2.11.4	Servicios culturales.....	12
2.12	Turismo .....	12
2.13	Impacto en la naturaleza.....	13
2.14	Ecosistema ripario .....	14
2.15	Caudal ecológico .....	16
2.16	Modificación de caudales.....	17
2.17	Relaciones lluvia escurrimiento.....	18
2.18	Medición del caudal .....	19
2.19	Diagrama Triangular de Piper .....	20
III.	JUSTIFICACIÓN .....	22
IV.	HIPÓTESIS .....	23
V.	OBJETIVOS .....	24
5.1.	Objetivo general .....	24
5.2.	Objetivos específicos .....	24
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
6.1	Caracterización del sitio .....	25
6.1.1	Ubicación de la Barranca de San Quintín.....	25
6.1.2	Caracterización.....	25
6.2	Determinación de las fechas de muestreo .....	26
6.3	Criterios para la selección de los puntos de muestreo .....	26
6.4	Muestreo .....	28
6.5	Análisis de calidad de agua.....	29
6.5.1	Valores de pH y conductividad eléctrica (CE).....	29
6.5.2	Determinación de solidos .....	29
6.5.3	Determinación de coliformes fecales .....	30

---

6.5.4	Aniones y cationes.....	30
6.6	Análisis de familias hidroquímicas y procedencia del agua.....	31
6.6.1	Familias hidroquímicas .....	31
6.6.2	Procedencia del agua .....	31
6.7	Análisis de cantidad de agua .....	31
6.7.1	Escurrimiento máximo crecida.....	33
6.7.2	Relación lluvia escurrimiento .....	33
6.8	Las actividades agrícolas en la barranca.....	34
6.9	Análisis de información .....	35
VII.	RESULTADOS .....	37
7.1	Caracterización del sitio .....	37
7.2	Análisis de calidad de agua.....	43
7.3	Análisis de familias hidroquímicas y procedencia del agua.....	51
7.3.1.	Familias hidroquímicas .....	51
7.3.2.	Análisis de la procedencia del agua .....	52
7.4	Análisis cantidad de agua .....	54
7.5	Relación lluvia escurrimiento.....	56
7.6	De las actividades agrícolas.....	57
7.7	Visión a futuro del uso del agua .....	59
VIII.	CONCLUSIONES .....	61
IX.	Bibliografía.....	63
X.	ANEXOS .....	67

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> Diagrama del Ciclo Hidrológico .....	3
<b>Figura 2</b> Distribución de volumen concesionado por usos agrupados consuntivos en México, 2015 .....	8
<b>Figura 3</b> Superficie agrícola anual sembrada en Nombre de Dios .....	9
<b>Figura 4</b> Estructura de un ecosistema ripario .....	14
<b>Figura 5</b> Diagrama de los impactos en los ecosistemas riparios .....	15
<b>Figura 6</b> Diagrama de la importancia del régimen de caudales.....	16
<b>Figura 7</b> Diagrama de Piper.....	21
<b>Figura 8</b> Diagrama de los puntos de muestreo.....	27
<b>Figura 9</b> Mapa de puntos de muestreo.....	28
<b>Figura 10</b> Diagrama corte transversal del río.....	32
<b>Figura 11</b> Uso de suelo y vegetación en el ejido Ignacio Zaragoza.....	35
<b>Figura 12</b> Ubicación Geográfica de la Barranca de San Quintín .....	37
<b>Figura 13</b> Ubicación hidrológica de la barranca de San Quintín.....	38
<b>Figura 14</b> Humedad del suelo en la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión .....	39
<b>Figura 15</b> Temperatura media de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión .....	40
<b>Figura 16</b> Unidades climáticas de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión .....	40
<b>Figura 17</b> Edafología de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión .....	41
<b>Figura 18</b> Corrientes de agua de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión.....	42
<b>Figura 19</b> Mapa de uso de suelo y vegetación de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión.....	43
<b>Figura 20</b> Parámetros estandarizados por muestreo, para ver su respuesta en los diferentes temporadas.....	44
<b>Figura 21.</b> Cambios de pH en tiempo y espacio .....	45
<b>Figura 22.</b> Cambios de CE en Tiempo y espacio. ....	46
<b>Figura 23</b> Cambios en los sólidos totales encontrados por tiempo y espacio.....	47
<b>Figura 24</b> Cuantificación de CF en Tiempo y espacio. ....	48
<b>Figura 25</b> Cambios en la concentración de flúor en tiempo y espacio.....	50
<b>Figura 26</b> Diagrama de Piper comparación hidroquímica en tiempo y espacio. ....	51
<b>Figura 27</b> Diagrama de Piper comparación hidroquímica de la Barranca y los pozos aledaños.....	52

---

<b>Figura 28</b> Ubicación geográfica de los pozos aledaños a la barranca.....	53
<b>Figura 29</b> Profundidad a nivel estático (m) 2010. ....	53
<b>Figura 30</b> Diagrama de los flujos de salida de agua de la barranca. ....	55
<b>Figura 31</b> Grafica de la relación lluvia escurrimiento. ....	56
<b>Figura 32</b> Diagrama de la gestión del ecosistema ripario. ....	59

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Valores promedio y desviación estándar (n=12) de aniones y cationes por muestreo .....	49
<b>Tabla 2</b> Cantidad de agua de la barranca de San Quintín .....	54
<b>Tabla 3</b> Balance de escurrimiento.....	54

## RESUMEN

En este trabajo se determinan las modificaciones que se presentan en la calidad y la cantidad de agua de la parte alta del ecosistema ripario de *La barranca de San Quintín en Nombre de Dios, Durango*. Dicho ecosistema es alimentado por agua subterránea. Para ello se establecieron cuatro fechas de muestreo durante un año (abril, julio, octubre y enero) y una más en abril del año siguiente, se establecieron seis sitios de muestreo dentro de la cuenca de la barranca, conforme a las principales entradas y salidas de agua identificando los cambios en la aportación de agua subterránea. Los parámetros analizados en cada muestreo fueron; pH, CE, Temperatura, Coliformes fecales, Sólidos totales, cationes ( $\text{Na}^{+1}$ ,  $\text{K}^{+1}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) y aniones ( $\text{F}^{-1}$ ,  $\text{Cl}^{-1}$ ,  $\text{Br}^{-1}$ ,  $\text{NO}_3^{-1}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ). Se usó la prueba de medias LSD de Fisher, para identificar diferencias significativas entre los parámetros con respecto a las temporadas de muestreo. Se determinó que existen diferencias significativas en todos los parámetros excepto magnesio. La calidad del agua subterránea que alimenta al ecosistema; cumple en general con los estándares de calidad, excepto por el contenido de  $\text{F}^{-1}$  que sobrepasa el límite permitido por la NOM-127-SSA1-1994 y el contenido de coliformes fecales que aumenta con la interacción del agua y el ecosistema ripario. Se cuantificó que en temporada de sequía (abril), el 85% del agua subterránea que alimenta al ecosistema, es desviada para uso agrícola y el principal destino es: producción de maíz, frijol y tomate. Lo anterior propicia una disminución paulatina en la cantidad de agua que alimenta al ecosistema, sufriendo deterioros que disminuyen la flora y fauna silvestre. Se elaboró un instrumento para determinar la influencia de la actividad antropogénica (agricultura) en el ecosistema y se observó el incremento de la cantidad de residuos sólidos contaminantes por la interacción humana, corroborándose con el instrumento diagnóstico aplicado a los ejidatarios. En general se observó un impacto ambiental debido al uso inadecuado del agua y el deterioro del ecosistema ripario.

*Palabras clave:* Ecosistema ripario, actividad antropogénica, agua subterránea, calidad y cantidad de agua.

---

## ABSTRACT

In this work, we determine the changes that occur in the quality and quantity of water in the upper part of the riparian ecosystem of La Barranca de San Quintín in Nombre de Dios, in the state of Durango, Mexico. This ecosystem is fed by groundwater. For this, four sampling dates were established during one year (in April, July, October, and January) and one more in April of the following year, six sampling sites were established within the basin of the ravine, according to the main inputs and outputs of water identifying changes in the contribution of groundwater. The parameters analyzed in each sampling were; pH, EC, Temperature, Fecal coliforms, Total solids, cations ( $\text{Na}^{+1}$ ,  $\text{K}^{+1}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) and anions ( $\text{F}^{-1}$ ,  $\text{Cl}^{-1}$ ,  $\text{Br}^{-1}$ ,  $\text{NO}_3^{-1}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ). Using a test Fisher's LSD to identify significant differences between the parameters with respect to the sampling seasons. It was determined that there are mayor differences in all parameters except magnesium. The quality of the groundwater that feeds the ecosystem; complies in general with quality standards, except for the FI-1 content that exceeds the limit allowed by NOM-127-SSA1-1994 and the fecal coliform content that increases with the interaction of water and the riparian ecosystem. It was quantified that in the dry season (April), 85% of the groundwater that feeds the ecosystem, is diverted for agricultural use and the main destination is: production of corn, beans and tomatoes. The previous propitiates a gradual decrease in the amount of water that feeds the ecosystem, suffering deteriorations that diminish the flora and wild fauna. An instrument was developed to determine the influence of anthropogenic activity (agriculture) on the ecosystem and the increase of the amount of solid waste was observed by human interaction, corroborated with the diagnostic instrument applied to the shareholder of common land. In general, an environmental impact was observed due to the inadequate use of water and the deterioration of the riparian ecosystem.

Key words: Riparian ecosystem, anthropogenic activity, groundwater, quality and quantity of water.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso de gran importancia para el desarrollo de la sociedad, en el ciclo hidrológico los ríos son una pieza fundamental. Debido a que estos son los encargados de drenar el agua, en forma de escurrimiento superficial. Los ecosistemas que se desarrollan a lo largo de los ríos son denominados riparios. Los cuales son un punto de transición entre el ecosistema terrestre y acuático (Granados-Sánchez *et al* 2005).

Estos ecosistemas son importantes debido a los diversos servicios ambientales que proveen, como lo son: el auxilio en los ciclos biogeoquímicos, provisión de hábitat para flora y fauna silvestre, disminución de la erosión, aumento en el nivel de bienestar social al proporcionar áreas de recreo, agua para actividades agropecuarias entre otros.

Sin embargo y a pesar de su importancia, los ecosistemas riparios han sufrido diversos impactos (Piña, 1990), que van desde; la alteración de la calidad de agua que los alimenta, la modificación de los cauces naturales, la tala de sus bosques para obtención de madera o para cambios de uso de suelo, el tránsito excesivo (urbanismo) que disminuye la generación de arbolado de renuevo y aumenta la contaminación por residuos sólidos. Otros impactos que alteran a dichos ecosistemas son la introducción de especies exóticas.

Con el fin de conservar la estructura e integridad de los ríos se ha creado el concepto de caudal ecológico; el cual es un instrumento de gestión que consiste en establecer una cantidad de agua al río de acuerdo a las necesidades que este tenga en las distintas temporadas del año, para la Cuenca San Pedro Mezquital, fue establecido en 2010, por la WWF, siendo el primero para las cuencas en México.

La barranca de San Quintín, Nombre de Dios, Durango (parte alta) es el ecosistema ripario mejor conservado de la cuenca del río San Pedro Mezquital. A pesar de ello el ecosistema ha sufrido deterioros en los últimos años. Esto se puede observar en la mortandad de arbolado, disminución de manantiales que abastecen de agua a este ecosistema y aumento en la concentración de residuos sólidos

Aunado a lo anterior y debido a la tendencia agrícola y ganadera del estado y a que ha sido declarado “Pueblo Mágico” el poblado de Nombre de Dios, donde es promovido como sitio turístico, lo cual aumentará la afluencia de visitantes a la barranca. El trabajo pretende favorecer la conservación y restauración del ecosistema, al Identificar: la cantidad y calidad del agua que lo alimenta en las distintas temporadas del año y a la detallar la influencia de las actividades antropogénicas sobre el mismo. Lo cual servirá como base para implementar posteriormente un plan de manejo del caudal ecológico que debe de tener el río, a la vez que se conserve el ecosistema ripario y con ello proporcionar beneficios que serán útiles para los habitantes de la región.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Generalidades

El agua es considerada un recurso de gran importancia debido a que el desarrollo de la sociedad y de la vida está ligado a la disponibilidad de este recurso, es considerada un derecho humano (UNAM, Red del agua, 2015). El ciclo natural del agua permite la purificación de ésta, sin embargo, la velocidad con que se lleva a cabo este ciclo no coincide con la velocidad en que hacemos uso del recurso.

### 2.2 El ciclo del agua

El ciclo hidrológico es considerado de escala global y se puede dividir en tres etapas: subsistema atmosférico, subsistema de agua superficial y en un subsistema de agua subterránea, cada subsistema presenta una capacidad de retención de agua durante un determinado intervalo de tiempo como se muestra en la **figura 1** (Ordoñez G., 2011).

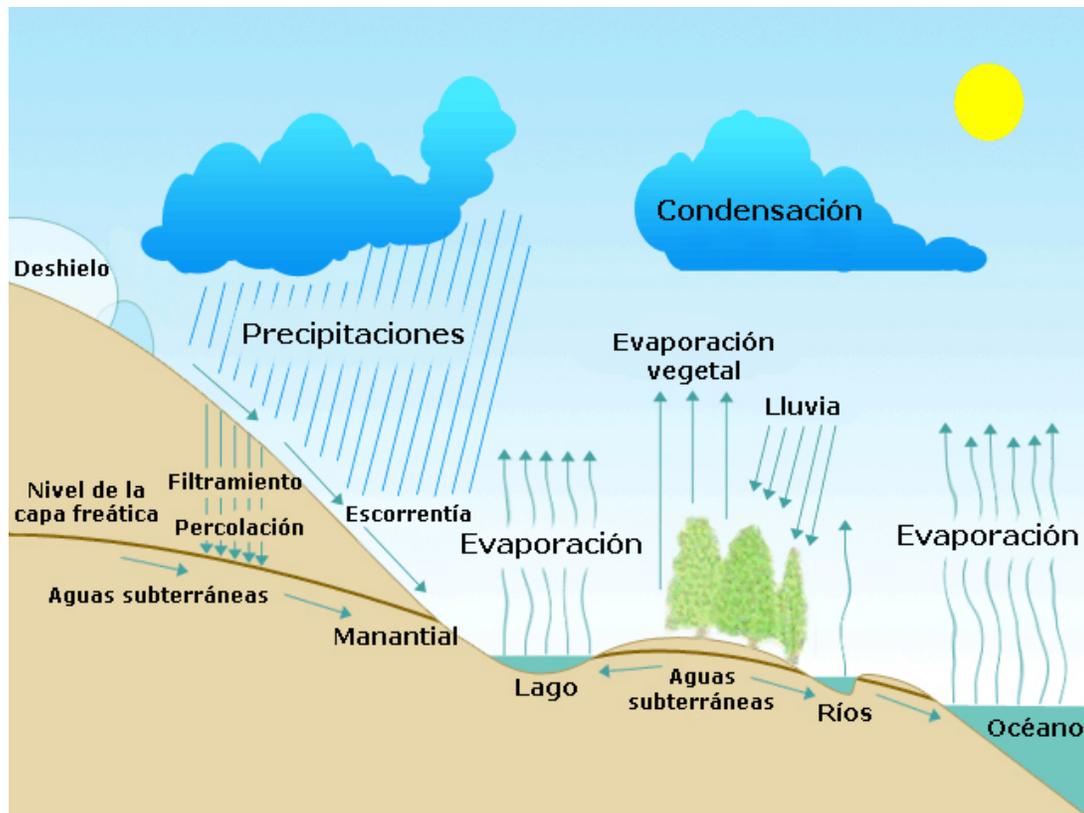


Figura 1 Diagrama del Ciclo Hidrológico

La cantidad de agua existente en el planeta, ha sido la misma siempre. Sin embargo el uso de esta y la falta de tratamiento posterior a su uso ha provocado que disminuya la calidad de esta, el ciclo hidrológico se divide en tres secciones (CONAGUA, 2007):

### **2.2.1 Subsistema atmosférico**

Esta parte del ciclo suministrada por vapor que llega a la atmósfera en forma de evaporación y/o evapotranspiración, este vapor se acumula hasta encontrar las condiciones adecuadas de precipitación.

### **2.2.2 Subsistema del agua superficial**

Esta parte del ciclo está conformada por cualquier cuerpo de agua abierto a la atmósfera, capas de fluir o permanecer en reposo. Estas corrientes se alimentan de la descarga de los mantos freáticos y por la precipitación, directa parte de la precipitación después de mojar la cobertura vegetal y llegar a la superficie terrestre corre por esta debido a la pendiente del suelo constituyendo de esta forma al escurrimiento superficial (Ordoñez G., 2011).

### **2.2.3 Subsistema del agua subterránea**

La principal entrada de agua al subsistema subterráneo es la infiltración, de acuerdo a las condiciones del terreno una parte del volumen infiltrado percola a mayor profundidad lo cual permite su llegada a la región de almacenamiento subterráneo el cual puede abarcar grandes extensiones hasta actuar como una salida de agua en el océano.

## **2.3 Contaminación del agua**

El agua dulce en el mundo ha tenido una disminución. Una visión para el futuro nos dice que en para el año 2025 más del 60% de la humanidad sufrirá estrés por falta de este líquido (Simonovic, 2000).

La calidad de agua de un río puede sufrir impactos de una forma más rápida debido a que el tiempo de interacción con el medio ambiente, mientras que el agua subterránea sufre cambios paulatinos debido al periodo de infiltración, otro factor que influye en la contaminación del agua subterránea es el tipo de suelo.

## **2.4 Calidad de agua**

La definición de calidad de agua es muy relativa. Existen ciertos requisitos que deben cumplir las aguas subterráneas y superficiales para ser utilizadas ya sea para recreación, agricultura, ganadería, industria, etc. (Moncada, 1999), Por lo cual el concepto calidad de agua se ve modificado de acuerdo al uso que se le va a dar a este recurso (Vargas, 2004). Las actividades antropogénicas a su vez pueden afectar la calidad de agua, algunas de las características que se pueden ver afectados son:

### **2.4.1 Características físicas del agua**

- **Sólidos**

Los sólidos son los residuos obtenidos después de evaporar y secar una muestra de agua. Estos se pueden encontrar: suspendidos o disueltos (CONAGUA, 2016).

Una alta concentración de sólidos puede traer distintas consecuencias, en el caso de las sales disueltas puede resultar en la salinización del suelo, en el caso de la materia orgánica puede resultar en la eutrofización de los ríos, lo que conlleva a la generación de algas que influyen en la cantidad de oxígeno disuelto.

- **pH**

Es la forma de expresar la concentración de  $H^+$  en una solución (Sienko & Plane , 1961), este parámetro influye en fenómenos como incrustaciones en las tuberías de distribución y la corrosión por ello es un parámetro de importancia (Vargas, 2004), los valores altos y bajos de pH son tóxicos para organismos acuáticos, ya sea directamente o indirectamente. En las aguas naturales y residuales el valor del pH está en el rango de 6.0 a 8.0 unidades de pH, y estos valores son los más adecuados para la actividad biológica de los ecosistemas.

- **Temperatura**

La temperatura es un parámetro importante debido a que influye directamente en la aceleración o retardo de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos. Existen múltiples factores, que pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente (Vargas, 2004).

## **2.4.2 Características químicas**

### **▪ Conductividad eléctrica**

La conductividad es una expresión numérica la cual indica la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica (Sienko & Plane , 1961). Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura. Una conductividad alta en agua utilizada para riego puede ocasionar salinización de los suelos, mientras que en un sistema de riego puede ocasionar incrustación de sales en las tuberías.

## **2.4.3 Características biológicas**

### **▪ Patógenos**

La presencia de patógenos en el agua siempre está latente estos patógenos abarcan una gran variedad de microorganismos desde protozoos, amebas virus y bacterias. Debido a la poca factibilidad de realizar análisis para detectar todo tipo de patógenos, la contaminación microbiológica se estima con métodos indirectos como la medición de coliformes en una muestra de agua. Dada la limitada capacidad de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el tiempo transcurrido desde que se produjo la contaminación fecal (Figueruelo & Marino , 2001).

## **2.5 El agua y su distribución en el mundo**

En general, el 97.5% del agua que existe en la naturaleza es salada y esta almacenada en los océanos y algunos lagos salados. Solamente el 2.5% restante es agua dulce, y alrededor del 69% de esta se encuentra almacenada en glaciares y casquetes polares por lo cual no se encuentra disponible para abastecer las necesidades hídricas, el resto de agua dulce se encuentra dividida entre ríos y lagos superficiales con el 1% y agua subterránea con el 30% restante, por lo cual podemos decir que del total de agua dulce disponible en el mundo alrededor del 98% es agua subterránea (Clarke & King, 2004).

Algunas evaluaciones de especialistas mencionan que al menos dos terceras partes de la humanidad sufrirá algún estrés por falta de este líquido en el año 2025 (Toledo, 2002).

## **2.6 El agua en México**

En México se reconoce al agua como un asunto estratégico y de seguridad nacional y es un elemento central de la política ambiental, es considerada propiedad de la nación por ello corresponde al poder ejecutivo su administración.

Instrumentos de gestión del agua.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), tiene como fin preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para su administración sustentable y garantizar la seguridad hídrica con la responsabilidad de los órdenes de gobierno y la sociedad en general (CONAGUA, 2016).

- **Marco jurídico para el uso de las aguas nacionales**

Mediante la Ley de Aguas Nacionales (LAN) establece que la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante títulos de concesión o asignación otorgados por el Ejecutivo Federal a través de la Conagua.

- **Economía y finanzas del agua**

Las personas físicas y morales están obligadas al pago del derecho sobre las aguas nacionales que usen, exploten o aprovechen, bien sea de hecho o al amparo de títulos de asignación, concesión, autorización o permiso otorgados por el Gobierno Federal. También aquéllas que descarguen en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como en los suelos o las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

- **Mecanismo de participación**

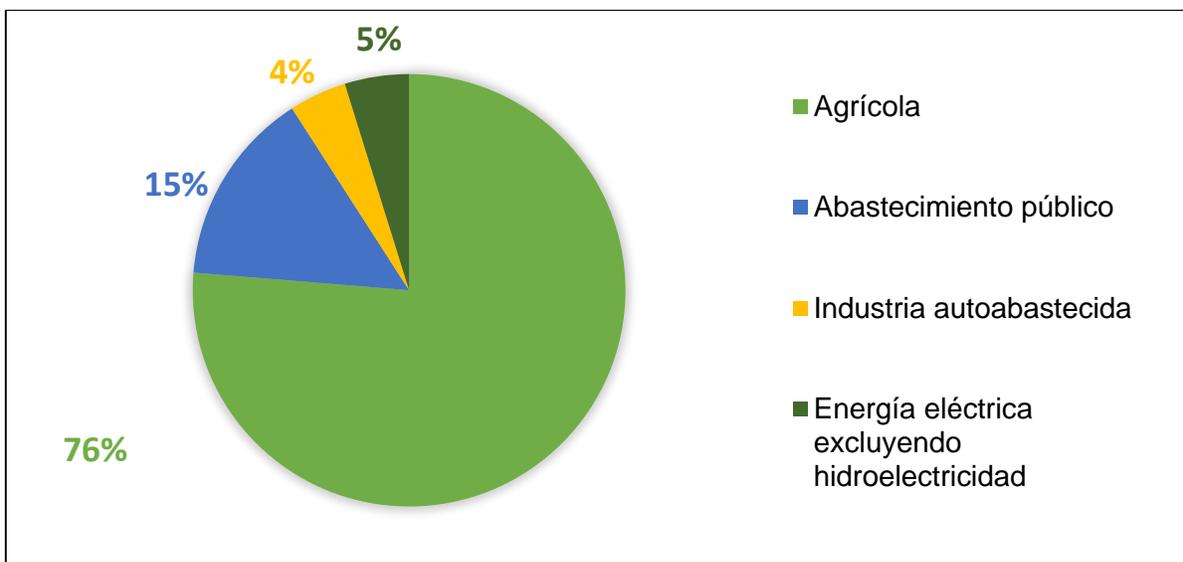
La LAN establece que los consejos de cuenca son órganos colegiados de integración mixta, que serán instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría entre la CONAGUA.

#### ▪ Normas Oficiales Mexicanas

Debido a la transversalidad del sector hídrico, existen diversas normas aplicables al tema del agua. Cabe destacar que, conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, en tanto que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria.

### 2.7 Usos del agua en México

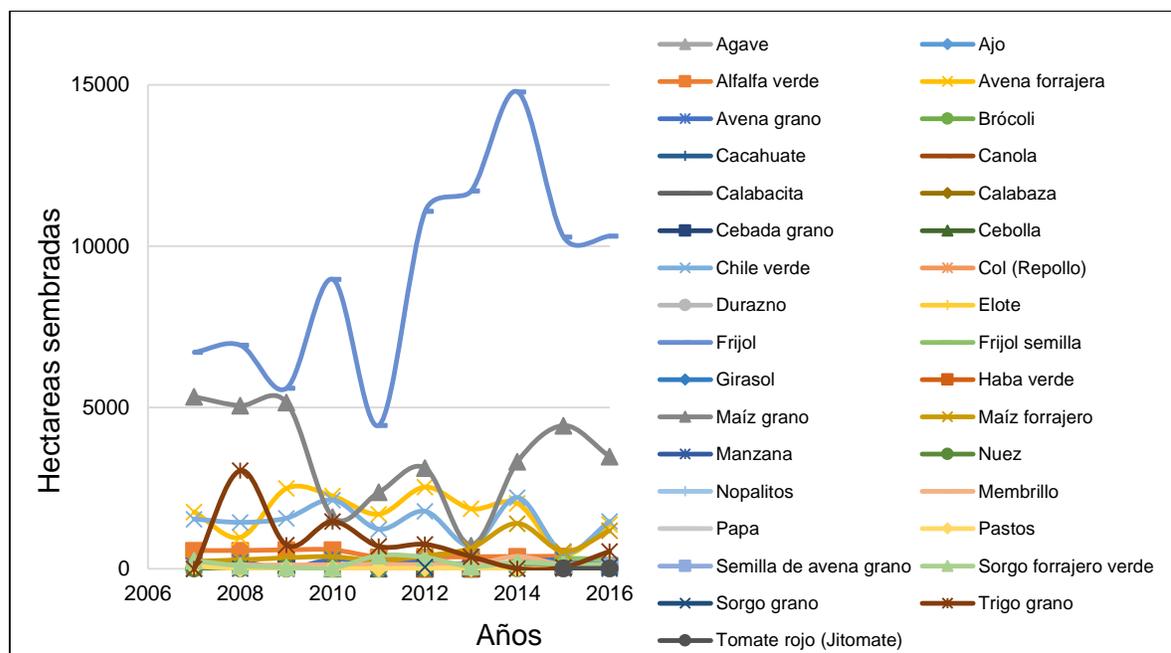
El agua es empleada de diversas formas en todas las actividades humanas, en México el uso del agua se divide en cuatro usos agrupados consuntivos; agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y energía eléctrica sin contemplar la hidroelectricidad. Como se muestra en la **figura 2** el mayor consumidor de agua del país es el uso agrícola, que consumió en el 2015, 65.36 miles de hm<sup>3</sup> de las cuales el 64.07% fue de origen superficial y el 35.93% restante fue de origen subterráneo (CONAGUA, 2016).



**Figura 2** Distribución de volumen concesionada por usos agrupados consuntivos en México, 2015

Conforme a la encuesta nacional de ocupación y empleo en 2015 el 13.4% de la población económicamente activa se dedicaba a actividades agropecuarias (CONAGUA, 2016). El estado de Durango al igual que el resto del país concesiona el mayor volumen de agua para uso agrícola, en el 2015 el 87.3% del agua concesionada fue destinada a uso agrícola.

El municipio de Nombre de Dios al igual que el resto del estado tiene tendencia agrícola en la **figura 3** se muestra un historial de la producción agrícola del municipio en el periodo 2006 al 2016 con información obtenida del Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP) en el año 2017.



**Figura 3** Superficie agrícola anual sembrada en Nombre de Dios

## 2.8 Cuenca hidrológica

Una cuenca es el territorio idóneo para gestionar el agua y los recursos naturales asociados a ella, la gestión de una cuenca requiere herramientas de planeación además, instrumentos de política y sistemas de participación social para desarrollar un plan de aprovechamiento integral del recurso (Maass Moreno, 2015), otras definiciones indican que: la cuenca es la superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose

generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano.

La cuenca hidrológica, junto con los acuíferos, son las unidades fundamentales de la hidrología. Desde el punto de vista de su salida existen dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006).

- Cuenca endorreica: el punto de salida se ubica dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago.
- Cuenca exorreica: el punto de salida se localiza en los límites de la cuenca y a su vez la descarga se vierte en una corriente o en el mar.

#### Características fisiográficas de una cuenca

El ciclo hidrológico es la pieza fundamental del desarrollo de una cuenca, debido a que la precipitación es un estímulo para la formación de cuencas, la cuenca responde a esto mediante el escurrimiento considerado como su salida, entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos los cuales se determinan por las características geomorfológicas de la cuenca y su urbanización, dichas características se clasifican en dos tipos: las que condicionan el volumen de escurrimiento, como el área de la cuenca y el tipo de suelo y las que condicionan la velocidad de respuesta como lo son: el orden de corrientes, la pendiente de la cuenca y los cauces (Aparicio Mijares , 1992), las características fisiográficas más importantes son:

- Parteaguas. Línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa dos cuencas adyacentes.
- Área de la cuenca. Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.
- Corriente principal. Es la corriente de mayor longitud que pasa por la salida de la cuenca hidrológica.
- Corrientes tributarias. Serie de corrientes tributarias con un diferente grado de bifurcación.
- Orden de corrientes. Se determina a partir del grado de bifurcación de las corrientes tributarias.

## **2.9 Cuencas y regiones hidrológicas de México**

A partir del concepto de cuenca hidrológica diferentes organismos federales, encargados de la gestión de recurso agua México se ha dividido en 13 regiones hidrológico-administrativas, las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento además de favorecer la integración de los Consejos de Cuenca y la participación de los usuarios.

Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas, sus límites respetan los municipales, para facilitar la administración e integración de la información socioeconómica (CONAGUA, 2012).

## **2.10 Relación socio-ecosistémica**

La interacción existente entre los factores bióticos, abióticos y el ser humano es una relación socioecosistémica, y el estado de conservación del ecosistema en el que se desarrolla dicha interacción puede verse afectado debido a los cambios en la estructura del ecosistema (Maass Moreno, 2015).

## **2.11 Servicios ecosistémicos**

Se sabe que los seres humanos están en constante contacto con diversos organismos y componentes bióticos y abióticos que hacen posible nuestra sobrevivencia mediante múltiples procesos biogeoquímicos que mantienen el soporte de vida del planeta. Se considera que el desmantelamiento progresivo por parte de los seres humanos al sistema de soporte de vida, es la raíz principal de la crisis ambiental que se vive a nivel global, ejemplos de ello son la erosión, la pérdida de biodiversidad y por ende la transformación de ecosistemas. Los servicios ecosistémicos están divididos en (Maass Moreno, 2015):

### **2.11.1 Servicios de provisión**

Estos servicios son los que como su nombre lo dice; proveen a la humanidad de recursos aprovechables como; alimentos, agua, madera, etc. Es decir, todos aquellos recursos tangibles. Este tipo de servicios son considerados fundamentales para el desarrollo humano, ya que originan diversas fuentes de trabajo como lo son; agricultura, pesca y ganadería.

### **2.11.2 Servicios de regulación**

Los principales beneficios de estos servicios son el control de inundaciones, erosión del suelo, niveles freáticos además de la intrusión salina en las cuencas exorreicas, ejemplo de ello es la salida de la cuenca San Pedro Mezquital, el cual es una gran arteria que mantiene el necesario equilibrio de salinidad de los humedales de Marismas Nacionales, que albergan el manglar más extenso del Pacífico mexicano el cual es una barrea protectora ante huracanes (WWF, 2012)

### **2.11.3 Servicios de soporte**

Son los procesos básicos que mantienen al ecosistema en equilibrio; tales como la humedad atmosférica, precipitación, intercepción, infiltración, percolación, almacenaje de agua en el suelo, escorrentía superficial y subterránea, evaporación, transpiración, recarga de acuíferos, etc.

### **2.11.4 Servicios culturales**

Este tipo de servicios son los que se pueden identificar físicamente como la belleza escénica de las playas, cascadas, lagos y ríos limpios, los cuales pueden ser considerados parte de la vida cotidiana de las comunidades que están en constante contacto con ella debido a que éstas les brindan un valor espiritual el cual forma parte de la cultura que habita en la comunidad.

## **2.12 Turismo**

El turismo es una actividad que ha potenciado la economía del mundo en los últimos años. En México existen programas gubernamentales de desarrollo turístico que impulsan a las comunidades y pueblos para dar a conocer su cultura, tradiciones, historia paisajes naturales entre otros atractivos, es decir se busca potenciar los

recursos humanos, naturales, culturales, históricos, artesanales, gastronómicos económicos y de servicios, esto mejorando la imagen e infraestructura de servicios turísticos. Dichos programas resultan benéficos debido a la creación de nuevos empleos resultantes de la construcción y/o mejoramiento de los servicios que se prestan en el lugar tales como: hoteles, hostales, restaurantes e incluso la creación de empresas dedicadas a recorridos turísticos. Dando como resultado, mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes de la región, debido a que el interactuar con un entorno agradable produce una sensación de bienestar.

El estado de Durango cuenta con el municipio de Mapimí registrado como pueblo mágico y recientemente se ha integrado al municipio de Nombre de Dios en este programa que incentiva el crecimiento turístico. Nombre de Dios cuenta con grandes extensiones de bosque ripario, lo cual es un importante atractivo turístico sin embargo las actividades recreativas sin control podrían causar impactos en estos sitios.

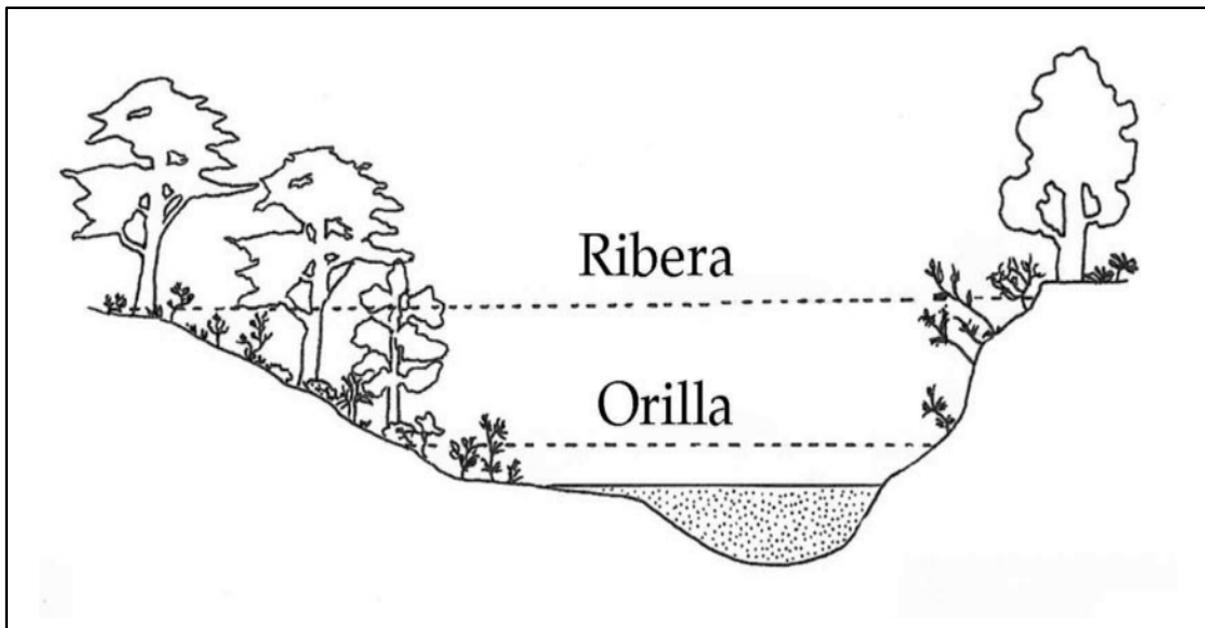
Sin embargo, a pesar del éxito de estos programas de promoción turística, no existe información sobre los impactos que podría generar un abuso en la capacidad de carga de los ecosistemas que se someten a estos programas. Esto debido al inminente aumento de visitantes en estas zonas lo cual podría traer consigo impactos en la estructura y calidad de los ecosistemas. Por ello es necesario determinar la capacidad de carga de los ecosistemas, es decir identificar cuantas personas pueden visitar estos lugares sin que se vean afectada la estructura física del ecosistema, así como la flora y fauna presente en él.

### **2.13 Impacto en la naturaleza**

Todas las acciones realizadas sobre los ecosistemas tienen un efecto positivo o negativo sobre los servicios de soporte, lo cual genera efectos en los demás servicios que proporciona una cuenca, si bien se sabe que los sistemas naturales tienen mecanismos de resistencia y resiliencia que les permiten enfrentar de una manera muy eficiente las perturbaciones naturales, es imprescindible frenar la destrucción de los ecosistemas naturales, restaurar aquellos que han perdido su integridad y diseñar sistemas productivos que respeten los procesos que generan y mantienen los servicios ecosistémicos, esto con el fin de llegar a la sustentabilidad (Maass Moreno, 2015).

## 2.14 Ecosistema ripario

Los ecosistemas riparios son ecotonos que se desarrollan en la interface de los sistemas acuáticos y terrestres lo que da lugar a la formación de diversos hábitats (Granados-Sánchez *et al* 2005). Este tipo de ecosistemas se encuentra entre los más complejos e importantes de la biosfera debido a ello son ecosistemas difíciles de estudiar (Chovanec *et al* 2000), (Reed & Carpenter, 2002) (Allan, 2004). Aunque es difícil delimitar los corredores ribereños, éstos incluyen el canal del río y la porción más alta del cauce donde se alcanza el nivel máximo del río ver **figura 4**. Por lo tanto, la posición y tamaño del río en la red hídrica, el régimen hidrológico y la geomorfología tienen influencia en la flora y fauna riparia (Vázquez *et al* 2015). Estos ecosistemas, mantienen la vitalidad del paisaje y ríos dentro de las cuencas hidrográficas, son florística y estructuralmente los más diversos y su conservación debería ser un componente integral para las estrategias de manejo de cuencas (Franquet Bernis, 2009).

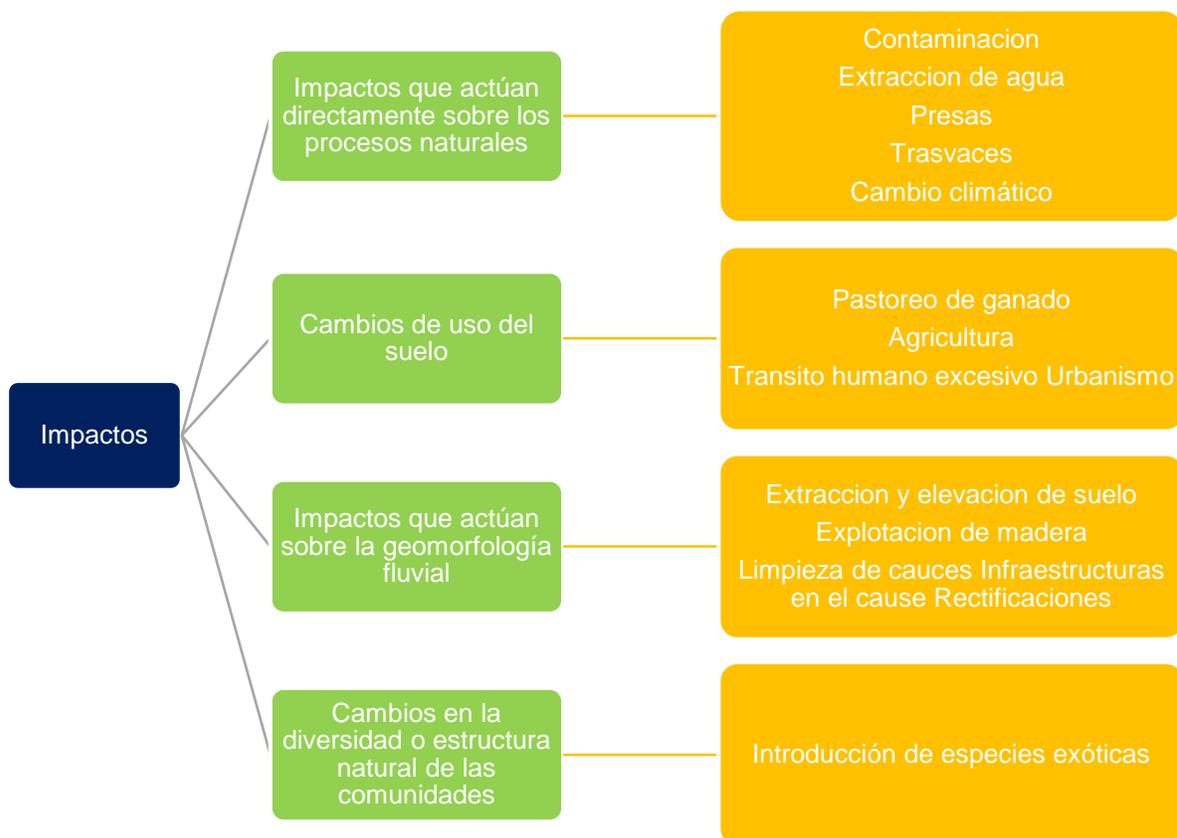


**Figura 4** Estructura de un ecosistema ripario

Uno de los papeles que desempeña un bosque ripario es retardar y reducir la escorrentía superficial, además de actuar como filtros y sistemas depuradores de sedimentos y contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o zonas

de cultivo aledañas al ecosistema (Kutschker, Brand, & Miserendino, 2009). Por lo tanto al actuar de esta forma protege los cuerpos de agua, y aumenta la infiltración en las áreas de inundación, debido a las raíces de las plantas que se desarrollan en estas áreas (Blinn & Kilgore , 2001), de igual forma estos ecosistemas regulan la temperatura, la entrada de luz, el flujo de materia y energía (Dudgeon, 1994), (Scarsbrook & Halliday, 1998), (Pettit, Froend , & Davies, 2001), mantienen una alta diversidad pudiendo ser incluso un hábitat crítico para la conservación de algunas especies raras, amenazadas o endémicas (Naiman , Décamps, & Pollock, 1993).

La **figura 5** muestra un desglose de los tipos de impactos que genera la población sobre los ecosistemas riparios y un desglose general de las actividades que generan estos impactos.



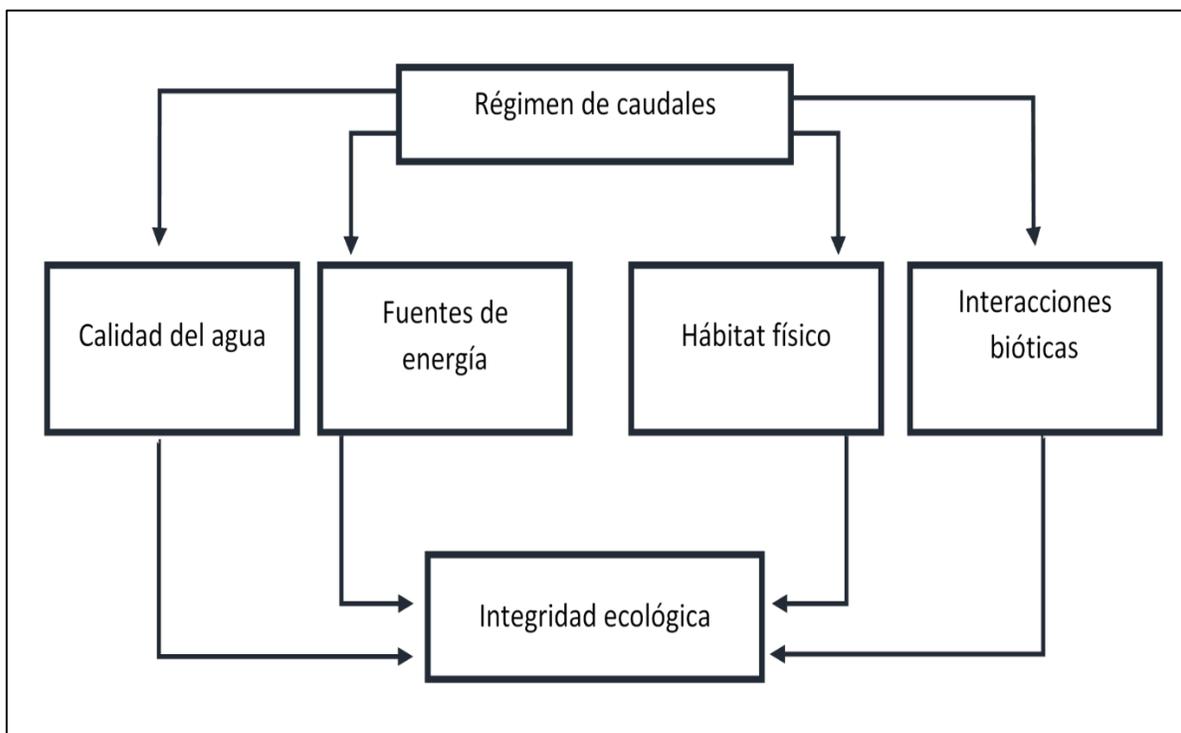
**Figura 5** Diagrama de los impactos en los ecosistemas riparios

A pesar de su importancia y de la legislación, se han eliminado grandes extensiones de los bosques y matorrales que en otros tiempos conformaban la vegetación natural

de los ecosistemas riparios, principalmente para dedicar esos terrenos a actividades agrícolas, trayendo consigo el uso de plaguicidas, fertilizantes, y otros productos químicos difícilmente degradables, que al no ser debidamente utilizados o aplicados en exceso, son fuente de contaminación de los suelos, el agua y los ecosistemas en general (Piña, 1990).

## 2.15 Caudal ecológico

El funcionamiento de un río está ligado directamente a su hidrología, con ello cualquier alteración en los componentes del caudal (duración, frecuencia, magnitud, predictividad y periodicidad) puede afectar la integridad ecológica del río (Poff, y otros, 1997). La **figura 6** muestra cuales son los reguladores primarios que se ven afectados por el cambio en el régimen y su influencia en la integridad ecológica del río.



**Figura 6** Diagrama de la importancia del régimen de caudales

El caudal ecológico en ríos y humedales es un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, establece la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos (físicos, biológicos y sociales) así como la resiliencia de los

ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad (Postel & Richter, 2003).

Algunos de los bienes y servicios que se pueden ver afectados son:

- Los hábitats naturales de flora y fauna
- Las funciones ambientales como dilución de contaminantes
- La amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos
- La preservación del paisaje

Las alteraciones en el régimen de caudal y los usos del agua, modifican las variaciones estacionales, características del río (crecidas y estiajes). Dichas alteraciones producen cambios substanciales en la vida acuática y en la flora y fauna de las riberas. Así, se plantea un conflicto entre la explotación del recurso “agua” para diferentes usos y la conservación del medio natural.

Entonces mediante el uso de este concepto se pretende lograr un consenso entre dos necesidades del hombre que son la conservación del recurso agua, así como su explotación. La asociación entre la gestión del agua y el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos es un desafío para los administradores de este recurso (Postel S., 1996) (Jackson *et al* 2001).

## **2.16 Modificación de caudales**

La modificación del régimen de caudales trae como consecuencia el deterioro en la calidad física y química de los hábitats (Aguilera & Pouilly , 2012) y estos cambios pueden ser causantes de impactos en la disminución de la diversidad y abundancia de especies (Williams *et al* 1993), (Pringle *et al* 2000) ya que pueden causar que las especies sensibles se desplacen o mueran en el intento de adaptarse al nuevo régimen del caudal, mientras que las especies tolerantes a estos cambios se mantienen, alterando así los patrones naturales de desarrollo de la fauna del lugar (Murchie *et al* 2008).

Sin embargo a pesar de que en el mundo se ha confirmado que la disminución del régimen de flujo natural provoca impactos negativos (Walker *et al* 1995), (Poff *et al*

1997) (Bunn & Arthington, 2002), El hombre tratado de retener el agua con el fin de aprovechar esta para sus actividades cotidianas, esto se lleva a cabo modificando el caudal de los ríos, los ejemplos más claros son: la construcción de presas y el rectificamiento de las corrientes de los ríos, se sabe que estas acciones traen como consecuencia diversos impactos ambientales.

En el mundo existen diversos ejemplos de los impactos ambientales que genera la construcción de presas y rectificación de ríos.

Ejemplo de ello la cuenca del Río Colorado ubicado al suroeste de los Estados Unidos y noroeste de México, el cual ha sufrido grandes cambios en los últimos 100 años. El río ya no fluye libremente y no constituye un ecosistema continuo, debido a la serie de presas que se han construido a lo largo de su cauce, lo que disminuye la variación estacional del flujo de agua y con ello: el volumen, velocidad y temperatura de la misma, lo que trae como consecuencia que cinco de las especies que se desarrollan en el delta del río, se encuentren en peligro de extinción, la desecación de las zonas bajas es otro impacto que se ha visto reflejado, debido a la afectación de la composición geomorfológica de la planicie de inundación, perdiendo así la diversidad topográfica e impidiendo el desarrollo de ecosistemas riparios de sauces y álamos, los cuales han disminuido en un 90% y el 80% de las marismas de la cuenca abajo, aunado a ello el río ha sufrido invasión de flora, lo que causa modificación del hábitat poniendo en peligro algunas especies de aves. La modificación del caudal de este río trajo como consecuencia la pérdida de 13 de las 14 especies de peces nativos. En la parte baja de la cuenca los efectos fueron muy notorios, la reducción de totoaba y la almeja son sólo dos ejemplos de la magnitud de los cambios ecológicos en el delta, los que muy probablemente se han replicado en toda la cadena trófica de la zona estuarina (Hinojosa & Carrillo, 2010).

## **2.17 Relaciones lluvia escurrimiento**

La relación lluvia escurrimiento se refiere a, la relación que existe entre la precipitación y el periodo que tarda el agua en infiltrarse y escurrirse.

El estudio de los modelos lluvia-escorrentamiento se puede realizar de acuerdo a distintos métodos, la clasificación general es la siguiente (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006):

- Métodos empíricos. En los cuales se utilizan las características fisiográficas de la región y algunos utilizan de forma simultánea los datos de precipitación.
- Métodos del hidrógrama unitario. En este método es necesario tener disponible, en la cuenca de estudio, registros simultáneos de lluvias y escurrimientos.
- Métodos de simulación del escurrimiento. Para su aplicación se requiere información detallada de las características de la cuenca y de datos hidrológicos simultáneos de la misma y de modelos matemáticos complicados.

## 2.18 Medición del caudal

La medición del caudal es importante debido a la utilidad que se le da en la toma de decisiones para el manejo del recurso hídrico para diversas actividades como:

Control de la cantidad de agua de riego, determinación de los escurrimientos pluviales y magnitud de las crecientes en corrientes naturales, pruebas de permeabilidad en acuíferos para determinación de la producción específica y evaluación de la factibilidad de la recarga artificial. Existen diversas metodologías empleadas para el aforo de caudales las que consisten en la determinación del volumen de agua que circula por una superficie por unidad de tiempo.

- Método volumétrico: es utilizado para calcular los caudales pequeños, consiste en la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.
- Método área velocidad: este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal, calculándose a partir de la fórmula:

$$Q = A * V$$

Donde:

$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

$A = \text{suma de las áreas promedio del corte transversal (m}^2\text{)}$

$V = \text{Velocidad con que el objeto flotante recorre una distancia conocida (m/s)}$

El lugar elegido para hacer el aforo o medición debe cumplir los siguientes requisitos (Franquet Bernis, 2009):

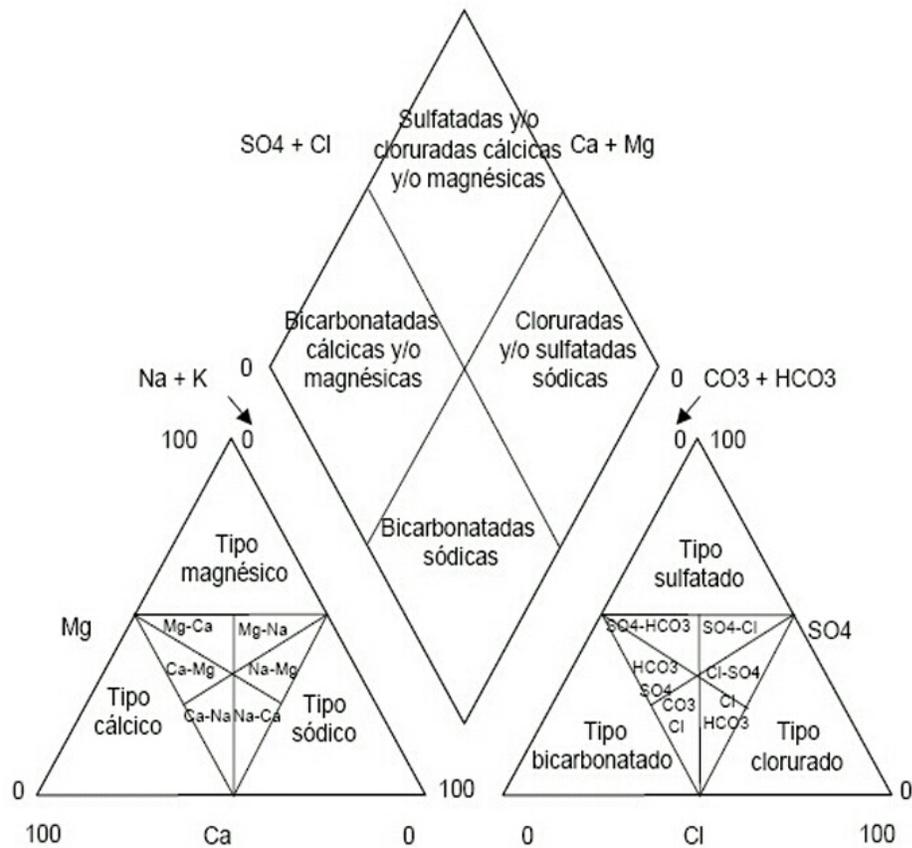
- La sección transversal debe estar bien definida y que en lo posible no presente cambios en el área.
- Debe estar en un sitio recto, para evitar las sobreelevaciones y cambios en la profundidad producidos por curvas

### **2.19 Diagrama Triangular de Piper**

La composición del agua y sus características químicas son un aspecto relevante para obtener un panorama general de esta. Existen métodos eficientes que nos proporcionan información sobre las propiedades del agua. Los métodos gráficos son los más usuales y nos permiten observar el comportamiento y evolución del agua a través del tiempo en un determinado espacio (Bosque Gella, 2015).

El diagrama de Piper agrupa al agua por familias hidroquímicas. Este diagrama nos muestra la composición del agua deducida a partir de la composición aniónica y catiónica de la misma (IGME, 2002). De acuerdo a la figura 7 el diagrama clasifica el agua en:

- Aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas.
- Aguas bicarbonatadas sódicas.
- Aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas
- Aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas.



**Figura 7** Diagrama de Piper

Para utilizar dichos diagramas es necesario reducir las concentraciones de los iones expresadas en meq/L a porcentajes. Cada uno de los triángulos representa aniones o cationes respectivamente, la parte de aniones es alimentada por los porcentajes de:  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $Cl^-$  y  $NO_3^-$ , mientras que en la parte de cationes se usan:  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  (Bosque Gella, 2015).

### III. JUSTIFICACIÓN

En la cuenca del Río San Pedro Mezquital el ecosistema ripario mejor conservado es la barranca de San Quintín, en Nombre de Dios (Villanueva Díaz *et al*/2013), la principal fuente de abastecimiento de agua para este ecosistema es subterránea, la única temporada en que recibe otras aportaciones, es en temporada de lluvias.

La importancia de este ecosistema tiene que ver con que contribuye a evitar el deterioro desde lo planetario hasta lo local con los siguientes servicios ecosistémicos:

- Provisión de oxígeno al planeta.
- Disminución de la erosión al retener el suelo.
- Soporte de los ciclos biogeoquímicos
- Provisión de detritus
- Provisión de agua para las actividades propias del sistema y las de la misma sociedad que habita el entorno.
- Belleza escénica que contribuye a aspectos de tipo social y económico.
- Hábitat para distintas especies vegetales y animales como los peces: *Notropis chihuahua* y *Dionda episcopa* las cuales son endémicas y se encuentran amenazadas y en peligro de extinción respectivamente, según la NOM-059-SEMARNAT-2001.

A pesar de que la barranca está señalada como el sitio mejor conservado de la cuenca San Pedro Mezquital no existe ningún trabajo, ni acción reciente que apoye su conservación, por lo que en los últimos años este ecosistema ha sufrido deterioro, que se ha observado en la muerte de arbolado y en cambios en la estructura de su bosque de ribera.

Este diagnóstico pretende identificar los cambios en cantidad y calidad del agua que alimenta al ecosistema en las distintas temporadas del año, así como la influencia de la actividad agrícola. Lo cual favorecerá la conservación y restauración del sitio.

Paralelamente el diagnóstico contribuirá a concientizar la necesidad de cumplir lo establecido por la Ley de aguas nacionales, que tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, su distribución y control, la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral sustentable.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Para alcanzar los objetivos este trabajo, se plantearon dos hipótesis; la primera se refiere a la parte técnica de esta investigación y la segunda contribuye a diagnosticar la situación del entorno social del ecosistema.

1. Al conocer la cantidad y la calidad del agua que aportan los manantiales de la barranca en el curso de un año, se pueden estimar las provisiones a tomar para conservarla.
2. Existe poco control en la distribución del agua para las actividades agrícolas y ganaderas, lo que influye en un desequilibrio y deterioro del ecosistema de la barranca de San Quintín.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Elaborar un diagnóstico que sirva como base para una propuesta de gestión integral del manejo del agua que genera la barranca de San Quintín en Nombre de Dios, Durango y con ello contribuir a un contexto socio ambiental sustentable.

### **5.2. Objetivos específicos**

- I. Determinar la cantidad y calidad de agua de los manantiales y correlacionarla con el régimen de lluvias en un periodo anual.
- II. Investigar la influencia que tiene el agua proveniente de los manantiales sobre las actividades agrícolas y ganaderas de la región.
- III. Sustentar las bases del plan para el manejo del agua de la cuenca.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Caracterización del sitio**

Para la caracterización del sitio se utilizó el software ArcGIS 10.3, el software genera mapas. Dichos mapas se crean mediante la alimentación de archivos extensión .shp KML (polígonos, puntos, líneas), obtenidos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional del Agua (CNA) y el Registro Agrario Nacional (RAN).

#### **6.1.1 Ubicación de la Barranca de San Quintín**

##### **Geográfica**

Esta se realizó con base a las cartas; División política estatal 1:1 000 000, 2005 México, la cual, es un mapa que representa los límites de los estados y el contorno de la República Mexicana, obtenida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad (CONABIO), y la carta de Áreas geoestadísticas municipales 2012, con una escala 1: 250000 la cual es una representación de los límites de los municipios de la república mexicana, obtenida de INEGI.

##### **Hidrológica**

Para la ubicación hidrológica de la cuenca de la barranca de San Quintín se utilizó información de: Regiones Hidrológicas, escala 1:250 000 de la República Mexicana, la cual contiene información de las 37 Regiones Hidrológicas en las que se divide la República Mexicana obtenida de CNA, Cuencas hidrológicas, escala 1:250 000, México (1998), la cual presenta datos de las cuencas hidrológicas de la República mexicana obtenido de la CNA, además de la utilización de la carta topográfica, Subcuencas hidrológicas, escala 1:1 000 000 (1998) México, obtenida de CONABIO, la cual contiene información de las subcuencas hidrológicas de la República Mexicana.

#### **6.1.2 Caracterización**

##### **Climatología**

Esta se realizó utilizando las cartas climatológicas de humedad del suelo, temperatura media anual y unidades climáticas, de los Estados Unidos Mexicanos, con una escala

1:1 000 000 edición 2004, con un sistema de proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL), coordenadas O 84°00 – O 119°00 / N 12°00 – N 32°00 y Datum ITRF 92, de INEGI.

### **Edafología**

La descripción edafológica se realizó con base a la carta edafológica, de los Estados Unidos Mexicanos que contiene; los perfiles de suelo con una escala 1:1 000 000, edición 2014, coordenadas O 84°00 – O 119°00 / N 12°00 – N 32°00, de INEGI.

### **Hidrología superficial**

Se realizó utilizando los datos de las cartas de hidrología de aguas superficiales de los Estados Unidos Mexicanos, serie I (1983), escala 1:4000000 que tiene un sistema de proyección UTM, coordenadas O 84°00 – O 119°00 / N 12°00 – N 32°00 de INEGI.

### **Uso de suelo y vegetación**

Esta se realizó mediante la carta de uso de suelo y vegetación escala 1:250000 serie V (capa unión) la cual muestra la distribución de la vegetación natural e inducida, la localización de las áreas dedicadas a ganadería; así como las áreas de uso agrícola, pecuario y forestal, obtenida de INEGI.

## **6.2 Determinación de las fechas de muestreo**

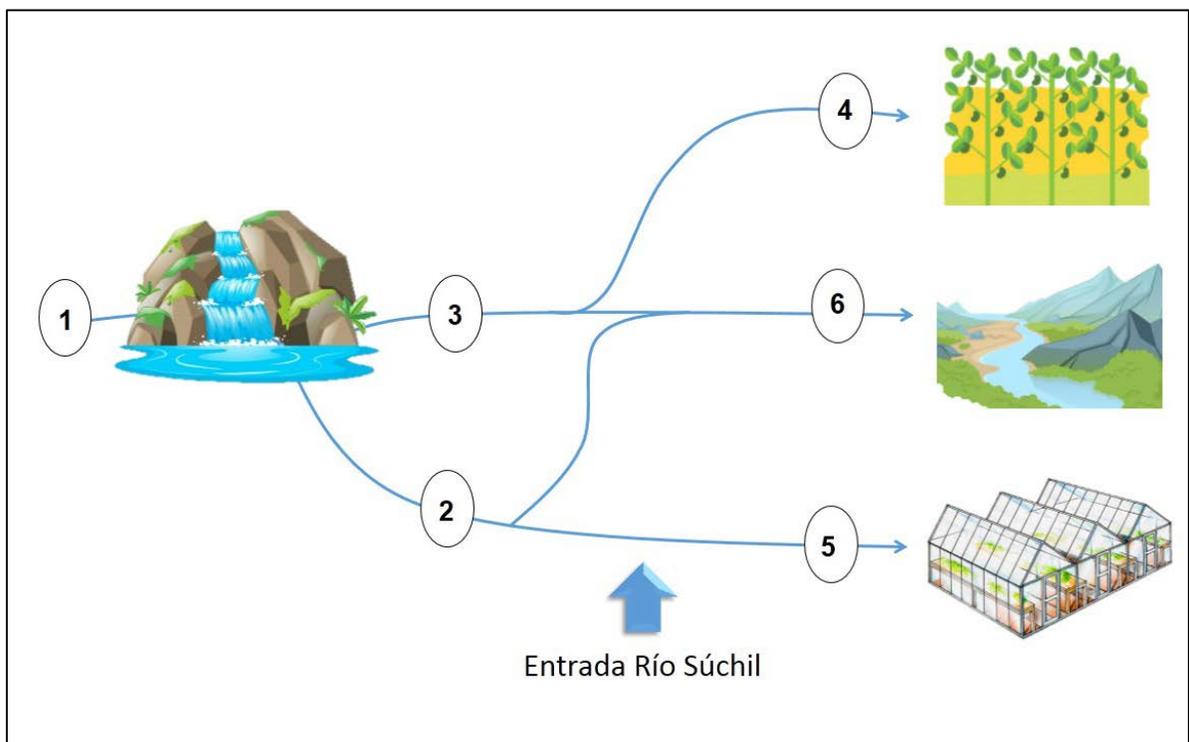
La determinación de las fechas de muestreo se realizó tomando en cuenta las estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango periodo (1961-2003), de las estaciones climatológicas: El Saltito, San José de Acevedo, Súchil y Vicente Guerrero. Tomando en cuenta las medias de precipitación media de estas cuatro estaciones, se seleccionaron cuatro fechas de muestreo en un año, abril, julio y octubre del 2017 y enero 2018 respectivamente. Esto de acuerdo a las temporadas previas (julio), posteriores a lluvias (octubre) y de secas (enero y abril).

## **6.3 Criterios para la selección de los puntos de muestreo**

La barranca es alimentada por agua subterránea (manantiales), y únicamente en temporada de lluvias recibe la aportación del río Súchil. Es difícil aforar todas las

entradas de agua a este ecosistema, por lo tanto, se seleccionaron algunos puntos estratégicos para poder determinar las aportaciones de los manantiales mayores con respecto a los menores. Para tal caso se determinaron 6 puntos de muestreo de acuerdo a la identificación de los principales afluentes y efluentes de la barranca, como se muestra en la **figura 8**:

- ✓ Sitio 1. Entrada de agua de los pequeños manantiales de la parte alta del río,
- ✓ Sitio 2. Primer canal de desvío
- ✓ Sitio 3. Cauce del Río
- ✓ Sitio 4. Canal para parcelas
- ✓ Sitio 5. Canal para invernaderos
- ✓ Sitio 6. Cauce del río a la salida de la barranca



**Figura 8** Diagrama de los puntos de muestreo.

Dichos puntos de muestreo presentan una sección transversal bien definida y sin presentar cambios en la profundidad y ancho del tramo por medir y cada uno de los puntos de muestreo fue geo-posicionado por medio de GPS, ver **figura 9**.

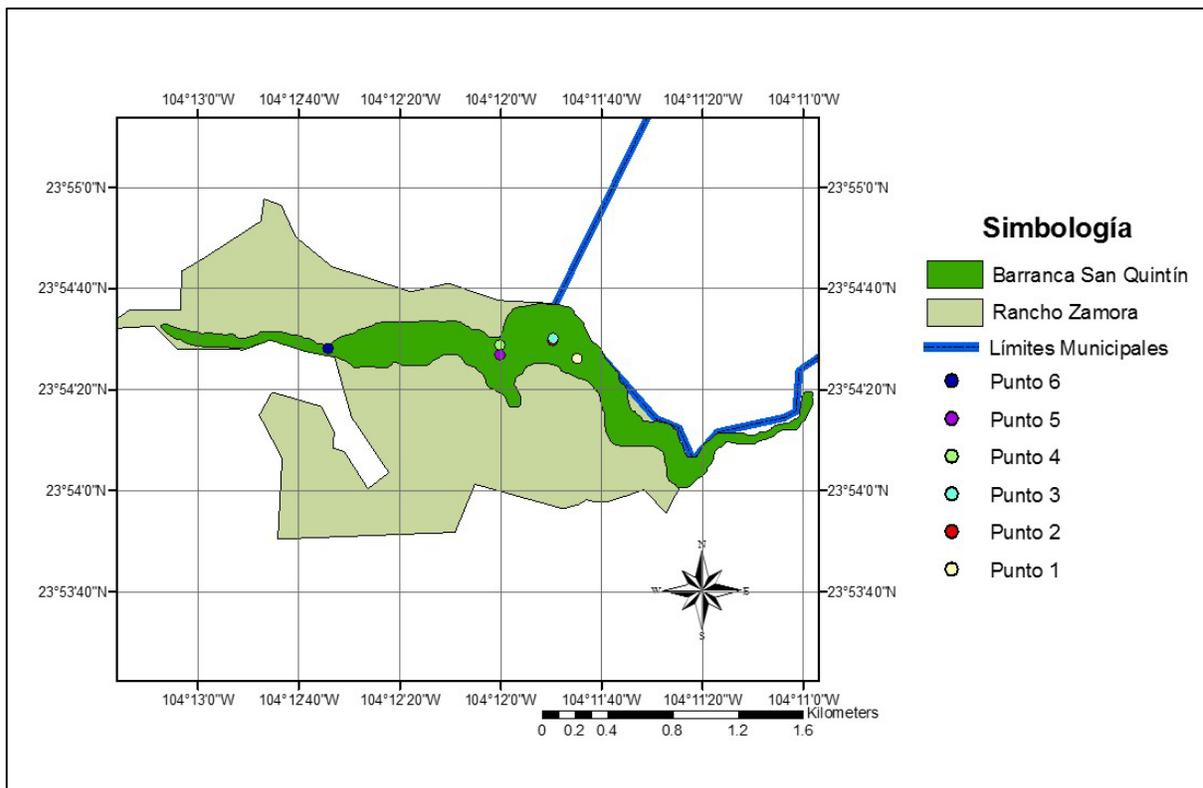


Figura 9 Mapa de puntos de muestreo

#### 6.4 Muestreo

La toma de muestra es una pieza clave debido a que condiciona los resultados analíticos y su interpretación, por lo cual es necesario que se realice con el cuidado correspondiente. De forma general, se debe procurar que sea homogénea y representativa de forma tal que muestren cambios en sus características fisicoquímicas o biológicas, sin alterarse por otras variables, como el método de transporte, recipientes, equipos de medición diferentes, etc.

Los tipos de envase utilizados dependieron del tipo de análisis a realizar; así mismo dicho envases fueron sometidos a tratamientos previos de limpieza y esterilización, en función de los parámetros a determinar de acuerdo a la técnica NMX-AA-003-1980.

Se recolectaron muestras simples de un litro por duplicado, con una diferencia de 15 minutos entre ellas. A cada una de las muestras se revisó su valor en pH y CE, temperatura del agua y temperatura ambiente. Las muestras fueron transportadas a

una temperatura de 4°C en hieleras, de acuerdo a lo establecido en la NMX-AA-003-1980 para posteriormente revisar en laboratorio:

Sólidos totales y volátiles, coliformes fecales, aniones y cationes.

## **6.5 Análisis de calidad de agua**

Para la realización de este punto se consideró la normativa vigente para cada uno de los parámetros analizados.

### **6.5.1 Valores de pH y conductividad eléctrica (CE)**

Para la medición de pH se utilizó la norma mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011 que establece el método de determinación de pH. Mientras que la CE se determinó bajo lo establecido en la norma mexicana NMX-AA-093-SCFI-2000.

### **6.5.2 Determinación de sólidos**

La determinación de sólidos totales (ST) y sólidos volátiles (SV) se realizó conforme al método de la NMX-034-SCFI-2001, la cual establece el método para la determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

Para la determinación de sólidos totales ST se utilizaron crisoles de porcelana, los cuales se pusieron en una estufa por 24 hrs. a 105°C, se colocaron en un desecador por 30 min. y se pesaron, posteriormente se agregó la muestra de agua (60 ml) y de nuevo se introdujeron en la estufa por 24 hrs. a 105°C para llevarlos a peso constante, transcurrido este tiempo se pesaron nuevamente, para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$ST = ((G_2 - G_1) * 1000) / V * 1000$$

Donde:

ST: sólidos totales (mg/L)

G1: Peso del crisol a peso constante sin muestra (g)

G2: Peso del crisol a peso constante con muestra (g)

V: es el volumen de muestra (mL).

Para la determinación de SV se utilizaron los crisoles con ST, los cuales se colocaron en una estufa por 3 hrs. a 550°C para eliminar toda la materia orgánica presente en la muestra, posteriormente se pesaron nuevamente, para la cuantificación se utilizó la siguiente formula:

$$SVT = ((G_2 - G_3) * 1000) / V * 1000$$

Donde:

SVT: Materia orgánica total (mg/L)

G2: Peso del crisol con muestra después de la estufa a 105°C (g)

G3: Peso del crisol con muestra después de la estufa a 550°C (g)

V: Volumen de la muestra (ml)

### 6.5.3 Determinación de coliformes fecales

La norma mexicana NMX-AA-42-1987 establece un método para la detección y enumeración en agua de organismos.

El conteo de coliformes fecales (CF) se realizó por medio de la técnica de vaciado en placa, utilizando agar verde bilis brillante, estos análisis se realizaron en las primeras 24 hrs posteriores a la toma de la muestra. Para las diluciones se utilizó material estéril (pipetas, frascos y tubos con agua), se diluyeron 10 mL de muestra en 90 mL de agua estéril (dilución 10-1), se mezclaron con un agitador tipo vórtex, se tomó 1 mL de esa mezcla, posteriormente se colocó 1 mL de esta dilución en cajas Petri y se agregaron 20 ml de agar, estas cajas se incubaron por 24 hrs. A una temperatura de 35°C, transcurrido ese tiempo se contaron las colonias de coliformes fecales en cada placa, para reportarlas como unidades formadoras de colonia por mL.

### 6.5.4 Aniones y cationes

Para la determinación de aniones se utilizó un cromatógrafo iónico Thermo Scientific, modelo ISC-1106 los aniones cuantificados fueron cloruros ( $Cl^-$ ), fluoruros ( $F^-$ ), nitritos ( $NO_2^-$ ), nitratos ( $NO_3^-$ ), fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ) y sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ). En el caso de los cationes se empleó un cromatógrafo iónico marca Metrohm modelo 883 Basic IC plus; los cationes cuantificados fueron; sodio  $Na^+$ , amonio  $NH_4^+$ , potasio  $K^+$ , calcio  $Ca^{2+}$ ,

magnesio  $Mg^{2+}$  y amonio por lo cual la muestra de cationes fue acidificada con 1 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Posteriormente a la colecta de muestras se hicieron pasar por filtros con un tamaño de poro de  $0.22\ \mu m$ , esto con el fin de facilitar su paso por las columnas de lectura en el sistema.

## **6.6 Análisis de familias hidroquímicas y procedencia del agua**

### **6.6.1 Familias hidroquímicas**

Para identificar como se modifica de la composición química del agua de la barranca de San Quintín, se utilizó el diagrama de Piper, el cual clasifica el agua en 4 familias considerando las concentraciones en miliequivalentes por litro de: los aniones,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  y  $NO_3^-$ , y los cationes,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  de cada muestra, las cuales se grafican y se revisan sus parentescos.

### **6.6.2 Procedencia del agua**

Para identificar cual es la procedencia del agua que alimentan a la barranca de San Quintín, se realizó un muestreo de agua de los pozos aledaños a la barranca en el mes de marzo. Utilizando el diagrama de Piper se clasificó el agua de los pozos de las localidades: Amado Nervo, Damián Carmona, Nombre de Dios, Tuitan, Vigente Guerrero y Villa Unión.

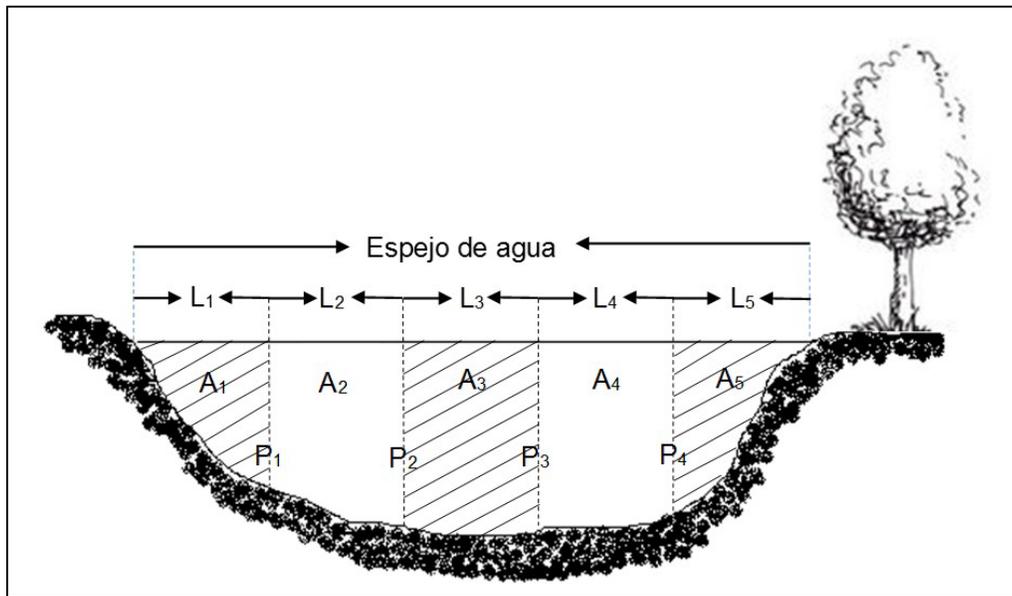
Posteriormente se contrastó la información de los pozos con la información recabada en el mes de abril y se identificó la procedencia del agua de acuerdo al contenido de sales que esta presente.

Posteriormente se contrastó la posición geográfica de los pozos con la profundidad a nivel estático del acuífero Vicente Guerrero-Poanas (2010)

## **6.7 Análisis de cantidad de agua**

Se utilizó el método del flotador, que es uno de los métodos de aforo área por velocidad (Briones & Garcia , 2008), el cual se desarrolla en dos secciones:

1. Consistió en dividir el espejo de agua en varios segmentos iguales de tal forma que se obtuvieron una serie de figuras geométricas cuyos lados estarán dados por las profundidades del agua y la longitud del segmento como muestra en la **figura 10** a ambos lados del tramo.
2. Para medir la velocidad del flujo se utilizó un objeto flotante (método del flotador) que fue soltado en repetidas ocasiones cronometrando el tiempo de recorrido entre segmentos, obteniendo un tiempo promedio de recorrido. La velocidad del flujo se calculó dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo promedio del viaje del flotador.



**Figura 10** Diagrama corte transversal del río

Para estimar la cantidad de agua se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = A * V$$

Donde:

$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

$A = \text{suma de las áreas promedio del corte transversal (m}^2\text{)}$

$V = \text{Velocidad con que el objeto flotante recorre una distancia conocida (m/s)}$

El tercer muestreo fue diferente debido a que en esa temporada la barranca presenta aportaciones del río Súchil, por lo cual se utilizó el cálculo de escurrimiento máxima crecida.

### 6.7.1 Esgurrimiento máximo crecida

El cálculo de máxima se crecida se utilizó únicamente en la tercera fecha de muestreo, en el sitio 6, debido a que las condiciones del caudal no permitieron una medición directa, este cálculo se realizó de igual forma en el río Súchil debido a, que en temporada de lluvias este representa una entrada importante de agua al área de estudio. Por lo cual fue necesario aforarlo para cuantificar la entrada de agua del río Súchil y reflejarla en el balance de escurrimento hídrico y de esta forma observar cómo se relacionan el aporte de agua de manantiales con respecto al régimen de lluvias esta estimación se calculó con base a las siguientes ecuaciones:

$$\text{Caudal maxima crecida} = \text{area} * \text{velocidad}$$

Para estimar la velocidad de la corriente en la máxima crecida se utilizó la ecuación de (Manning, 1997):

$$\text{Velocidad Maxima crecida} = \left(\frac{1.5}{n}\right) r^{2/3} s^{1/2}$$

$$r = \frac{\text{Area}}{\text{Perimetro humedo}}$$

Donde:

$n$  = Coeficiente de rugosidad

$r$  = Radio hidráulico

$s$  = Pendiente

El coeficiente de rugosidad se seleccionó de acuerdo a las características del sitio de muestreo.

### 6.7.2 Relación lluvia escurrimento

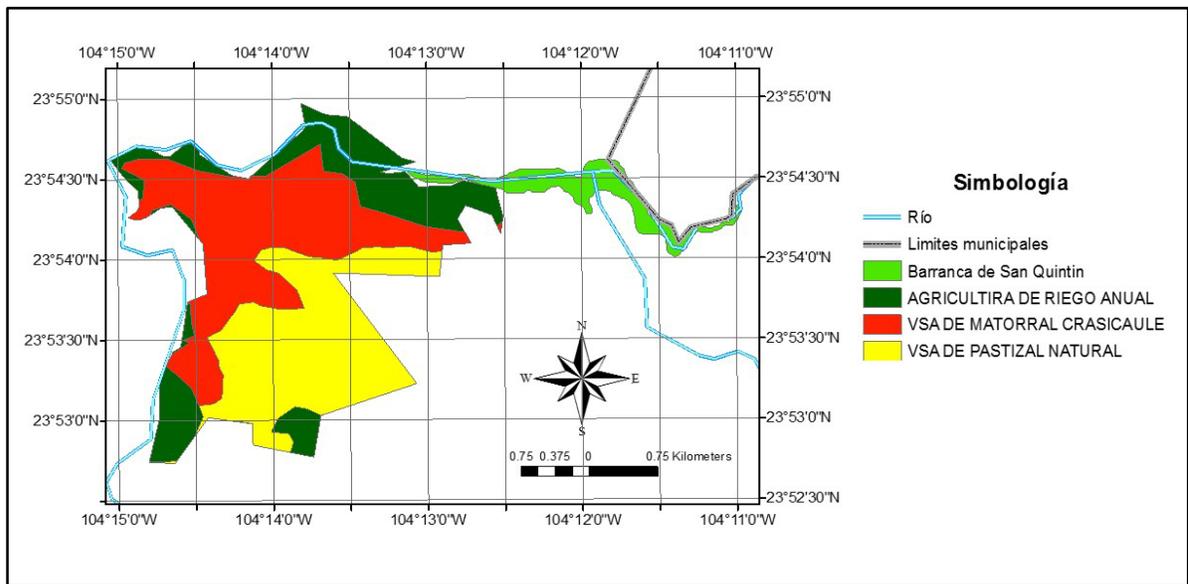
Para la identificación de la relación existente entre el servicio de provisión de agua de la barranca de San Quintín (escurrimento) y la precipitación, se realizó un gráfico en el programa Excel, en el cual se utilizaron los datos de escurrimento de las 5 temporadas de muestreo y la precipitación acumulada promedio de las mismas temporadas registrada en las estaciones meteorológicas: San José de Acevedo, Vicente Guerrero, Súchil y Presa Francisco Villa del año 2017 y el primer cuatrimestre del 2018. Los datos de precipitación fueron proporcionados por la CONAGUA.

La información se estandarizo para poder realizar la comparación entre escurrimiento y precipitación debido a que las unidades de estos fueron reportadas en L/s y mm respectivamente.

### **6.8 Las actividades agrícolas en la barranca.**

Para identificar las principales actividades que se realizan en el área de estudio, se realizaron entrevistas a usuarios del agua de la barranca que son los propietarios del ejido Ignacio Zaragoza. Se indago previamente en el Registro Agrario Nacional en la ciudad de Durango el número de ejidatarios y la superficie de la cual son propietarios. Al existir disparidades entre el número de ejidatarios y la superficie que ellos reportan respecto a las otorgadas de forma oficial, se realizaron entrevistas personalizadas al 20% de los propietarios de la lista del ejido, para capturar algunos de los siguientes aspectos:

1. Edad, sexo, nivel de estudios, ingresos promedio, etc.
2. La producción agrícola, respecto a cantidad de hectáreas destinadas a esta actividad, los principales productos, el destino, la procedencia y los costos del agua utilizada para esta actividad, así como la temporada en que se hace uso del agua de la barranca, formas de riego y aplicación de fertilizantes.
3. Lo referente a la producción ganadera tomando en cuenta los mismos aspectos que la sección agrícola.
4. Las perspectivas del paisaje y de la calidad y cantidad del agua con respecto al tiempo.



**Figura 11** Uso de suelo y vegetación en el ejido Ignacio Zaragoza

La **figura 11** muestra los usos de suelo y vegetación del ejido Ignacio Zaragoza, en el cual se puede observar que solo el 25 % es usado para agricultura de riego anual.

## 6.9 Análisis de información

### Calidad de agua

Para establecer la calidad del agua se usó los siguientes criterios:

- ✓ La NOM- 127-SSA1-1994, “Salud ambiental agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”
- ✓ La NOM-001-SEMARNAT-1996, “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”
- ✓ El acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua ce-cca-001/89

### Análisis y procesamiento estadístico de la información

Se usó un ANOVA con arreglo factorial de 5x6 donde 5 muestreos se realizaron en 6 sitios, para luego usar la prueba de medias de Fisher con una alfa de 0.05.



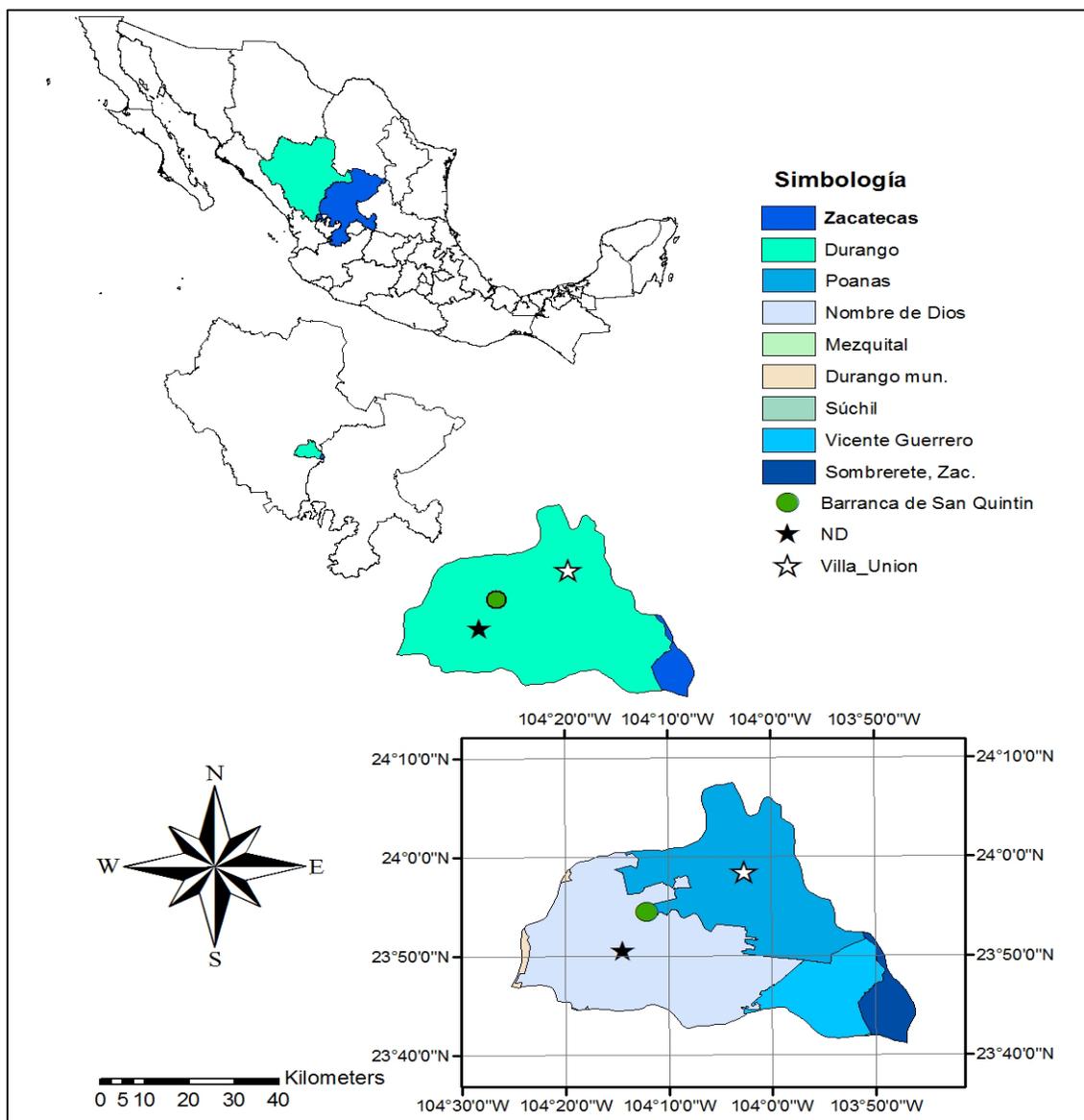
## VII. RESULTADOS

### 7.1 Caracterización del sitio

#### 7.1.1 Ubicación de la Barranca de San Quintín

##### Geográfica

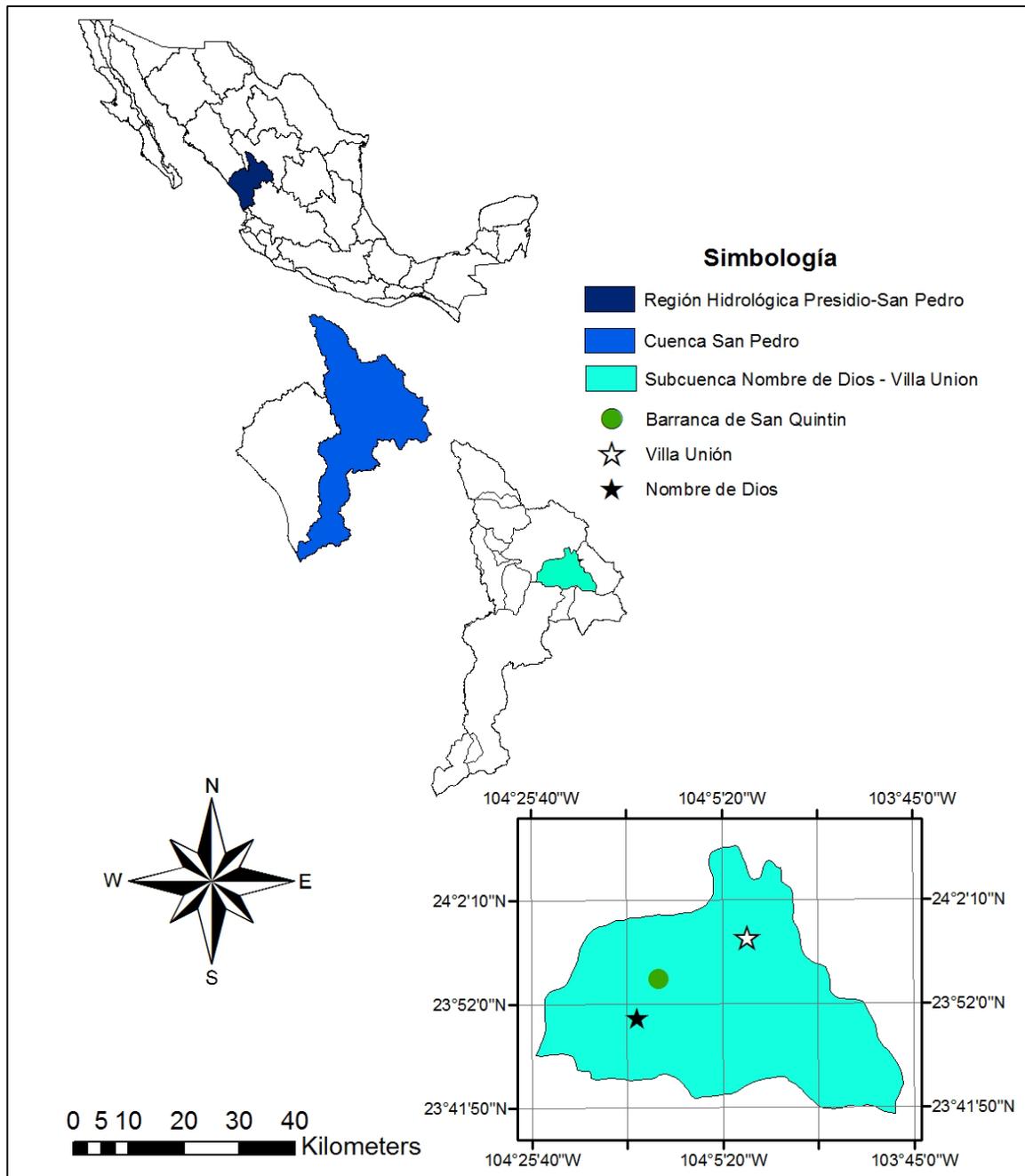
La barranca de San Quintín se encuentra ubicada entre los municipios Nombre de Dios y Poanas, los cuales se encuentran dentro de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión. Dicha subcuenca se encuentra entre los límites de Durango y Zacatecas como se muestra en la **figura 12**.



**Figura 12** Ubicación Geográfica de la Barranca de San Quintín

## Hidrológica

La barranca de San Quintín se encuentra ubicada dentro de la sub cuenca Nombre de Dios–Villa Unión. Forma parte de la cuenca del rio San Pedro, perteneciente a la región hidrológica Presidio-San Pedro, perteneciente a la región hidrológico-administrativa Pacífico Norte como se muestra en la **figura 13**.



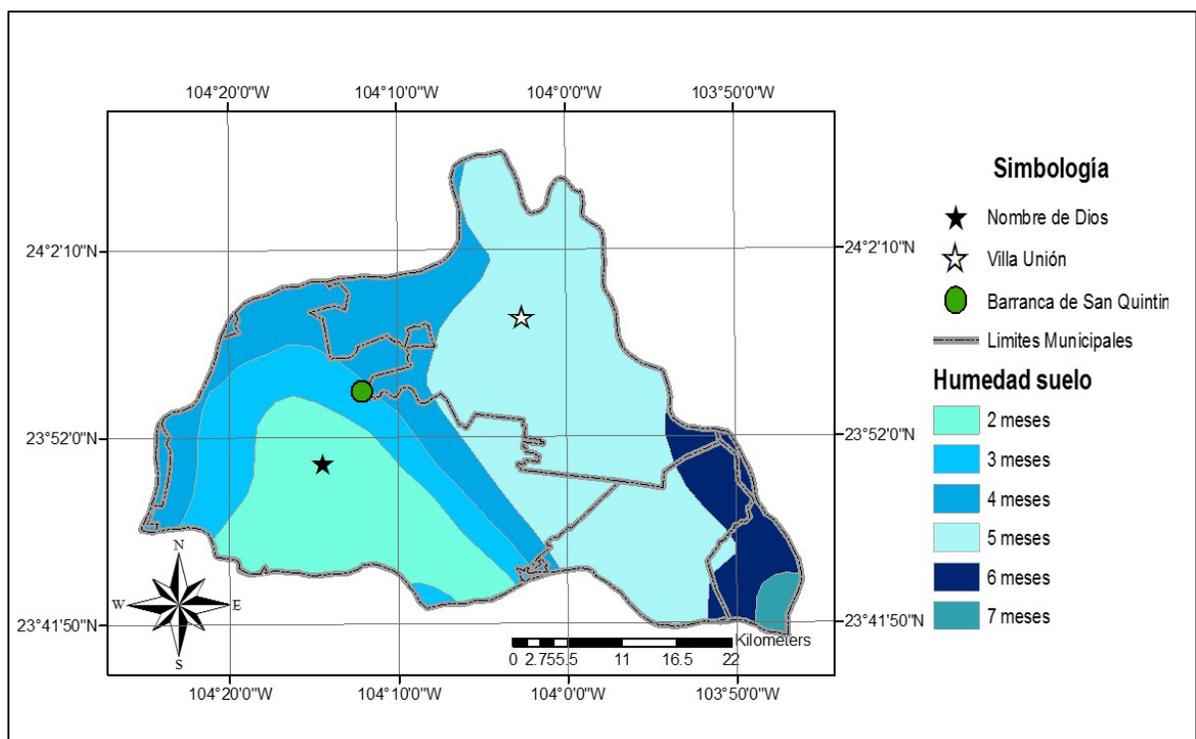
**Figura 13** Ubicación hidrológica de la barranca de San Quintín

## 7.1.2 Caracterización

### Climatología

#### Humedad del suelo

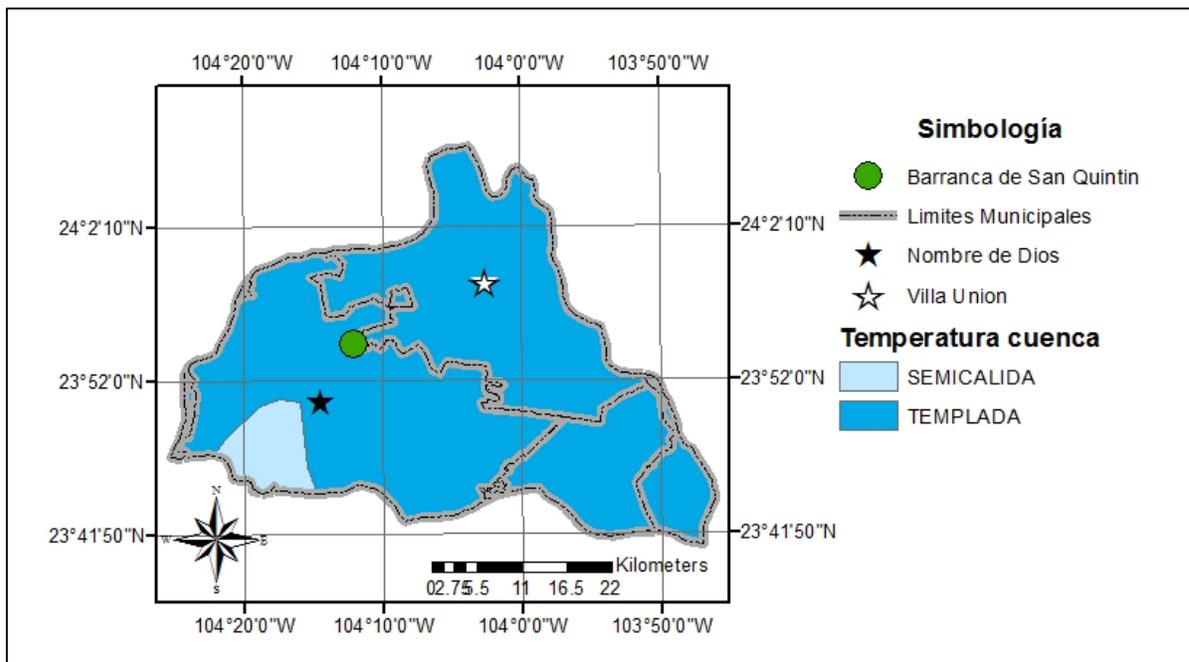
Esta se refiere al periodo de tiempo (mes) en que la precipitación supera a la evapotranspiración, permitiendo que el agua se infiltre y humedezca al suelo, la cuenca Nombre de Dios–Villa Unión cuenta con una humedad promedio de 4.5 meses y en específico las zonas más cercanas a la barranca cuentan con una humedad de suelo de entre 3 y 4 meses, ver **figura 14**.



**Figura 14** Humedad del suelo en la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión

#### Temperatura media anual

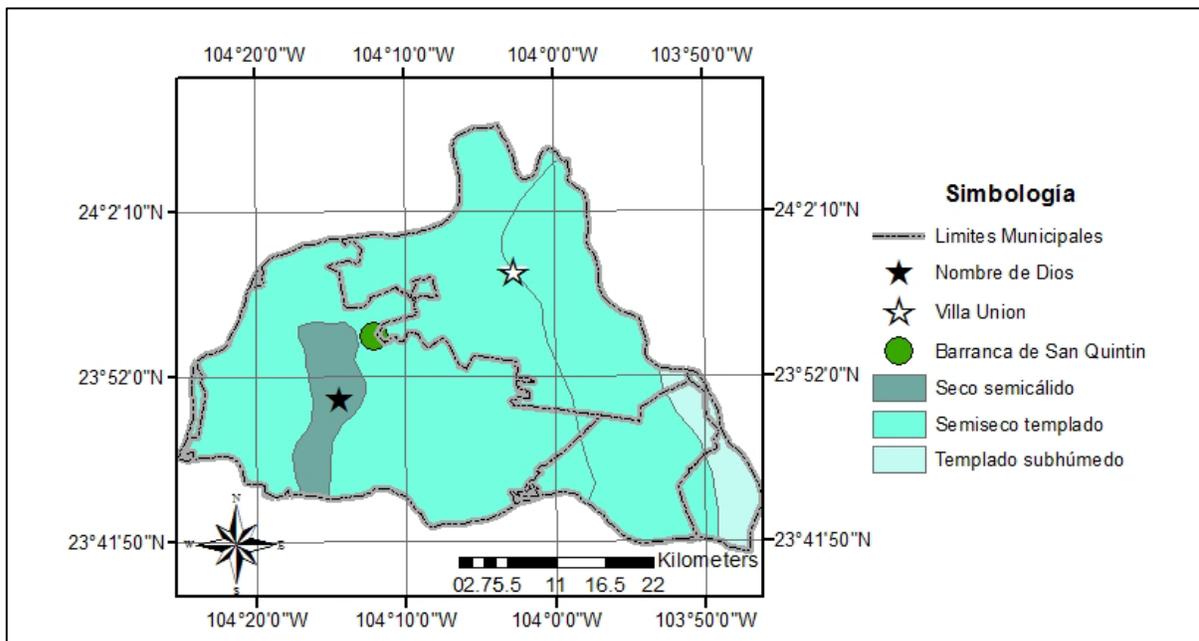
Esta se refiere promedio de temperaturas medias mensuales, a lo largo de un período determinado de años, el 94.7 % de la cuenca tiene una temperatura media anual templada es decir mayor a 18°C y el 5.3% tiene una temperatura media anual semi-cálida mayor a 20°C, la zona de la barranca de San Quintín en particular tiene una temperatura media anual mayor a 18°C, ver **figura 15**.



**Figura 15** Temperatura media de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión

Unidades Climáticas

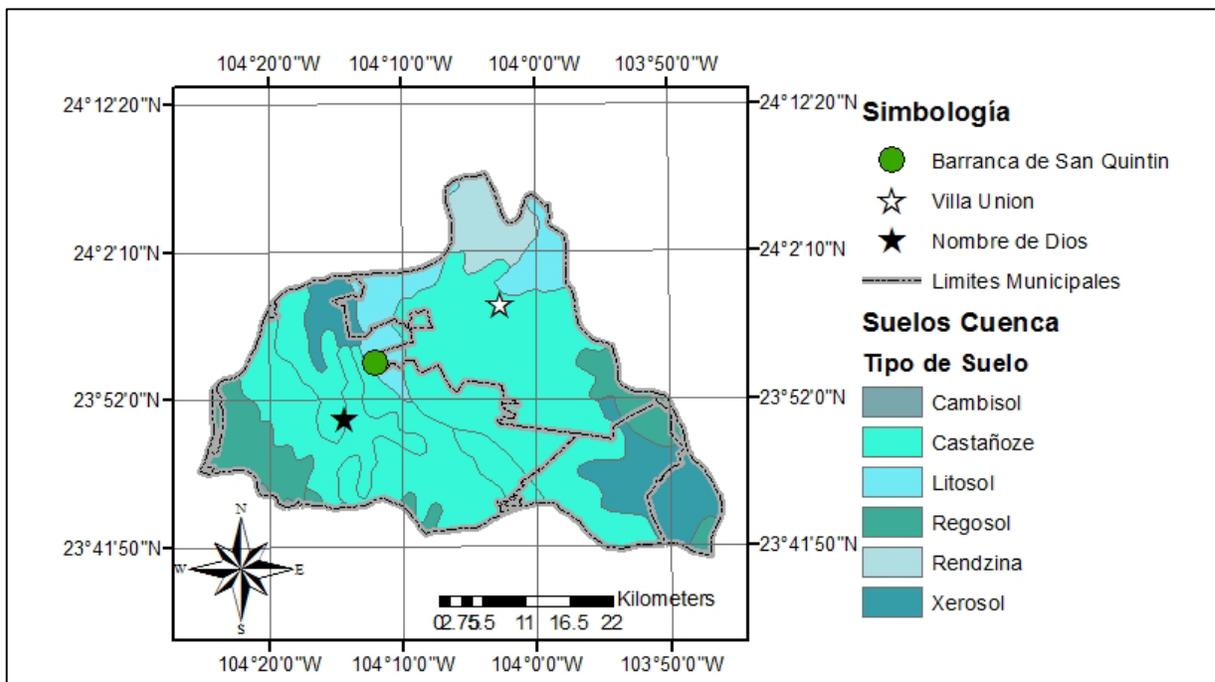
El 89.3% de la cuenca Nombre de Dios – Villa unión está caracterizada por un clima semiseco, el cual es el clima menos seco de los secos, con una temperatura media anual entre 12° a 18°C, ver **figura 16**.



**Figura 16** Unidades climáticas de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión

## Edafología

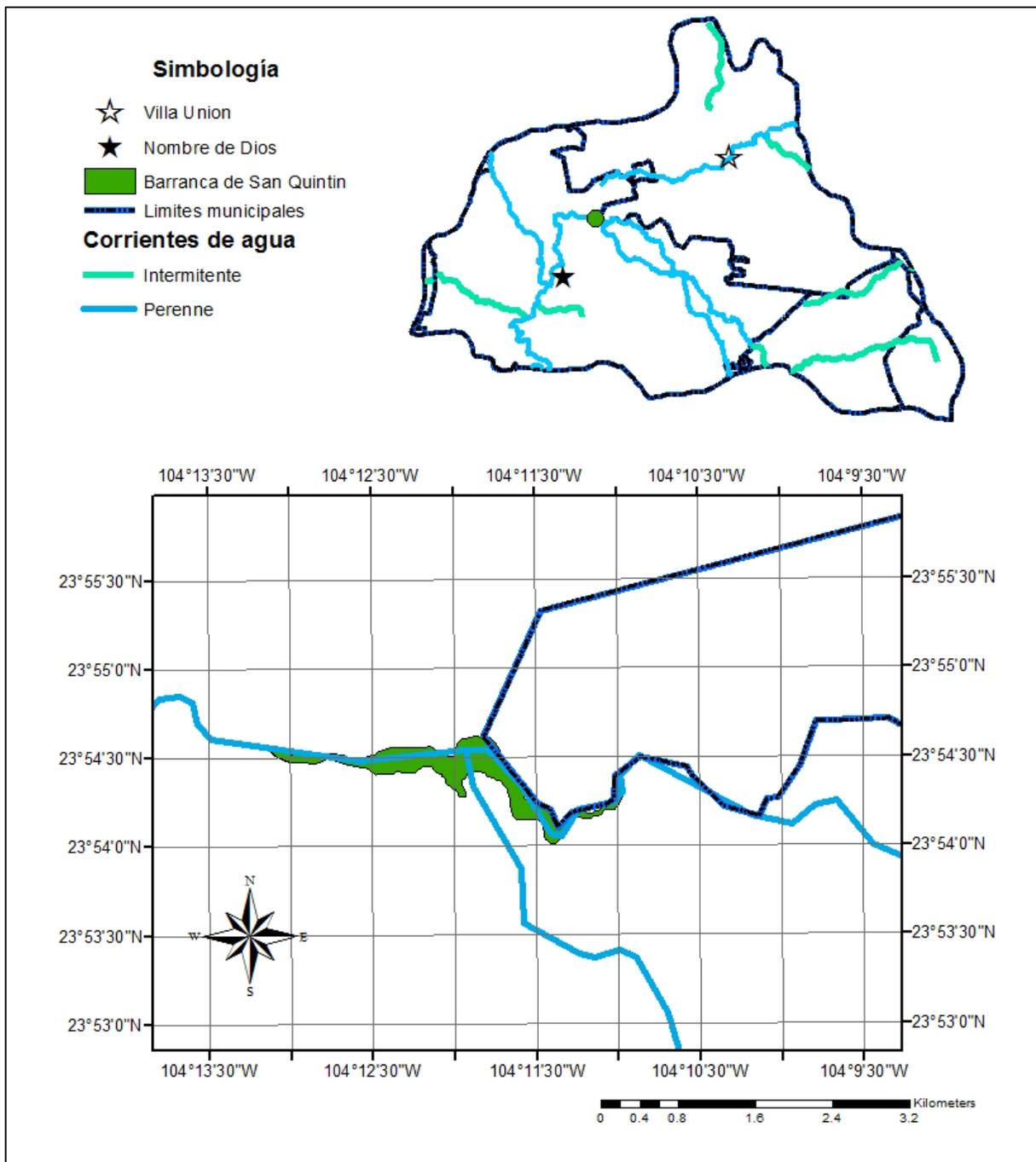
El 62.6% del área de la cuenca Nombre de Dios–Villa Unión, está compuesta por suelo del tipo castañozem el cual es un suelo alcalino característico de zonas semiáridas o de transición a limas lluviosos, el 11.6% por regosol, el 11.94% por xerosol, el 8.4% por litosol, 5.1% por rendizina y una muy pequeña parte por cambisol. La barranca de San Quintín se encuentra ubicada en un territorio en el que el tipo de suelo es litosol, el cual es un suelo de piedra que se caracteriza por una profundidad menor de 10 cm, ver **figura 17**.



**Figura 17** Edafología de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión

## Hidrología superficial

Dentro de la cuenca Nombre de Dios–Villa Unión se encuentran ubicadas corrientes tanto perenes como intermitentes, la barranca de San Quintín se encuentra ubicada en una corriente perene, que es alimentada por aguas subterráneas, y solo en la temporada de lluvias presenta aportaciones de otros ríos como lo es el Río Súchil, ver **figura 18**.

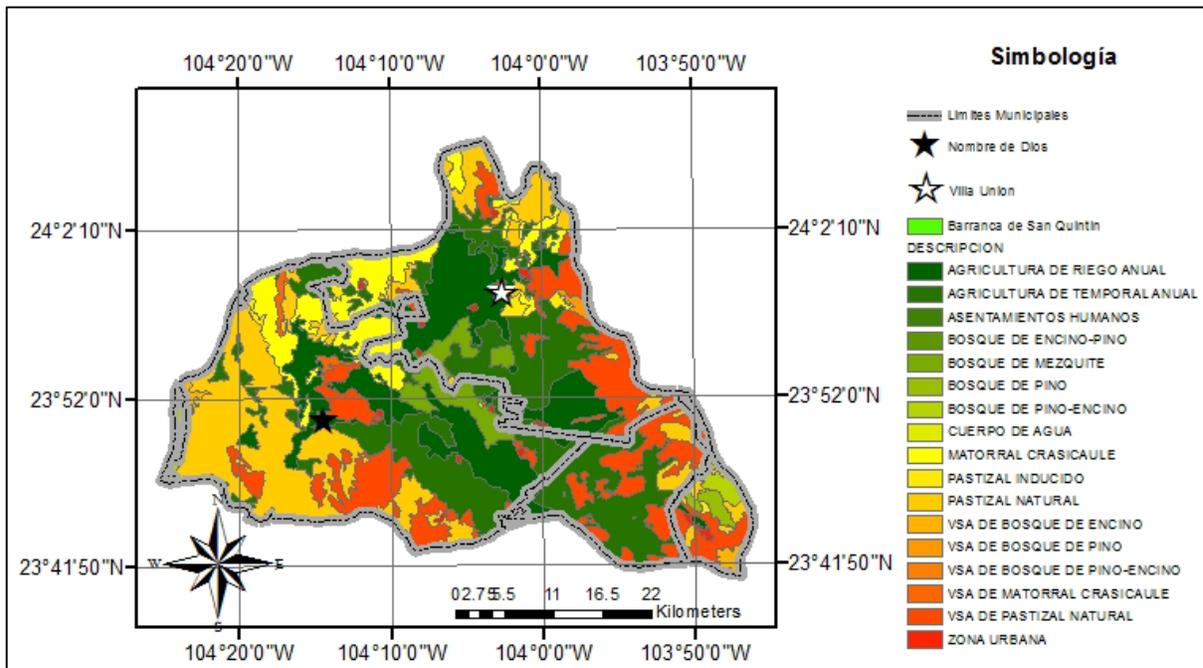


**Figura 18** Corrientes de agua de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión

### Uso de suelo y vegetación

La vegetación presente en la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión es principalmente pastizal natural, la cual ocupa un 21.3% del área de esta cuenca, seguida de la vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural con un 18%, en pequeñas porciones: matorral crasicuale (9%), bosque de mezquite (3.3%), bosque de pino-

encino (1.3%) y en porciones menores al 1% se encuentran; la vegetación secundaria arbustiva de matorral, encino, pino, los pastizales inducidos y el bosque de pino, ver **figura 19**.



**Figura 19** Mapa de uso de suelo y vegetación de la subcuenca Nombre de Dios-Villa Unión

El principal uso que se le da al suelo de esta subcuenca, con un 42.3% de su superficie es para la producción de alimentos agrícolas, además dentro de la cuenca se encuentran algunos asentamientos humanos zonas urbanas y cuerpos de agua.

## 7.2 Análisis de calidad de agua

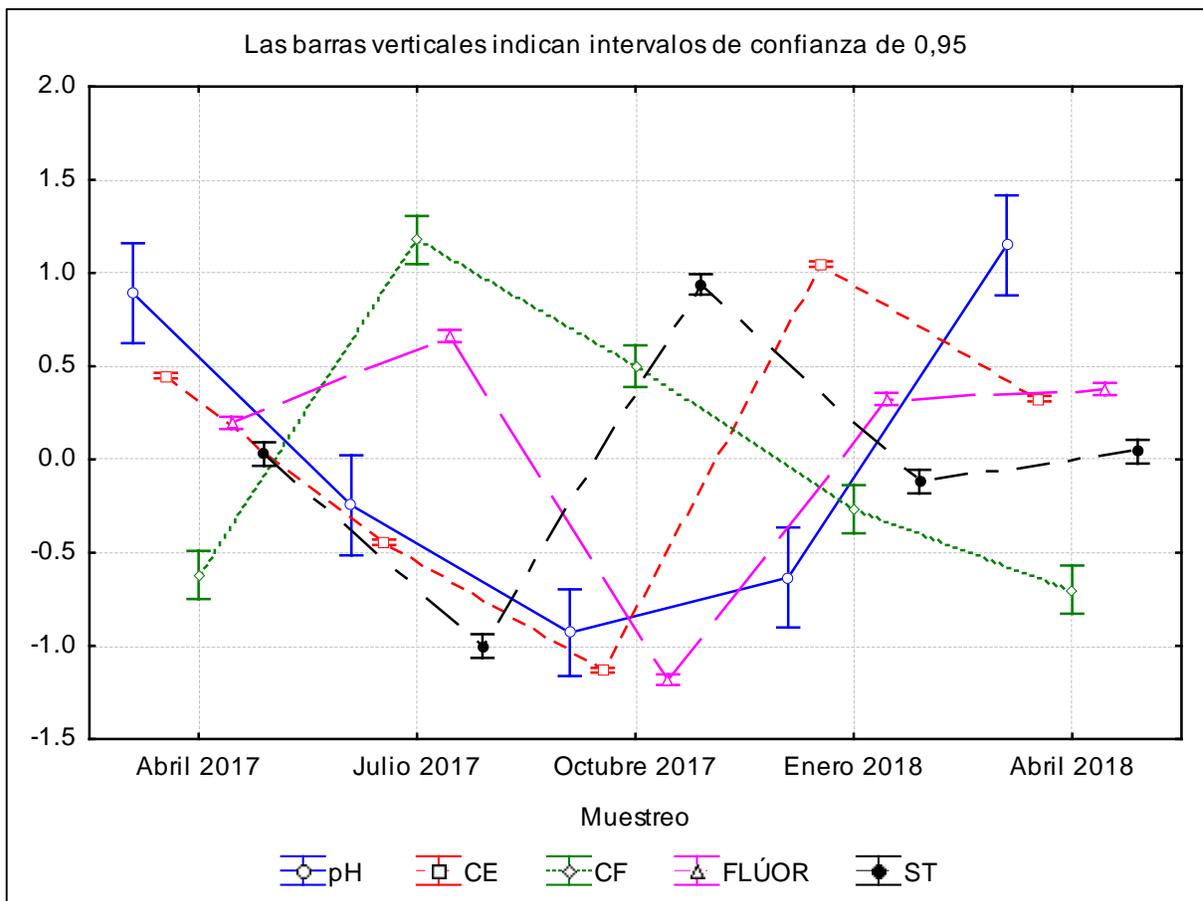
Los resultados de todos los análisis se encuentran en el **anexo I**.

La calidad química del agua fue buena para cualquier uso, en acuerdo a los criterios ecológicos, NOM-001-SEMARNAT-1996 la y la NOM-127-SSA1-1994 aunque los fluoruros, se vieron ligeramente fuera del límite marcado, no se encontraron fosfatos, compuestos amoniacales y nitritos en el agua de los manantiales.

El efecto temporal y espacial de algunos de los parámetros se observan en la **figura 20**, donde existen diferencias marcadas por el efecto de dilución de la precipitación.

Después de lluvias, por efecto de la entrada del agua del río Súchil, se detectaron fosfatos, que pueden ser el efecto de arrastre de partículas de suelo de cultivo o de aguas residuales con contenidos de detergentes, los valores variaron de 0.3 mg/L. en lluvia, que están fuera de norma la cual es de 0.1mg/L (CE-CCA-001/89).

La calidad microbiológica estuvo fuera de lo permitido para agua de bebida y para riego, con valores de 3 a 4.7 log de UFC de CF/100 mL de agua (**anexo 1**), bajaron en temporada de lluvias.

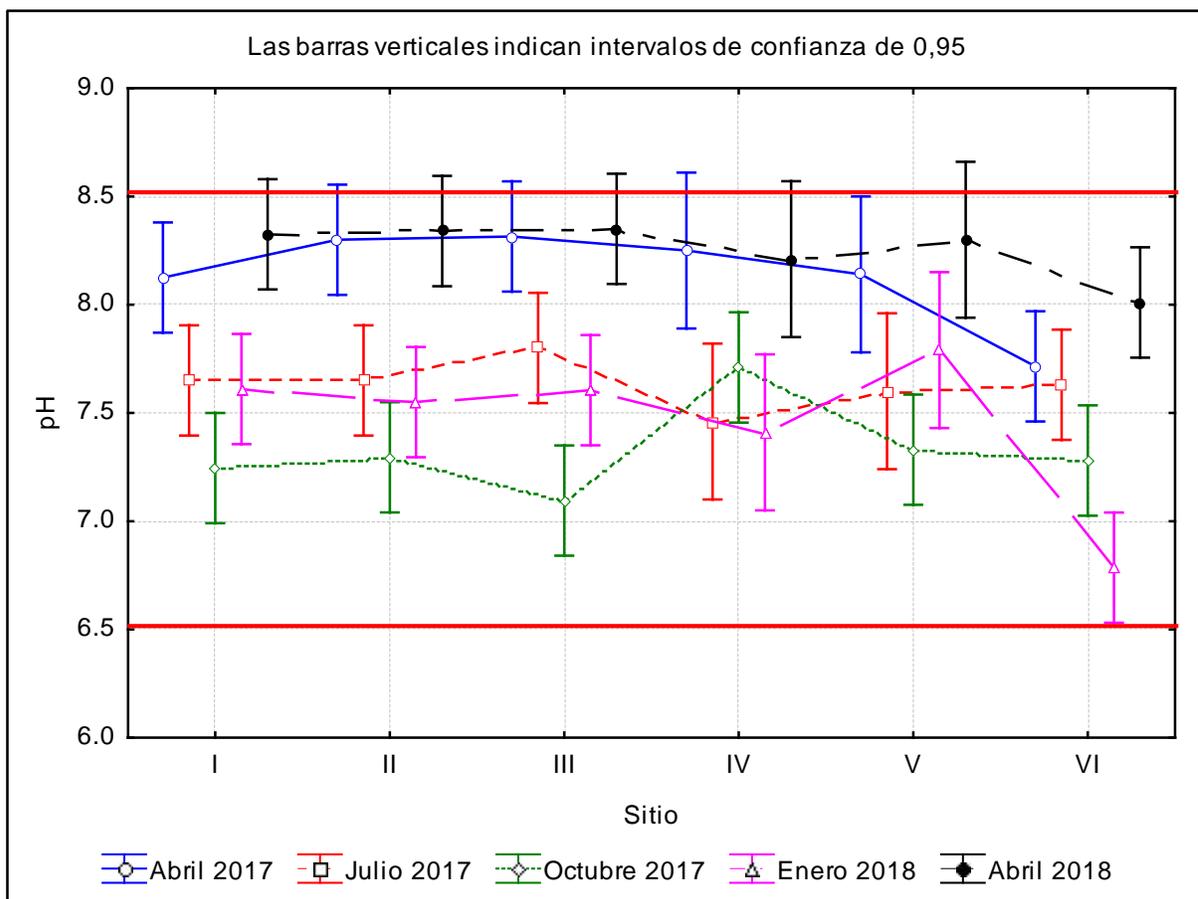


**Figura 20** Parámetros estandarizados por muestreo, para ver su respuesta en los diferentes temporadas.

La **figura 20** muestra los cambios en los parámetros más relevantes durante las 5 temporadas de muestreo.

### 7.2.1 Valores pH

El pH es un parámetro que muestra el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia, por ello es uno de los principales parámetros indicadores de calidad. La NOM-127-SSA1-1994 indica que un pH óptimo se encuentra entre 6.5 y 8.5, en la **figura 21** se muestran los valores medidos en los cinco tiempos de muestreo en los seis sitios y se puede observar que se encuentran dentro del rango permitido (líneas rojas marcan los límites permisibles que marca la normatividad mencionada en el texto).

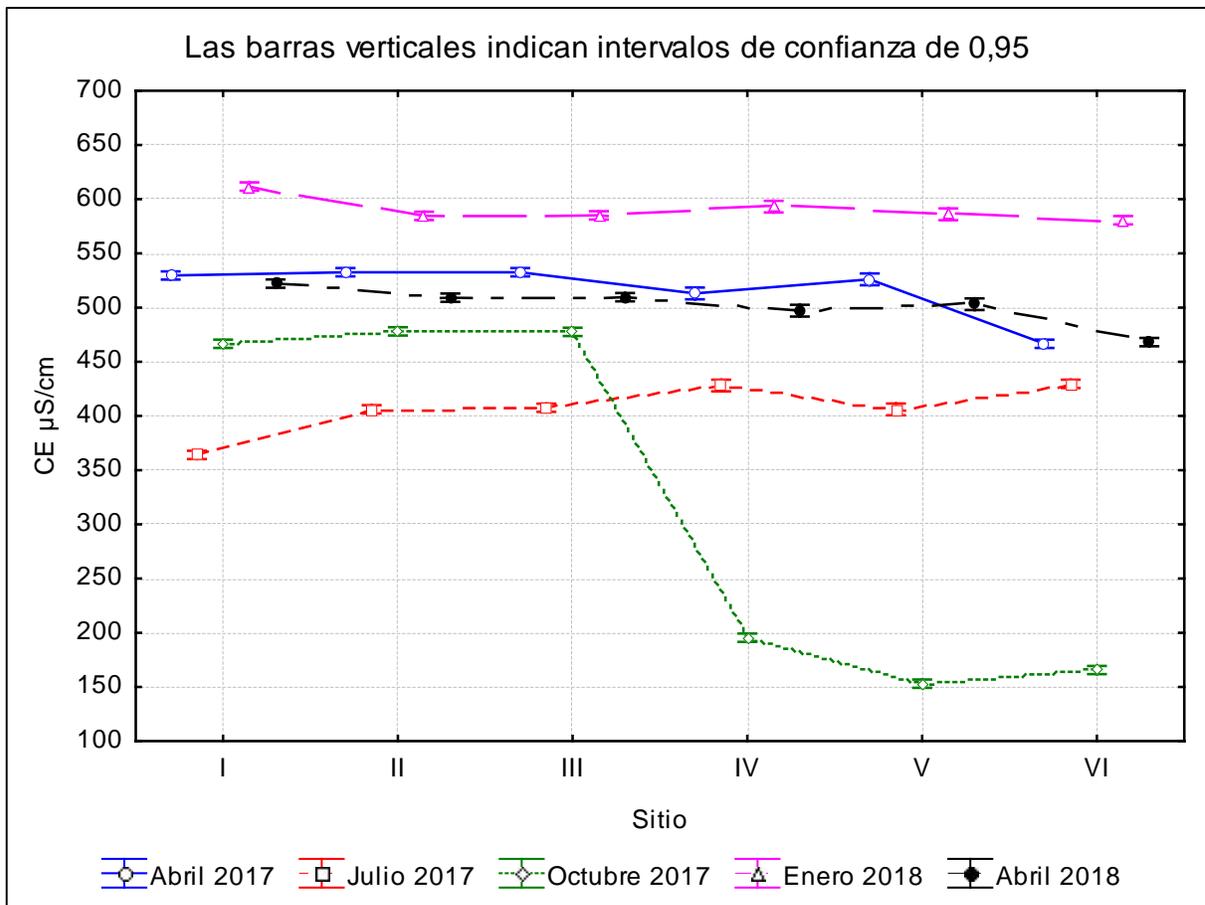


**Figura 21.** Cambios de pH en tiempo y espacio

Los valores altos de pH podrían traer consigo problemas de incrustaciones en las redes de distribución mientras que un pH menor podría traer problemas de corrosión.

## 7.2.2 Conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CE)

La CE muestra la concentración de sales disueltas en el agua. La concentración máxima permisible para el agua potable es de 1,400, y los valores capturados varían de 152 a 611. La **figura 22** muestra los cambios ocurridos en tiempo y espacio con respecto a CE, todas las lecturas se encuentran dentro de la normativa vigente.

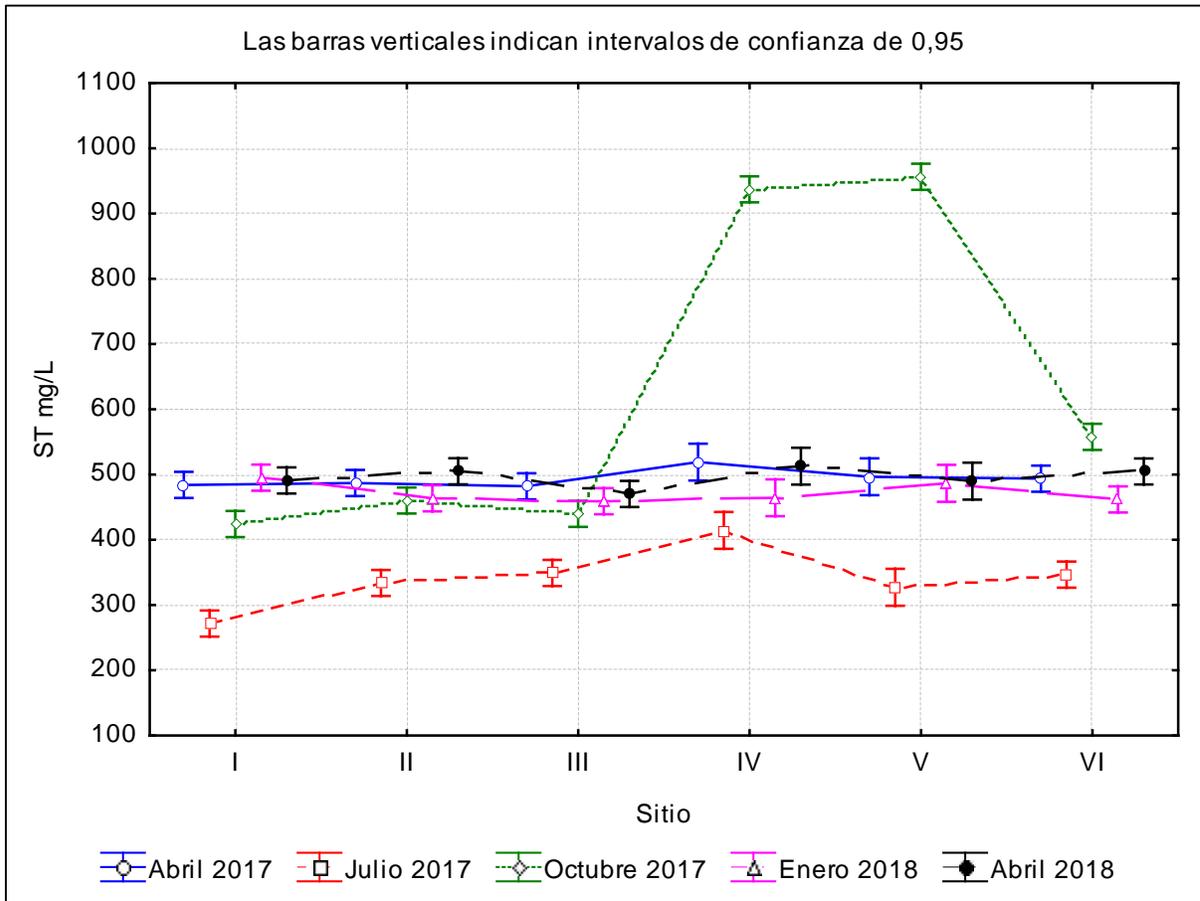


**Figura 22.** Cambios de CE en Tiempo y espacio.

Como se muestra en la **figura 22** la CE registrada presenta cambios dependiendo de la temporada de muestreo. En el muestreo de octubre se observó una baja en los sitios 4, 5 y 6, por efecto de dilución con la aportación del río Súchil.

### 7.2.3 Determinación de sólidos totales

Los sólidos totales incluyen las sales disueltas, la materia orgánica, materia sedimentable y materia en suspensión. La **figura 23** muestra los resultados y diferencias con respecto a las distintas temporadas de muestreo.



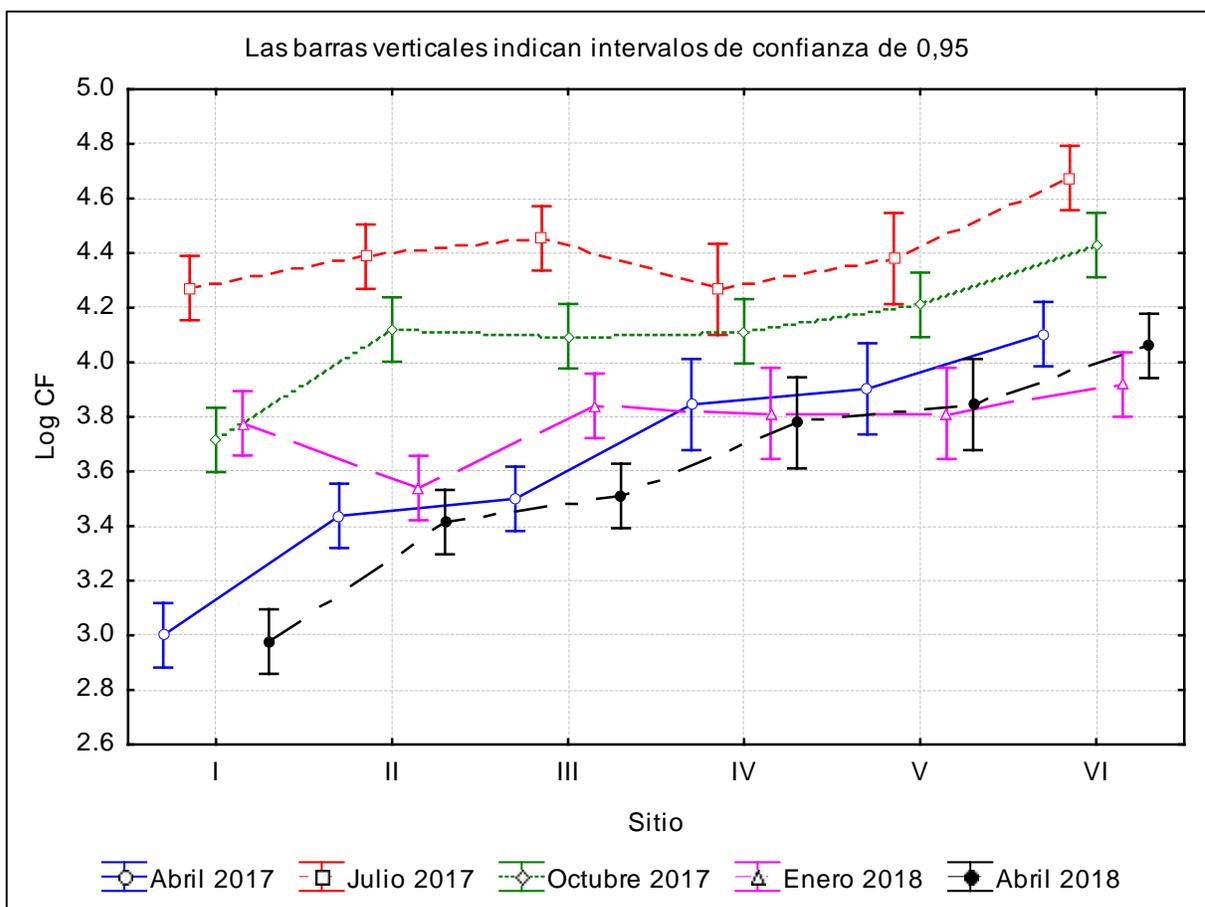
**Figura 23** Cambios en los sólidos totales encontrados por tiempo y espacio.

La **figura 23** muestra cambios significativos entre sitios para octubre por la entrada de agua del río Súchil, el resto de las temporadas no tuvieron cambios significativos entre los sitios, la temporada con menor cantidad de sólidos totales registrados fue en julio, tal vez, porque el agua es abastecida totalmente de los manantiales, sin entradas de fuera.

## 7.2.4 Determinación de coliformes fecales (CF)

La caracterización microbiológica, en especial el contenido de CF es de vital importancia debido a que estos microorganismos se desarrollan en el tracto digestivo de los mamíferos. Por tal motivo la presencia de estos microorganismos en el agua, indica una contaminación reciente por materia fecal, debido a esto es utilizado como indicador de calidad (González , 2008).

En la **figura 24** se resumen los datos de cuantificación fecal. Se observó que la mayoría de los sitios rebasa el límite permitido por la norma (línea roja).



**Figura 24** Cuantificación de CF en Tiempo y espacio.

La **figura 24** muestra como el contenido de CF entre sitios aumenta, tal vez debido a que los primeros sitios de muestreo son los menos accesibles a la población. Los muestreos de enero y abril fueron los que presentaron menor cantidad de CF, se

considera debido a que en la temporada de lluvias llega agua probablemente de vertidos difusos domésticos.

### Aniones y cationes

En el **anexo I** se muestran los resultados de aniones y cationes promedio de dos muestras tomadas con un intervalo de 15 minutos entre ellas para los 6 sitios en las 5 temporadas.

En la tabla 1 se muestran los valores de los parámetros promedio y su desviación estándar de aniones y cationes para cada muestreo.

**Tabla 1** Valores promedio y desviación estándar (n=12) de aniones y cationes por muestreo

Muestreo	T. °C (agua)	Aniones mg/L					Cationes mg/L			
		F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	N – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Na	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>
Abril 2017	19.6 ±0.10	1.4 ±0.01	5.8 ±0.12	0.0 ±0.0	3.8 ±0.05	55.3 ±0.40	52.1 ±0.53	6.9 ±0.12	39.7 ±0.41	6.4 ±0.11
Julio 2017	21.0 ±0.10	<b>1.6</b> ±0.01	2.5 ±0.12	0.0 ±0.0	1.6 ±0.05	24.5 ±0.40	39.7 ±0.53	8.2 ±0.12	14.5 ±0.41	1.5 ±0.11
Octubre 2017	19.6 ±0.09	0.8 ±0.01	3.4 ±0.11	0.1 ±0.01	2.3 ±0.05	32.8 ±0.35	24.8 ±0.46	7.7 ±0.11	6.9 ±0.36	0.1 ±0.09
Enero 2018	17.4 ±0.10	<b>1.5</b> ±0.01	5.5 ±0.12	0.3 ±0.01	3.7 ±0.05	62.9 ±0.40	53.4 ±0.53	7.9 ±0.12	36.9 ±0.41	6.1 ±0.11
Abril 2018	18.1 ±0.10	<b>1.5</b> ±0.01	6.5 ±0.12	0.4 ±0.01	4.2 ±0.05	53.4 ±0.40	50.2 ±0.53	6.9 ±0.12	27.5 ±0.41	4.0 ±0.11
LMP*	*	1.5	250	*	10	400	200	*	*	*
CCA*	*	1.5	250	*	5	500	*	*	*	*
CCA°	*	10	147	*	90	130	*	*	*	*

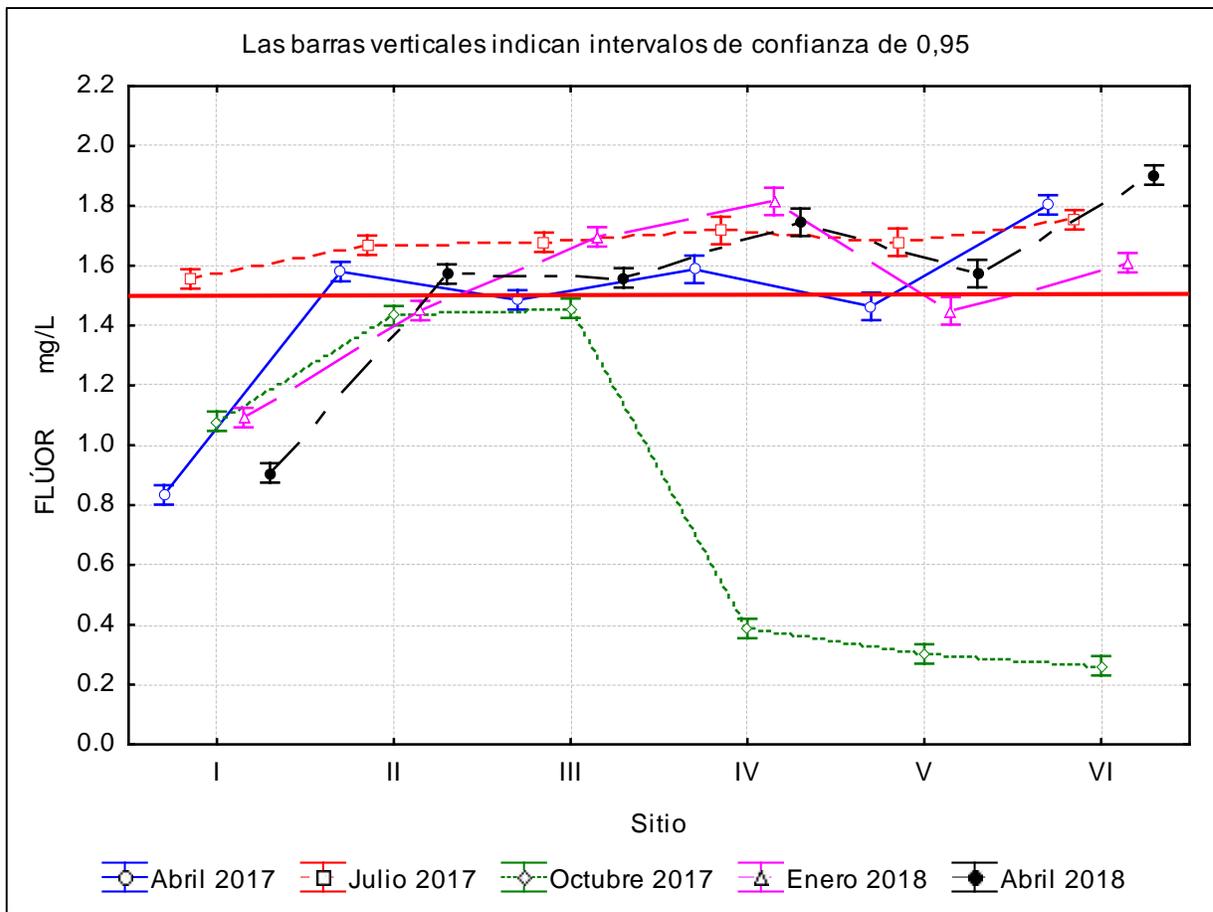
LMP\*= Límite Máximo Permisibles establecido por la NOM-127-SSA1-1994

CCA\* = Criterios ecológicos de calidad de agua potable

CCA° = Criterios ecológicos de calidad de agua para riego agrícola

Como ya se mencionó el único parámetro que excedió la norma fue el flúor, el límite establecido por la NOM-127-SSA1-1994 para uso y consumo humano es de 1.5 mg/L.

El rango varió de 0.8 a 1.9 mg/L. una alta concentración de fluoruros tiene efectos nocivos en la salud, desde la aparición de fluorosis dental hasta daños hepáticos y renales. La alta concentración de flúor está relacionada a la conformación geológica, la cual suele ser roca volcánica (Vázquez Alvarado, Hernández Ceruelos, & Muñoz Juárez, 2016).



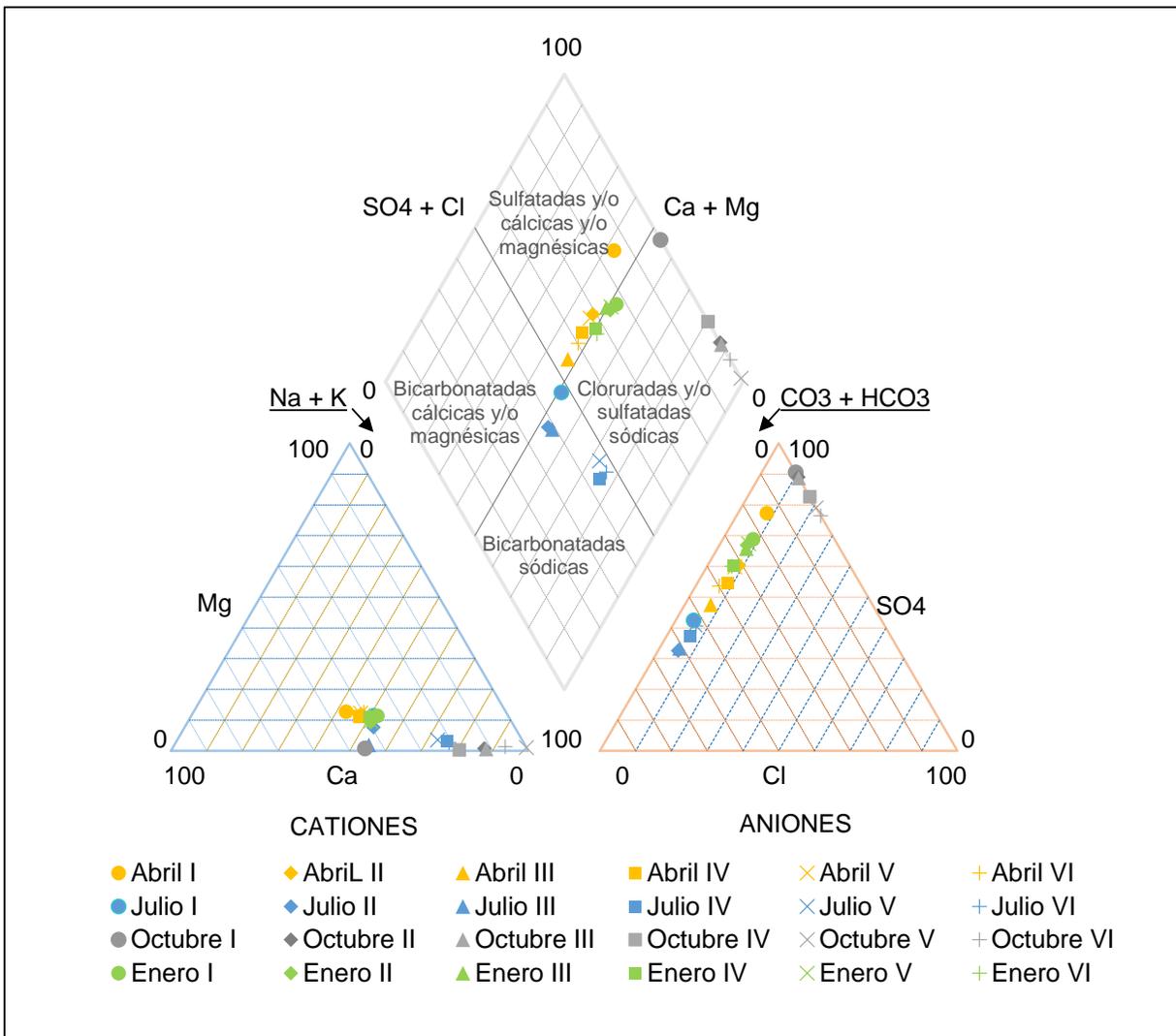
**Figura 25** Cambios en la concentración de flúor en tiempo y espacio.

La **figura 25** muestra las variaciones en la concentración del ion fluoruro; con respecto a las temporadas y sitios. La línea roja indica el límite establecido por la NOM-127-SSA-1994. Con respecto al muestreo de octubre se observó una disminución del contenido de flúor en los 3 sitios después de la entrada del río Súchil.

### 7.3 Análisis de familias hidroquímicas y procedencia del agua

#### 7.3.1. Familias hidroquímicas

Para el agua generada en la barranca con referencia a los sitios y temporadas de muestreo, se encontraron tres familias. Todos los sitios de los muestreos en abril y febrero se mostraron parecidos, ambas temporadas se ubicaron en los límites de la familia sulfatadas cálcicas y magnésicas, para las primeras y en el límite de las cloruradas sulfatadas sódicas para las segundas; los efectos de las lluvias cambiaron la composición química y por ende la familia a la que pertenecen los muestreos de julio y octubre, ver **figura 26**, la figura muestra con numero romano cada sitio de muestreo.



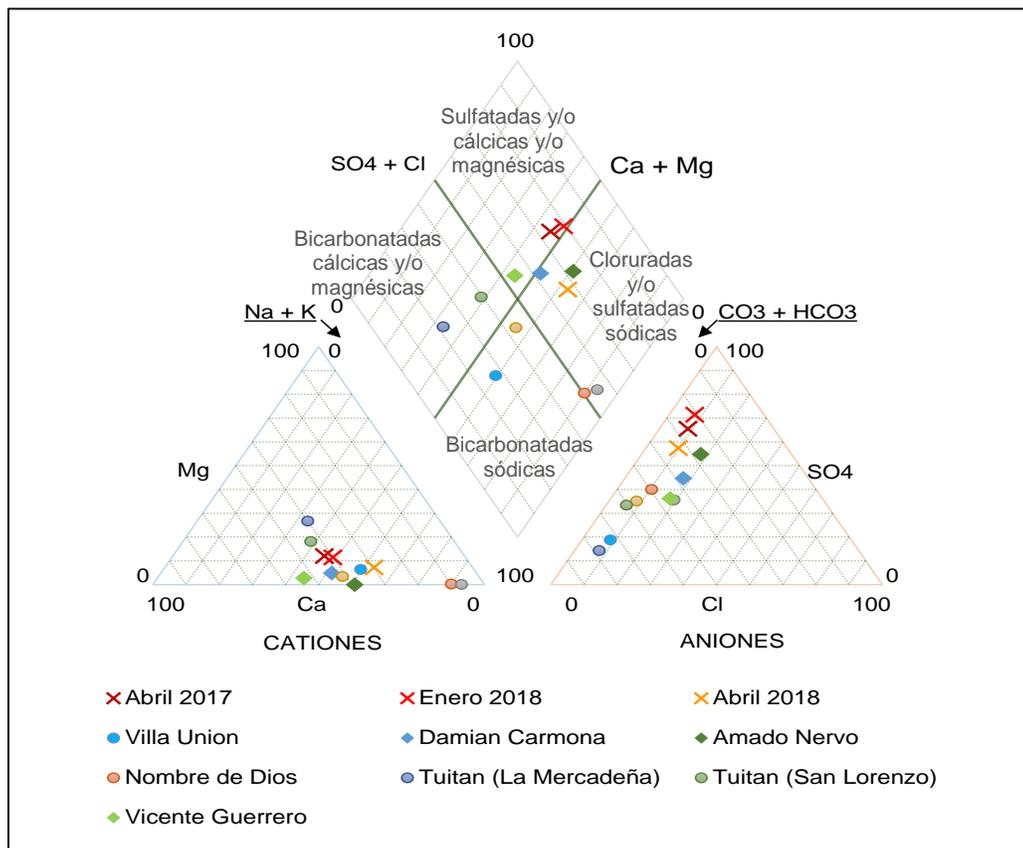
**Figura 26** Diagrama de Piper comparación hidroquímica en tiempo y espacio.

De acuerdo a la clasificación química del agua (Fagundo Castillo & Valdés Ramos, 1996) el agua de la barranca de San Quintín comparte más características químicas con el agua de manantial kárstico superficial

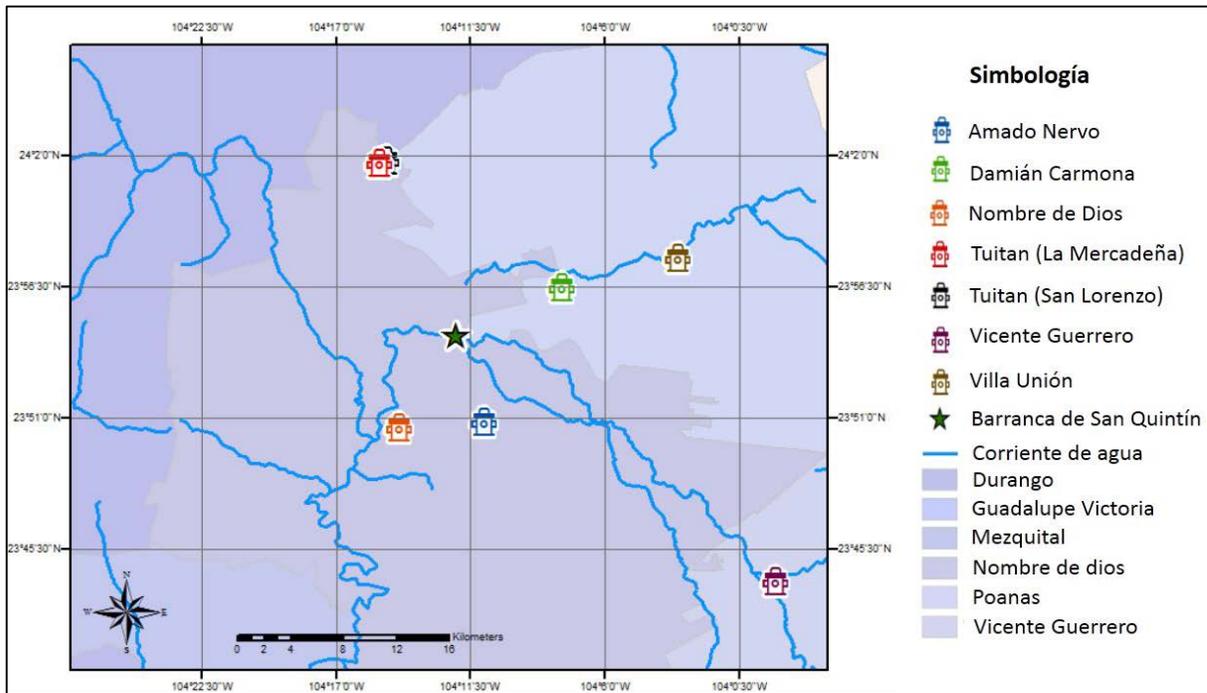
### 7.3.2. Analisis de la procedencia del agua

Con referencia a los muestreos de enero y abril (temporada de secas) y pozos aledaños muestreados en marzo, se encontró que el agua de la barranca de San Quintín comparte características químicas con el agua proveniente de los pozos de Amado Nervo, Damián Carmona y Vicente Guerrero. Las cuales se están en los límites de las sulfatadas cálcicas y magnésicas, y en el límite de las cloruradas sulfatadas sódicas.

En la **figura 27** se observan las familias hidroquímicas a las que pertenece el agua muestreada los meses de abril 2017, enero 2018, y abril 2018, también se observa la clasificación de familias de 7 pozos los cuales fueron muestreados en marzo.

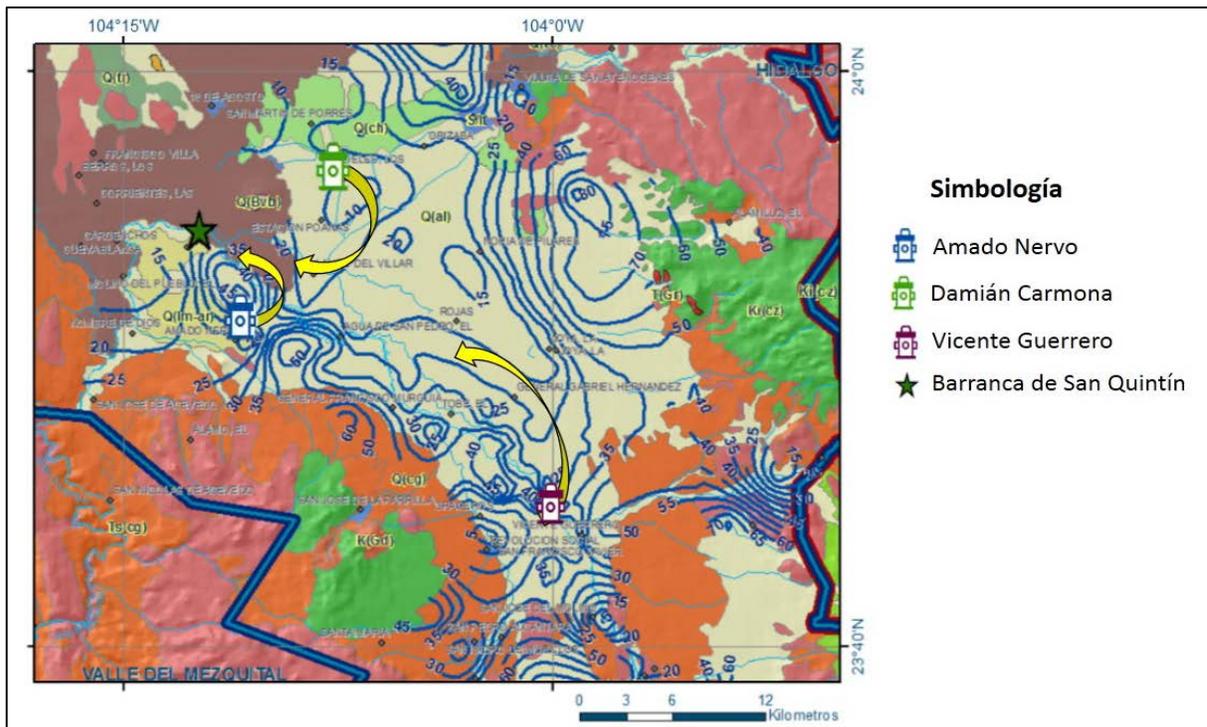


**Figura 27** Diagrama de Piper comparación hidroquímica de la Barranca y los pozos aledaños.



**Figura 28** Ubicación geográfica de los pozos aledaños a la barranca.

Contrastando con la posición geográfica de los pozos muestreados con las corrientes superficiales, como se muestra en la **figura 28**, podemos observar que la corriente superficial está dirigida a la barranca de San Quintín.



**Figura 29** Profundidad a nivel estático (m) 2010.

Para corroborar que el agua analizada pertenece al acuífero Vicente Guerrero-Poanas se consultó la profundidad del nivel estático del acuífero en el año 2010, como se observa en la **figura 29**.

#### 7.4 Análisis cantidad de agua

Se realizaron 5 aforos en el sitio de trabajo, estos se realizaron de acuerdo a las temporadas de mayor y menor precipitación media.

La **Tabla 2**, muestra los resultados de los aforos en los diferentes sitios.

**Tabla 2** Cantidad de agua de la barranca de San Quintín

Muestreo	Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4		Punto 5		Punto 6	
	L/s	%										
<b>Abril 2017</b>	53.9	49.6	99.3	91.3	9.5	8.7	27.4	23.1	77.2	65.2	13.9	11.7
<b>Julio 2017</b>	20.0	21.7	78.3	84.9	13.9	15.1	20.3	17.8	77.8	68.1	16.1	14.1
<b>Octubre 2017</b>	57.0	57.2	86.4	86.7	13.2	13.3	18.8	9.5	78.5	0.3	30909	99.7
<b>Enero 2018</b>	65.1	62.4	96.9	92.9	7.4	7.1	38.5	13.8	59.1	21.2	180.7	64.9
<b>Abril 2018</b>	65.1	58.7	105.8	95.5	5.0	4.5	28.6	24.3	71.7	60.8	17.5	14.9

Con Los resultados de la **tabla 2** se realizó un balance de escurrimiento. Esto se realizó con el fin de identificar la diferencia de aportación de agua subterránea en las cascadas, y manantiales pequeños, ver **tabla 3**.

**Tabla 3** Balance de escurrimiento

Muestreo	Punto* (1)	Cascada	Entrada* (2+3)	Entrada súchil	Manantiales pequeños	Salida* (4+5+6)	Manantiales totales (Cascada + manantiales p.)
	L/s						
<b>Abril 2017</b>	53.94	54.88	108.82	0.00	9.68	118.50	64.56
<b>Julio 2017</b>	20.00	72.22	92.22	0.00	22.01	114.23	94.23
<b>Octubre 2017</b>	57.01	42.64	99.65	30807.47	99.14	31006.26	141.78
<b>Enero 2018</b>	65.07	39.18	104.25	0.00	174.11	278.35	213.29
<b>Abril 2018</b>	65.05	45.79	110.85	0.00	7.01	117.86	52.8

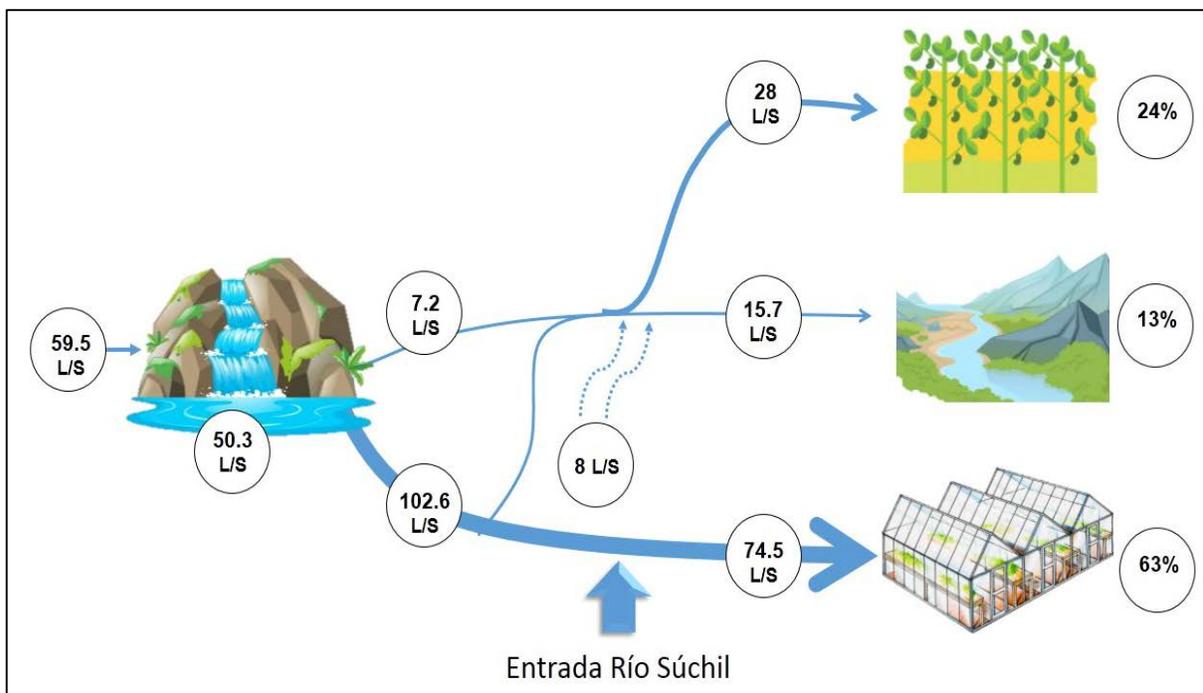
\* Los valores entre paréntesis ( ) indican los puntos de muestreo a los que se suman en cada una de las columnas.

En **tabla 3** se puede identificar que la temporada en la que se identificó mayor aportación de agua subterránea fue enero.

La temporada Octubre también provee una importante cantidad de agua, ya que en esta 198.7 L/s son abastecidos por agua subterránea y 30807.47 L/s provienen del río Súchil.

Según la clasificación de agua de manantial (Meinzer, 1933) el caudal de la barranca de San Quintín se encuentra en tercera categoría la que abarca de caudales entre 28 L/s y 280 L/s.

La **figura 30** muestra un diagrama de las aportaciones y destino del agua que proveen los manantiales (promedio de los dos muestreos de abril).



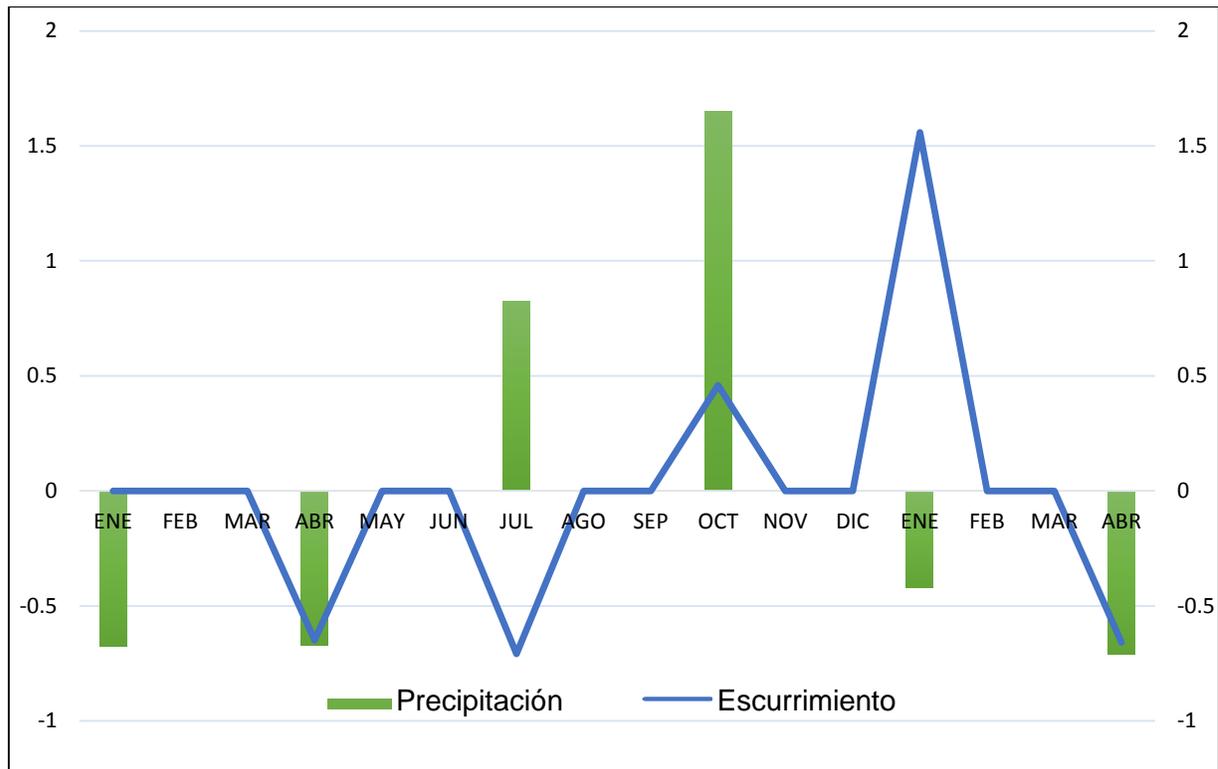
**Figura 30** Diagrama de los flujos de salida de agua de la barranca.

En la **figura 30** se puede observar la cantidad de agua que aporta la cascada y la de los pequeños manantiales que no pueden ser aforados directamente (líneas punteadas). El agua del punto 1 (59.5 L/s) proviene de manantiales pequeños en la parte superior de la barranca, por lo que se aforan aparte, para calcular por diferencia el caudal que aporta la cascada, en las distintas temporadas del año.

Como podemos observar más del 85% del caudal del río es desviado para uso agrícola, en temporada de secas, lo que ocasiona que alrededor de 1.5 Km de arbolado sobrevivan con un caudal de 7.5 L/s de agua.

### 7.5 Relación lluvia escurrimiento

Para la identificación de la relación existente entre el servicio de provisión de agua de la barranca de San Quintín (escurrimiento) y la precipitación. Se utilizaron las medias de precipitación de las estaciones meteorológicas; San José de Acevedo, Vicente Guerrero Súchil y presa Francisco Villa (Poanas) del año 2017 y 2018. Para lo cual se estandarizaron los datos de precipitación y escurrimiento (Figura 29).



**Figura 31** Grafica de la relación lluvia escurrimiento.

La **figura 31** muestra la relación existente entre el escurrimiento y la precipitación. En ella se puede observar que la precipitación no se ve reflejada inmediatamente en el escurrimiento. Se observa que la precipitación se ve reflejada aproximadamente tres meses después de que esta se presenta.

## 7.6 De las actividades agrícolas

Con el fin de evaluar el uso y aprovechamiento del agua proveniente de los manantiales de la barranca de San Quintín se realizaron entrevistas proyectadas a los propietarios del ejido Ignacio Zaragoza; únicos beneficiarios de la concesión del uso y aprovechamiento de esta agua.

La encuesta se basó en cuatro secciones se presentan los resultados en base a ellos:

1. La primera sección de la encuesta, que se refiere a aspectos socioeconómicos, mostró que las personas que hacen uso del agua son hombres con edades que oscilan entre los 19 y 68 años. Son los principales proveedores económicos de sus hogares y de cada uno de ellos dependen en promedio 4 personas. Los gastos mensuales de estas familias oscilan entre 1000 y 4000 pesos y ninguna de estas familias indicó tener capacidad de ahorro. Su principal fuente de trabajo es la agricultura y el 60 % realizan actividades ganaderas como segunda fuente de trabajo.
2. La segunda parte de la encuesta, diagnosticó aspectos sobre la producción agrícola, resultando que los usuarios del agua tienen entre 2 y 6 hectáreas destinadas a exclusivamente a uso agrícola de las cuales hacen uso. El agua que usan proviene de la barranca de San Quintín y los meses en que hacen uso de este recurso son abril, mayo y junio. Utilizan sistemas de riego por gravedad; riego rodado y a canal abierto. Por su concesión no pagan derecho al uso de agua. Ninguno cuenta con maquinaria agrícola propia y todos hacen usos de fertilizantes que aplican a la semilla. Los productos obtenidos de la actividad agrícola son principalmente maíz y frijol, los cuales cuentan respectivamente con 15.5 y 12 hectáreas en total para su producción y la principal finalidad de estos cultivos es autoconsumo. También existe la producción de tomate en invernadero.
3. De los aspectos ganaderos indicaron, que no hacen uso del agua de la barranca para esta actividad, ya que cuentan con un agostadero que es alimentado por agua de un pequeño manantial, por la cual no pagan. Para esta actividad se

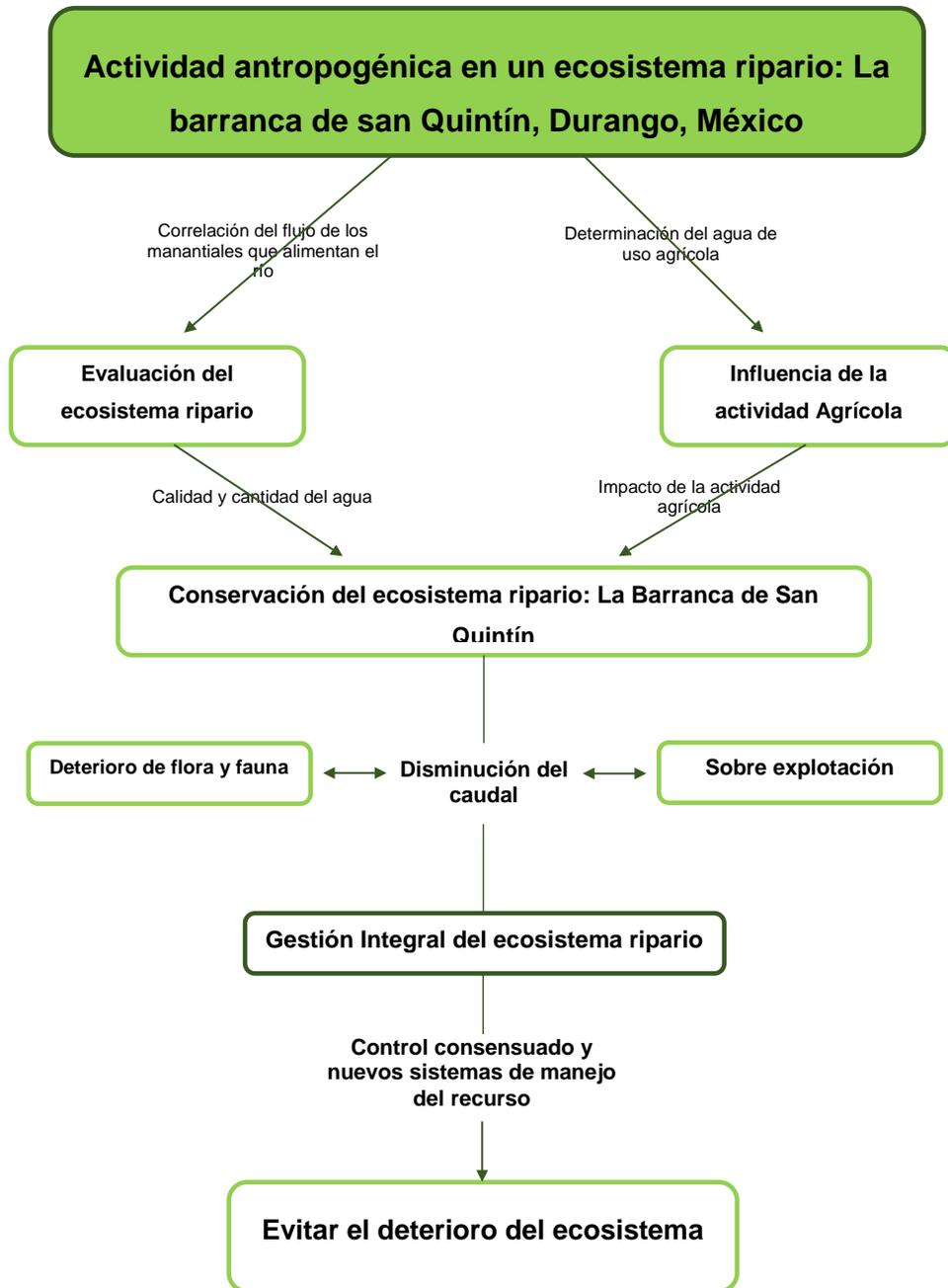
tienen destinadas 12 hectáreas de uso común y en total se cuenta con 47 cabezas de ganado vacuno, 5 porcinos, 6 equinos y 55 avícolas. La actividad ganadera tiene como principal finalidad; producción de carne leche y huevo para autoconsumo y una pequeña parte para venta. Se observaron en campo algunas discrepancias con la información proporcionada.

4. En la cuarta parte de la entrevista se preguntó acerca de los cambios en la calidad y cantidad del agua de la barranca, así como en el ecosistema ripario a través del tiempo. Indicaron que existe en el devenir del tiempo una disminución en la cantidad de agua de la barranca, enfatizando sobre la disminución de la cantidad de agua en temporadas de secas. También indicaron disminución de la fauna acuática en los últimos 10 años, e impactos en el ecosistema como disminución de arbolado y aumento en contaminación por residuos sólidos.

En el **anexo II** se muestran la encuesta que se realizó a los ejidatarios.

### 7.7 Visión a futuro del uso del agua

Esta investigación se concreta en la **figura 32** que resume la estructura metodológica a partir de la investigación teórico-documental y la técnica y de campo como vía para alcanzar la gestión integral del uso del agua en la barranca de San Quintín, en el municipio de Nombre de Dios, Durango.



**Figura 32** Diagrama de la gestión del ecosistema ripario.

Con el fin de evitar el deterioro del ecosistema se plantean las siguientes propuestas de manejo:

- Debido a que la principal causa de extracción de agua, en la barranca de San Quintín es para uso agrícola. Se recomienda disminuir el segmento de desvío de agua, a fin de que toda la parte alta de la barranca de San Quintín cuente con el cauce natural del río. Es decir la extracción de agua se realice en el punto de aforo 6.
- Con el fin de optimizar el uso de agua se recomienda;
  - Utilizar técnicas de cultivo que disminuyan el consumo de agua, como el diseño hidrológico con líneas clave.
  - Técnicas de ahorro de agua, como la cosecha de agua en temporada de lluvias.
- Con el fin de mejorar la calidad de agua se recomienda, delimitar el área de pastoreo de ganado para evitar la contaminación por coliformes fecales.
- Con el fin de disminuir el impacto generado por la actividad turística se recomienda realizar un estudio sobre la capacidad de carga del ecosistema.
- La involucración de la comunidad Ignacio Zaragoza en planes de manejo y conservación de ecosistemas.
- Realización de un estudio sobre el índice de calidad de vida y satisfacción de los habitantes aledaños a la barranca de San Quintín.

## VIII. CONCLUSIONES

- La calidad del agua de los manantiales de la barranca de san Quintín es adecuada para cualquier uso. De acuerdo con la NOM-127-SSA-1994 y el acuerdo de Criterios ecológicos de calidad de agua. Sin embargo la contaminación por coliformes fecales a lo largo del transcurso del río, ocasiona que sea necesario someterla a un tratamiento previo de desinfección.
- La composición química del agua se modifica conforme a las temporadas del año (lluvias o secas) y esto se debe al tiempo que tarda el agua en infiltrarse, la cantidad de agua que se infiltro y el tiempo que tarda en emanar el agua infiltrada.
- De acuerdo a la comparación del agua de la barranca, la de los pozos aledaños podemos concluir que; el agua de la barranca proviene de la infiltración en el acuífero Vicente Guerrero-Poanas debido a que comparte las mismas características químicas.
- Más del 85% del agua que provee la barranca de San Quintín es desviada del cauce natural del río. Lo que trae como consecuencia que más de 1.5 Km de arbolado sobreviva con una cantidad mínima de agua en la temporada de secas. Lo que podría resultar en el deterioro del ecosistema ripario de la parte alta de la cuenca de la barranca de San Quintín.
- La cantidad del agua que proveen los manantiales de la barranca de San Quintín difiere con respecto a las temporadas del año. Siendo agosto, septiembre y octubre los meses con mayor precipitación, la cual en los manantiales, se ve reflejada en los meses de octubre, noviembre diciembre y enero. Siendo enero el mes con mayor índice de aportación de agua proveniente de manantiales y abril el mes con menor índice de aportación.

- La actividad agrícola es la principal causa de desvío de agua de la barranca de San Quintín. Los únicos beneficiarios del uso de este recurso lo utilizan para la producción de maíz, frijol y tomate y la cantidad de agua que usan para este fin podría disminuir si se realizaran innovaciones tecnológicas en la forma de cultivo.
- Existe contaminación de residuos sólidos urbanos debido a la popularización de la barranca de San Quintín; los cuales podrían aumentar con la inclusión de Nombre de Dios en programas para promover el turismo (Pueblos Mágicos). Generando impactos en el ecosistema, derivados de una sobre explotación de la capacidad de carga del mismo.
- La información proveniente de INEGI con respecto a la hidrología superficial es inexacta, ya que muestra escurrimiento del río súchil durante todo el año el cual se ha modificado por la construcción de presas.
- El proyecto diagnóstico las condiciones que prevalecen en la barranca de San Quintín en Nombre de Dios, Durango y sirve como base para planear la gestión integral del manejo del agua, contribuyendo al contexto socio ambiental sustentable.

## IX. Bibliografía

- Aguilera, G., & Pouilly, M. (2012). Caudal ecológico: definiciones, metodologías y adaptación a la región andina. *Acta zoológica lilloana*, 15-30.
- Allan, D. J. (2004). Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257-284.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE*. MÉXICO: LIMUSA.
- Blinn, R., & Kilgore, A. (2001). Riparian Management Practices. *Journal of Forestry*, 11-17.
- Bosque Gella, J. B. (2015). *Hidroquímica de aguas superficiales y subterráneas del Somotano de Huesca*. España: Universidad de Zaragoza.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Briones, G., & Garcia, I. (2008). *Aforo del agua*. México: Trillas.
- Bunn, S. E., & Arthington, A. H. (2002). Basic Principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, 492-507.
- CE-CCA-001/89. (s.f.). ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECEN LOS CRITERIOS ECOLÓGICOS DE CALIDAD.
- Chovanec, A., Jäger, P., Jungwirth, M., Koller-Kreimel, V., Moog, O., Muhar, S., & Schmutz, S. (2000). The Austrian way of assessing the ecological integrity of running waters: a contribution to the EU Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 445-452.
- Clarke, R., & King, J. (2004). *The water atlas*. The New Press.
- CONAGUA. (2007). *MANUAL DE AGUA POTABLE*. México: CONAGUA.

- CONAGUA. (2012). *Atlas del agua en México*. México: CONAGUA.
- CONAGUA. (2016). *ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO*. MÉXICO: CONAGUA.
- Dudgeon, D. (1994). The influence of riparian vegetation on macroinvertebrate community structure and functional organization in six New Guinea streams. *Hydrobiologia*, 294, 65-85.
- Fagundo Castillo, J., & Valdés Ramos, J. (1996). *HIDROQUÍMICA DEL KARST*. Cuba: Centro Nacional de Investigaciones Científicas.
- Figueruelo, J., & Marino, M. (2001). *Química física del medio ambiente*. México: Reverté.
- Franquet Bernis, J. M. (2009). *El caudal mínimo medio ambiental del tramo inferior del río Ebro*. España: Universidad nacional de educación a distancia.
- González, M. (2008). *Caracterización de coliformes fecales en agua de riego*. México: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. A., & López-Ríos, G. F. (2005). Ecología de las Zonas Ribereñas. *CHAPINGO*, 55-69.
- Hinojosa, O., & Carrillo, Y. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México: La cuenca binacional del Río Colorado*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Jackson, R. B., Carpenter, S. R., Dahm, C. N., Mc Knight, D. M., Naiman, R. J., Postel, S., & Ronning, S. W. (2001). Water in a changing world. *Ecological Applications*, 1027-1045.
- Kutschker, A., Brand, C., & Miserendino, M. L. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología austral*, 19.
- Maass Moreno, J. M. (2015). *Cuencas de México*. México: CONAGUA.
- Manning, J. C. (1997). *Applied Principles of Hydrology 3rd ed.*. New Jersey: Prentice Hall.

- Meinzer, E. (1933). Geologic reconnaissance of a region adjacent to Guantanamo Bay, Cuba. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 246-263.
- Moncada, J. (1999). *Monitoreo, coleccion y manejo de muestras*. Honduras: Zamorano
- Murchie, K., Hair, K., Pullen, C., Redpath, T., Stephens, H., & Cooke, S. (2008). Fish response to modified flow regimes in regulated rivers research methods, effects and opportunities. *River research and applications*, 197-217.
- Naiman, R. J., Décamps, H., & Pollock, M. (1993). The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 209-212.
- NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- Ordoñez G., J. j. (2011). *CARTILLA TÉCNICA: Aguas subterráneas-acuíferos*. Lima Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Pettit, N. E., Froend, R. H., & Davies, P. M. (2001). Identifying the natural flow regime and the relationship with riparian vegetation for two contrasting western Australian rivers. *River Research and Applications*, 201-215.
- Piña, L. I. (1990). *Recursos bióticos de la cuenca San Juan Moctezuma en el estado de Querétaro*. México: Limusa.
- Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., . . . Stromberg, J. C. (1997). The Natural Flow Regime: A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*, 769-784.
- Postel, S. (1996). *Dividing the waters: Food security, ecosystem health, and the new politics of scarcity*. Washington D.C.: World Watch Institute.

- Postel, S., & Richter, B. (2003). *Rivers for Life: Managing Water for People and Nature*. Washington D.C.: Island Press.
- Pringle, C. M., Freeman, M. C., & Freeman, B. J. (2000). Regional effects of hydrologic alterations on riverine macrobiota in the New World: Tropical- temperate comparisons. *Bioscience*, 807-823.
- Reed, T., & Carpenter, S. R. (2002). Comparisons of P-Yield, Riparian Buffer Strips, and Land Cover in Six Agricultural Watersheds. *Ecosystems*, 568-577.
- Scarsbrook, M. R., & Halliday, J. (1998). Transition from pasture to native forest land-use along stream continua: Effects on stream ecosystems and implications for restoration. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 293-310.
- Sienko, M., & Plane, R. (1961). *Química*. España: McGraw-Hill.
- Simonovic, S. (2000). Tools for Water Management One View of the future. *Water International*, 25(1), 76-88.
- Toledo, A. (Julio de 2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*, 9-18.
- UNAM, Red del agua. (1 de Enero de 2015). Derecho humano al agua. *Impluvium*(4), pág. 2. Obtenido de <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero04.pdf>
- Vargas, L. (2004). *Tratamiento de aguas para consumo humano*. Lima : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Vázquez Alvarado, P., Hernández Ceruelos, A., & Muñoz Juárez, S. (2016). *Revista de educación, cooperación y bienestar social*. Obtenido de Revista de educación, cooperación y bienestar social: <http://www.revistadecooperacion.com/numero9/e-01.pdf>
- Vázquez, G., García Franco, J. G., Castillo, G., Escobar, F., Guillén, A., Martínez, M. L., . . . Galindo, J. (2015). ECOSISTEMAS RIBEREÑOS en un paisaje fragmentado. *CONABIO BioDIVERSITAS*, 7-11.

- Villanueva Díaz , J., Cerano Paredes , J., Constante García, V., William Stahle, D., Martínez Sifuentes , A. R., & Durán Guerra , O. (2013). *Dinámica de poblaciones de sabino (Taxodium mucronatum Ten.) en la cuenca del río San Pedro Mezquital* . México: INIFAP.
- Walker , K. F., Sheldon , F., & Puckridge, J. T. (1995). A perspective on a dry land river ecosystems . *Regulated Rivers* , 85-104.
- Williams , J. D., Warren Jr., M. L., Cummings, K. S., Harris, J. L., & Neves , R. J. (1993). Conservation Status of Freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries* , 6-2.
- WWF. (2012). *El río San Pedro Mezquital: El gran desconocido*. México : WWF.

### X. ANEXOS

#### Anexo I

Resultados y desviación estándar de los parámetros analizados en tiempo y espacio (n=2)

Muestreo	Sitio	T. °C (ambiente)	T °C (agua)	pH	CE µS/cm	Log CF	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	N - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sup>-2</sup>	mg/L					ST	SVT
												Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>			
Abril 2017	I	21.5 ± 0.5	18.4 ± 0.2	8.1 ± 0.1	529.5 ± 1.8	3.0 ± 0.1	0.8 ± 0.0	5.9 ± 0.3	0.0 ± 0.0	4.6 ± 0.1	76.0 ± 0.9	47.5 ± 1.1	6.6 ± 0.3	43.3 ± 0.9	7.5 ± 0.2	484.2 ± 9.6	135.8 ± 9.7	
	II	21.0 ± 0.5	20.0 ± 0.2	8.3 ± 0.1	532.5 ± 1.8	3.4 ± 0.1	1.6 ± 0.0	6.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	5.3 ± 0.1	56.9 ± 0.9	52.0 ± 1.1	7.3 ± 0.3	39.2 ± 0.9	7.0 ± 0.2	487.1 ± 9.6	170.0 ± 9.7	
	III	21.0 ± 0.5	20.0 ± 0.2	8.3 ± 0.1	532.5 ± 1.8	3.5 ± 0.1	1.5 ± 0.0	6.5 ± 0.3	0.0 ± 0.0	4.4 ± 0.1	57.9 ± 0.9	54.0 ± 1.1	7.5 ± 0.3	40.9 ± 0.9	6.8 ± 0.2	482.1 ± 9.6	143.3 ± 9.7	
	IV	21.0 ± 0.7	20.0 ± 0.3	8.3 ± 0.2	513.0 ± 2.6	3.8 ± 0.1	1.6 ± 0.0	6.0 ± 0.4	0.0 ± 0.0	3.5 ± 0.2	50.7 ± 1.2	51.0 ± 1.6	7.1 ± 0.4	39.4 ± 1.2	6.4 ± 0.3	519.2 ± 13.6	209.2 ± 13.7	
	V	21.0 ± 0.7	20.0 ± 0.3	8.1 ± 0.2	526.0 ± 2.6	3.9 ± 0.1	1.5 ± 0.0	5.6 ± 0.4	0.0 ± 0.0	4.8 ± 0.2	57.5 ± 1.2	52.6 ± 1.6	7.8 ± 0.4	39.8 ± 1.2	7.2 ± 0.3	496.7 ± 13.6	172.5 ± 13.7	
	VI	21.0 ± 0.5	19.3 ± 0.2	7.7 ± 0.1	466.5 ± 1.8	4.1 ± 0.1	1.8 ± 0.0	4.8 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.5 ± 0.1	32.9 ± 0.9	56.1 ± 1.1	5.6 ± 0.3	35.6 ± 0.9	3.8 ± 0.2	493.8 ± 9.6	211.3 ± 9.7	
Julio 2017	I	22.0 ± 0.5	21.0 ± 0.2	7.7 ± 0.1	364.0 ± 1.8	4.3 ± 0.1	1.6 ± 0.0	2.2 ± 0.3	0.0 ± 0.0	1.2 ± 0.1	25.7 ± 0.9	34.0 ± 1.1	8.3 ± 0.3	23.1 ± 0.9	4.3 ± 0.2	271.7 ± 9.6	121.4 ± 9.7	
	II	23.0 ± 0.5	21.4 ± 0.2	7.7 ± 0.1	406.0 ± 1.8	4.4 ± 0.1	1.7 ± 0.0	2.6 ± 0.3	0.0 ± 0.0	2.1 ± 0.1	20.7 ± 0.9	38.7 ± 1.1	8.4 ± 0.3	25.2 ± 0.9	1.5 ± 0.2	333.9 ± 9.6	192.9 ± 9.7	
	III	26.0 ± 0.5	20.8 ± 0.2	7.8 ± 0.1	407.5 ± 1.8	4.5 ± 0.1	1.7 ± 0.0	2.6 ± 0.3	0.0 ± 0.0	2.0 ± 0.1	20.5 ± 0.9	37.9 ± 1.1	8.0 ± 0.3	6.4 ± 0.9	0.7 ± 0.2	349.2 ± 9.6	178.9 ± 9.7	
	IV	26.0 ± 0.7	21.1 ± 0.3	7.5 ± 0.2	428.0 ± 2.6	4.3 ± 0.1	1.7 ± 0.0	2.7 ± 0.4	0.0 ± 0.0	1.6 ± 0.2	29.1 ± 1.2	42.2 ± 1.6	8.4 ± 0.4	10.2 ± 1.2	0.9 ± 0.3	414.4 ± 13.6	241.7 ± 13.7	
	V	26.0 ± 0.7	21.5 ± 0.3	7.6 ± 0.2	406.0 ± 2.6	4.4 ± 0.1	1.7 ± 0.0	2.6 ± 0.4	0.0 ± 0.0	2.1 ± 0.2	28.8 ± 1.2	41.2 ± 1.6	8.6 ± 0.4	11.6 ± 1.2	1.1 ± 0.3	327.2 ± 13.6	141.1 ± 13.7	
	VI	24.0 ± 0.5	20.3 ± 0.2	7.6 ± 0.1	429.5 ± 1.8	4.7 ± 0.1	1.8 ± 0.0	2.7 ± 0.3	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.1	22.6 ± 0.9	44.4 ± 1.1	8.0 ± 0.3	10.5 ± 0.9	0.8 ± 0.2	346.7 ± 9.6	153.1 ± 9.7	

Octubre 2017	I	19.0 ± 0.5	19.0 ± 0.2	7.2 ± 0.1	466.5 ± 1.8	3.7 ± 0.1	1.1 ± 0.0	4.6 ± 0.3	0.2 ± 0.0	2.4 ± 0.1	60.0 ± 0.9	40.3 ± 1.1	9.4 ± 0.3	29.5 ± 0.9	0.3 ± 0.2	424.2 ± 9.6	147.9 ± 9.7
	II	20.6 ± 0.5	20.2 ± 0.2	7.3 ± 0.1	478.0 ± 1.8	4.1 ± 0.1	1.4 ± 0.0	4.7 ± 0.3	0.2 ± 0.0	3.2 ± 0.1	51.6 ± 0.9	43.8 ± 1.1	9.3 ± 0.3	5.2 ± 0.9	0.2 ± 0.2	460.3 ± 9.6	181.7 ± 9.7
	III	20.0 ± 0.5	20.4 ± 0.2	7.1 ± 0.1	477.5 ± 1.8	4.1 ± 0.1	1.5 ± 0.0	4.9 ± 0.3	0.3 ± 0.0	3.2 ± 0.1	52.0 ± 0.9	44.7 ± 1.1	8.7 ± 0.3	4.6 ± 0.9	0.2 ± 0.2	439.7 ± 9.6	168.1 ± 9.7
	IV	25.0 ± 0.5	19.8 ± 0.2	7.7 ± 0.1	195.3 ± 1.8	4.1 ± 0.1	0.4 ± 0.0	2.2 ± 0.3	0.2 ± 0.0	1.8 ± 0.1	13.9 ± 0.9	9.1 ± 1.1	7.2 ± 0.3	1.9 ± 0.9	0.0 ± 0.2	937.2 ± 9.6	174.2 ± 9.7
	V	28.0 ± 0.5	19.7 ± 0.2	7.3 ± 0.1	152.9 ± 1.8	4.2 ± 0.1	0.3 ± 0.0	1.8 ± 0.3	0.0 ± 0.0	1.8 ± 0.1	9.0 ± 0.9	2.2 ± 1.1	5.1 ± 0.3	0.9 ± 0.9	0.0 ± 0.2	956.4 ± 9.6	143.5 ± 9.7
	VI	20.0 ± 0.5	19.2 ± 0.2	7.3 ± 0.1	165.5 ± 1.8	4.4 ± 0.1	0.3 ± 0.0	2.4 ± 0.3	0.1 ± 0.0	2.0 ± 0.1	10.6 ± 0.9	8.7 ± 1.1	6.5 ± 0.3	0.5 ± 0.9	0.1 ± 0.2	557.8 ± 9.6	123.3 ± 9.7
Enero 2018	I	17.0 ± 0.5	16.5 ± 0.2	7.6 ± 0.1	611.5 ± 1.8	3.8 ± 0.1	1.1 ± 0.0	5.7 ± 0.3	0.4 ± 0.0	4.5 ± 0.1	84.8 ± 0.9	52.7 ± 1.1	7.3 ± 0.3	42.3 ± 0.9	8.1 ± 0.2	495.3 ± 9.6	97.8 ± 9.7
	II	17.0 ± 0.5	18.0 ± 0.2	7.6 ± 0.1	584.5 ± 1.8	3.5 ± 0.1	1.4 ± 0.0	5.4 ± 0.3	0.4 ± 0.0	4.4 ± 0.1	63.3 ± 0.9	53.4 ± 1.1	9.4 ± 0.3	35.8 ± 0.9	5.1 ± 0.2	463.6 ± 9.6	121.1 ± 9.7
	III	17.8 ± 0.5	18.3 ± 0.2	7.6 ± 0.1	585.0 ± 1.8	3.8 ± 0.1	1.7 ± 0.0	5.6 ± 0.3	0.4 ± 0.0	4.3 ± 0.1	61.4 ± 0.9	52.5 ± 1.1	8.4 ± 0.3	35.4 ± 0.9	6.5 ± 0.2	459.2 ± 9.6	131.7 ± 9.7
	IV	18.5 ± 0.7	17.1 ± 0.3	7.4 ± 0.2	593.0 ± 2.6	3.8 ± 0.1	1.8 ± 0.0	5.6 ± 0.4	0.4 ± 0.0	2.9 ± 0.2	53.4 ± 1.2	54.5 ± 1.6	7.8 ± 0.4	36.7 ± 1.2	6.4 ± 0.3	464.4 ± 13.6	126.1 ± 13.7
	V	20.0 ± 0.7	18.3 ± 0.3	7.8 ± 0.2	586.0 ± 2.6	3.8 ± 0.1	1.4 ± 0.0	5.3 ± 0.4	0.4 ± 0.0	4.3 ± 0.2	61.3 ± 1.2	51.9 ± 1.6	7.6 ± 0.4	34.8 ± 1.2	5.2 ± 0.3	486.7 ± 13.6	152.2 ± 13.7
	VI	21.0 ± 0.5	16.4 ± 0.2	6.8 ± 0.1	580.5 ± 1.8	3.9 ± 0.1	1.6 ± 0.0	5.4 ± 0.3	0.3 ± 0.0	2.0 ± 0.1	53.5 ± 0.9	55.9 ± 1.1	7.3 ± 0.3	36.5 ± 0.9	5.8 ± 0.2	461.9 ± 9.6	134.7 ± 9.7
Abril 2018	I	20.5 ± 0.5	17.3 ± 0.2	8.3 ± 0.1	522.0 ± 1.8	3.0 ± 0.1	0.9 ± 0.0	5.6 ± 0.3	0.4 ± 0.0	4.5 ± 0.1	73.4 ± 0.9	47.4 ± 1.1	7.0 ± 0.3	32.0 ± 0.9	5.1 ± 0.2	490.9 ± 9.6	135.7 ± 9.7
	II	20.0 ± 0.5	19.1 ± 0.2	8.3 ± 0.1	509.0 ± 1.8	3.4 ± 0.1	1.6 ± 0.0	7.0 ± 0.3	0.5 ± 0.0	4.9 ± 0.1	52.2 ± 0.9	51.2 ± 1.1	7.3 ± 0.3	26.6 ± 0.9	4.0 ± 0.2	505.1 ± 9.6	182.6 ± 9.7
	III	20.0 ± 0.5	18.9 ± 0.2	8.4 ± 0.1	509.5 ± 1.8	3.5 ± 0.1	1.6 ± 0.0	7.3 ± 0.3	0.5 ± 0.0	5.4 ± 0.1	55.2 ± 0.9	50.5 ± 1.1	7.4 ± 0.3	27.0 ± 0.9	4.1 ± 0.2	470.4 ± 9.6	162.9 ± 9.7
	IV	21.0 ± 0.7	18.1 ± 0.3	8.2 ± 0.2	497.0 ± 2.6	3.8 ± 0.1	1.7 ± 0.0	6.6 ± 0.4	0.4 ± 0.0	4.2 ± 0.2	49.8 ± 1.2	50.8 ± 1.6	7.2 ± 0.4	28.7 ± 1.2	4.0 ± 0.3	512.9 ± 13.6	198.3 ± 13.7
	V	21.0 ± 0.7	19.1 ± 0.3	8.3 ± 0.2	503.0 ± 2.6	3.8 ± 0.1	1.6 ± 0.0	6.7 ± 0.4	0.4 ± 0.0	4.8 ± 0.2	54.3 ± 1.2	50.2 ± 1.6	7.1 ± 0.4	25.3 ± 1.2	4.2 ± 0.3	490.0 ± 13.6	187.7 ± 13.7
	VI	21.0 ± 0.5	16.5 ± 0.2	8.0 ± 0.1	468.0 ± 1.8	4.1 ± 0.1	1.9 ± 0.0	6.0 ± 0.3	0.4 ± 0.0	1.4 ± 0.1	35.7 ± 0.9	51.4 ± 1.1	6.0 ± 0.3	25.4 ± 0.9	3.0 ± 0.2	504.8 ± 9.6	219.7 ± 9.7

## Anexo II



### ENCUESTA PARA USUARIOS DEL AGUA DE LA BARRANCA DE SAN QUINTIN

Estamos interesados en conocer su opinión respecto al servicio de provisión de agua que la barranca de San Quintín brinda. Por ello realizamos esta encuesta, que es de **carácter confidencial**. Los resultados serán utilizados en proyectos de investigación, sin fines de lucro. No hay respuestas buenas ni malas, pues lo que buscamos conocer es su percepción. Agradezco de ante mano su participación.

Subraye su respuesta

#### DATOS GENERALES

1. **Edad** \_\_\_\_\_
2. **Sexo:** Masculino (M)      Femenino (F)
3. **Mis estudios son:**
  - (1) Ninguno
  - (2) Primaria incompleta
  - (3) Primaria terminada
  - (4) Secundaria
  - (5) Preparatoria o Bachillerato
  - (6) Licenciatura trunca
  - (7) Licenciatura terminada
  - (8) Posgrado
4. **En mi casa viven** \_\_\_\_\_ **personas.**
5. **De mi dependen económicamente** \_\_\_\_\_ **personas.**
6. **Mi principal (trabajo) fuente de ingresos es**
  - (1) Agricultura
  - (2) Ganadería
  - (3) Pesca
  - (4) Apicultura
  - (5) Otra \_\_\_\_\_
7. **Aparte de mi principal trabajo, realizo otra actividad que me genera ingresos**
  - (1) Si
  - (2) No
8. **¿Cuál?**
  - (1) Como empleado o trabajador asalariado Ocupación: \_\_\_\_\_
  - (2) Producción de ganado (carne, leche, huevo, etc.)
  - (3) Comercio agropecuario (compraventa de productos, insumos o mercancías agropecuarias)
  - (4) Producción artesanal
  - (5) Producción industrial

(6) Otra (especifique): \_\_\_\_\_

9. Con los gastos de mi familia participamos \_\_\_\_\_ Personas.

10. ¿Aproximadamente a cuánto ascienden sus gastos semanales? (Incluye transporte, alimentación, ropa, vivienda, reparaciones, etc.)

\$ \_\_\_\_\_

11. ¿Aproximadamente cuánto dinero ahorra semanalmente?

\$ \_\_\_\_\_

12. Me es suficiente lo que gano con mi principal fuente de ingresos

- (1) Si
- (2) No

### USOS DEL AGUA

13. Como la calificaría:

Usos	Calidad de agua			
	Excelente	Buena	Regular	Mala
Domestico				
Agricultura				
Ganadería				

### PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

14. ¿Cuántas hectáreas ...	
15.1 ¿Tiene en total?	
15.2 ¿Son tierras de uso común?	
15.3 ¿Son tierras ejidales?	
15.4 ¿Tiene en uso?	
15.5 ¿Utiliza para la agricultura?	
15.6 ¿Utiliza para la fruticultura?	
15.7 ¿Aplica riegos?	

15. ¿Cuál es el origen del agua que utiliza para regar?

- (1) Bombeo desde pozo
- (2) Agua de presa
- (3) Agua residual tratada
- (4) Rio (Barranca de San Quintín)
- (5) Noria

(6) Otro: especifique: \_\_\_\_\_

**16. ¿En qué meses del año usa el agua de la barranca?**

- (1) Enero –Marzo
- (2) Abril- Junio
- (3) Julio- Septiembre
- (4) Octubre - Diciembre

**17. ¿Cuenta con algún sistema de riego?**

- (1) Suministro por gravedad; riego rodado y a canal abierto tradicional
- (2) Suministro por bombeo; riego rodado y a canal abierto tradicional
- (3) Sistema de tubería-compuerta al surco
- (4) Sistema de tubería-por goteo
- (5) Sistema de aspersión
- (6) Otro. (Especifique) \_\_\_\_\_

**18. ¿Cómo obtiene el derecho de uso de agua para riego?**

- (1) Soy propietario individual de: noria o pozo con bomba
- (2) Soy parte de un grupo de propietarios de: noria o pozo con bomba
- (3) Compro el servicio de aguas nacionales para riego (presas y ríos).
- (4) Compro el servicio de agua a terceras personas o privados.
- (5) Tengo concesión
- (6) Pago a un comité de ejidatarios
- (7) Otro: (especifique) \_\_\_\_\_

**19. ¿Cómo y cuánto paga por el agua de riego?**

- (1) Pago una cuota fija por hectárea
- (2) Pago una cuota por volumen (m<sup>3</sup>) que emplea
- (3) Pago una cuota por tiempo (horas de riego)
- (4) Pago una cuota por tiempo (turnos de 24 horas)
- (5) Pago energía eléctrica mensual, por bombear desde pozo o noria
- (6) Pago un derecho de extracción anual, para bombear agua de pozo
- (7) Otra:(especifique) \_\_\_\_\_

**20. ¿Cuenta con maquinaria agrícola propia?**

- (1) Si
- (2) No

**21. ¿Utiliza fertilizantes?**

- (1) Si
- (2) No

**22. ¿De qué forma aplica el fertilizante?**

- (1) Aplicación al suelo o semilla
- (2) Aplicación foliar o a la planta
- (3) Dilución en agua
- (4) Otra: \_\_\_\_\_

**23. Cuenta con innovaciones técnicas (invernaderos)**

- (1) Si
- (2) No

**24. Características de la producción del último ciclo agrícola**

Producto	Hectáreas sembradas	Hectáreas cosechadas	Cantidad cosechada total (especificar unidades)	Precio unitario de venta	Cantidad para autoconsumo	Consumidor

**PRODUCCIÓN GANADERA**

**25. ¿Cuántas hectáreas utiliza para pastoreo ganado?** \_\_\_\_\_

**26. ¿Cuál es el origen del agua que utiliza para el consumo de su ganado?**

- (1) Bombeo desde pozo
- (2) Agua de presa
- (3) Agua residual tratada
- (4) Río
- (5) Noria
- (6) Otro: especifique: \_\_\_\_\_

**27. ¿Cuenta con algún sistema provisión de agua para el ganado?**

Especifique \_\_\_\_\_

**28. ¿Cómo obtiene el derecho de uso de agua ganadería?**

- (1) Soy propietario individual de: noria o pozo con bomba
- (2) Soy parte de un grupo de propietarios de: noria o pozo con bomba
- (3) Compró el servicio de aguas nacionales para riego (presas y ríos).
- (4) Compró el servicio de agua a terceras personas o privados.
- (5) A través de una concesión
- (6) Pago a un comité de ejidatarios
- (7) Otro: (especifique) \_\_\_\_\_

**29. ¿Cómo paga por uso de agua para ganadería?**

- (1) Pago una cuota fija por hectárea
- (2) Pago una cuota por volumen (m<sup>3</sup>) que emplea
- (3) Pago una cuota por tiempo (horas de riego)
- (4) Pago una cuota por tiempo (turnos de 24 horas)
- (5) Pago energía eléctrica mensual, por bombear desde pozo o noria
- (6) Pago un derecho de extracción anual, para bombear agua de pozo
- (7) Otra:(especifique) \_\_\_\_\_

### 30. Características de la producción ganadera

Especies	Cantidad de animales	Finalidad de la producción (carne, leche, piel, etc)	Tipo de alimentación	Precio unitario de venta	Cantidad para autoconsumo	Consumidor
Vacuno						
Porcino						
Equino						
Caprino						
Ovino						
Caprino						
Avícola						

31. ¿Cuál es su punto de vista sobre los beneficios del uso del agua de la barranca de san Quintín?

---



---



---

32. Eh percibido algún cambio en la calidad del agua de la barranca

(1) Si, Cuales y Desde cuando

---

(2) No

33. Eh percibido algún cambio en el paisaje de la barranca

(1) Si, Cuales y Desde cuando

---

(2) No

34. Eh percibido algún cambio los arboles de la barranca

(1) Si, Cuales y Desde cuando

---

(2) No

35. Eh percibido algún cambio los animales de la barranca

(1) Si, Cuales y Desde cuando

---

(2) No

¡GRACIAS!