



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS



**“PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO PARA EL RÍO SAÍN ALTO,
SUBCUENCA DEL RÍO AGUANAVAL, ZACATECAS, MÉXICO”**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

FERNANDO SOLÍS CARLOS

ENSENADA B.C., Marzo del 2013.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

“PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO PARA EL RÍO SAÍN ALTO, SUBCUENCA DEL RÍO
AGUANAVAL, ZACATECAS, MÉXICO”

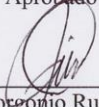
TESIS

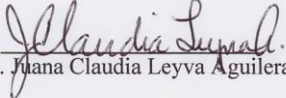
Que para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

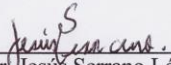
Presenta

FERNANDO SOLÍS CARLOS

Aprobado por


Dr. Gorgonio Ruiz Campos


Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera


Dr. Jesús Serrano López

ENSENADA B.C. Marzo de 2013

“Fracasar en la protección de la integridad biofísica de la cabecera de un río, creyendo que la protección del río aguas abajo es suficiente para la conservación, subestima sustancialmente la pérdida de biodiversidad regional”

Mary C. Freeman

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada para realizar la maestría.

Al Consejo Zacatecano de Ciencia (COZCyT), por la beca otorgada para realizar el presente trabajo.

A la Red de Especies Exóticas de México (UANL-Umas-UABC) por los fondos aportados a este estudio.

A la Comisión Nacional del Agua, por facilitar información importante para este trabajo; al personal del Área Técnica en sus diferentes departamentos, especialmente al Ing. Cruz González, la Q.F.B. Yolanda Carrillo, Ing. José R. Parra y a la subdirectora del consejo de cuenca en labor durante el año 2011.

Al Gobierno Municipal de Saín Alto, especialmente al personal del departamento de Obras Públicas, departamento de Desarrollo Social

Al personal del Departamento de Archivo del Registro Agrario Nacional, Zacatecas, por facilitar información importante para el trabajo.

Al Dr. Gorgonio Ruiz Campos, por aceptar y apoyar el proyecto, además de su importante aporte profesional.

A la Dra. Claudia Leyva, por sus lecciones, su esfuerzo y dedicación en la elaboración del informe técnico.

Al Dr. Jesús Serrano y Dra. Lourdes Lozano, por todo su apoyo y aporte profesional a este trabajo.

A mi Papá, por todo su apoyo en la búsqueda de información, presupuesto y trabajo de campo.

Al Comisariado en función (año 2011) del poblado “La Fracción”, por su disposición y cooperación durante el desarrollo del trabajo de campo en los meses de Enero y Mayo.

Al Dr. Jorge Armando Contreras Lozano y la Dra. Asunción Andreu Soler, por su valioso apoyo durante el trabajo de campo en el mes de mayo y octubre.

A la Dra. Ana María Escofet por su disposición y asesoría al inicio del trabajo.

A la Dra. Evarista Arellano, por su valiosa asesoría en la parte estadística del estudio.

A la Dra. Patricia Aceves y Dra. Nelly Calderón, por su aporte y asesoría en la parte social del trabajo.

A la M.C. Edith Soledad Valdés, el M.C. Oscar y la M.C. Ana Huaico, por sus asesorías en SIG, observaciones y todo el apoyo brindado en diferentes etapas durante el desarrollo del trabajo.

Resumen

La inadecuada administración del recurso agua en el estado de Zacatecas, ha llevado a la sobreexplotación de más del 50% los mantos freáticos de la región y a la degradación de los cuerpos de agua epicontinentales. El presente documento es una propuesta de plan de manejo para la conservación del río Saín Alto, subcuenca del río Aguanaval. Se realizó un estudio de la composición y distribución de la comunidad íctica y sus relaciones con factores ambientales a través del río, por medio de análisis multivariados (Análisis Cluster y Análisis de Factores). Así mismo, se desarrolló una propuesta de manejo con base en la metodología para recuperación de espacios degradados y la guía de análisis de impactos y sus fuentes. Los resultados demuestran que la distribución espacial de las especies ícticas está relacionada con el gradiente de altitud y el régimen de descarga hidráulica; así como también la presencia de especies exóticas es resultado de los inadecuados y obsoletos programas de siembra de peces para consumo humano. De acuerdo con las características del terreno, el 63.59% de la cuenca tiene una aptitud baja o nula, mientras que el 36.41% tiene una aptitud de media a alta para el desarrollo de actividades agrícolas. Finalmente, el estado actual de conservación del río Saín Alto es considerado como alto debido a que los problemas presentes son puntuales y aún son tratables.

Palabras clave: manejo, cuenca, comunidad de peces, conservación, Zacatecas

Abstract

Inadequate management of water in the state of Zacatecas has led to overexploitation of most aquifers in the region and degradation of the water bodies. This document provides a management plan for the conservation of the Río Saín Alto, sub-basin of Aguanaval. We studied the composition and distribution of the fish community and their relationships with environmental factors across the river, through multivariate analysis (cluster analysis and factor analysis). Also, a proposal was developed based on methodology for recovery degraded places and impacts-sources guide. The results show that the spatial distribution of fish fauna is related to the altitude gradient and hydraulic discharge rate; also the presence of exotic species is a result of inadequate and obsolete fish stocking programs for human consumption. According to the characteristics of land, 63.59% of the basin has low or no aptitude to develop agricultural activities, while 36.41% have a medium to high aptitude. Based on this study the conservation status of the river Saín Alto is high because the problems identified through the basin are focal and still remediable.

Key words: management, watershed, fish community, conservation, Zacatecas.

Índice General

I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
<i>II.1 Trabajos relacionados con en el área de estudio</i>	<i>3</i>
<i>II.2 Trabajos relacionados con el método y manejo de recursos naturales</i>	<i>5</i>
III. Marco conceptual	6
IV. Objetivos	9
IV.1 General.....	9
IV.2 Específicos.....	9
V. Área de estudio	9
VI. Metodología.....	10
VII. Resultados.....	12
VII.1. Artículo.....	13
Composition and distribution of fish in the Río Saín Alto, Río Aguanaval sub-basin, Zacatecas, Mexico, and it's relation to environmental and anthropogenic factors.	13
IX. Informe Técnico	31
Propuesta de Plan de Manejo para la Conservación del Río Saín Alto, Zacatecas, México.....	31
X. Discusión General.....	121
XI. Conclusiones Generales	127
XII. Anexos	139

Índice de Figuras

Introducción-Método

Figura 1 Esquema tomado de Gómez Orea (2004)	7
Figura 2 Área de Estudio. En el mapa se muestran las diferentes sub-cuencas (colores) que componen al Río Aguanaval dentro y fuera del estado de Zacatecas (gris). La sub-cuenca Saín Alto se aprecia en color azul con margen rojo, mientras que el área municipal en margen negro.....	10
Figura 3 Metodología general para la recuperación de espacios degradados. Modificado de Gómez-Orea (2004a).....	11

Artículo

Figura 1 Geographical location of the Rio Saín Alto basin in the State of Zacatecas, Mexico.....	15
Figura 2 Dendrogram of similarity species among sampling sites in the Río Saín Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, Mexico.. ..	19

Figura 3 Relative abundance of fish species in two ponds of La Laborcita site..	19
Figura 4 Fish community and it's correlation with environmental variables in the Río Saín Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, during dry season (mayo 2011)	22
Figura 5 Fish community and it's correlations with environmental variables in the Río Saín Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, during rainy season (October 2011)	23

Informe Técnico

Figura 1 Área de estudio. En el mapa se aprecia el área municipal (gris) de Saín Alto, Zacatecas, área de la sub-cuenca o influencia (café) y el área más pequeña y de color claro representa la zona de intervención.	33
Figura 2 Metodología general para la recuperación de espacios degradados. Modificado de Gómez-Orea (2004a).	35
Figura 3 Precipitación promedio mensual del municipio de Saín Alto, Zacatecas. Elaboración propia a partir de datos de la CNA durante el periodo 1987-2009.	37
Figura 4 Poligonal del acuífero Saín Alto (azul) y profundidad al nivel estático del agua (negro). Tomado de CNA (2003).	44
Figura 5 Registro anual de pozos en el acuífero Saín Alto (área de influencia) en el periodo 1996-2010. Elaboración propia a partir de datos de la CNA.	45
Figura 6 Hidrografía del área de influencia, Saín Alto.	47
Figura 7 Tipos de hábitat y su dominancia por transecto en el Río Saín Alto. En azul se simbolizan las pozas, en rojo los rabiones y en verde los escalones.	49
Figura 8 Perfil del canal del Río Saín Alto en la localidad de La Laborcita (izquierda). En azul se ilustra la condición actual y en negro la condición original más probable con base en los datos de profundidad media. A la derecha, la foto del sitio donde fue tomado el perfil. Se puede ver claramente el proceso erosivo de los bancos del lado derecho de la imagen, como resultado de la actividad agrícola cercana al río.	49
Figura 9 Perfil del canal del Río Saín Alto en la localidad de El Castro (izquierda) e imagen del sitio (derecha) donde fue tomado el perfil. En ella se puede ver como existe una acumulación de sustrato en el margen izquierdo del canal del río, suficiente para alterar los valores del estado más probable del mismo.	50
Figura 10 Tipos de sustrato y su predominancia con base en un gradiente de altura, en el Río Saín Alto.	51
Figura 11 Gradiente de altura en el Río Saín Alto por localidad de muestreo.	51
Figura 12 Total de superficie agrícola sembrada en el municipio de Saín Alto. Elaboración propia a partir de datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP.org.mx) SAGARPA 2003-2011.	60
Figura 13 Mapa de uso de suelo en el área de influencia, Saín Alto.	63
Figura 14 Abundancia relativa total por especie íctica recolectada en el río Saín Alto.	66
Figura 15 Número de especies ícticas encontradas en el Río Saín Alto, por localidad y estatus de origen.	66

Figura 16 Zonificación del área de intervención, Saín Alto. LA = lomerío agrícola, LVN = lomerío con vegetación nativa, LU = lomerío urbano, MA = meseta agrícola, MVN = meseta con vegetación nativa, MU = meseta urbana, VA = valle agrícola, VVN = valle con vegetación nativa, VU = valle urbano, RL = río en lomerío, RM = río en meseta y RV = río en valle.....	73
Figura 17 Distribución espacial del uso de suelo en el área de intervención y su relación con respecto al relieve (topografía) y tipo de roca, en Saín Alto.....	75
Figura 18 Mapa de aptitud agrícola para el área de intervención, en Saín Alto. Los colores ilustran aquellas zonas con mayor o menor aptitud para desarrollar agricultura, dependiendo de las características del terreno como relieve, pendiente, tipo de roca y suelo.....	76
Figura 19 Tasas de crecimiento poblacional en el área de intervención, en Saín Alto, durante el periodo 1990-2010. Elaboración propia a partir de datos de INEGI.....	78
Figura 20 Distribución de la biodiversidad del Río Saín Alto, en el área de intervención por localidad y UA. El número de plantas acuáticas, peces, anfibios y reptiles se presentan a nivel de especie, mientras que los insectos a nivel de familia.	80
Figura 21 Diagrama de red causa-efecto. La figura muestra como de los diferentes problemas, algunos son causa y efecto de otros. En este sentido, la solución de los problemas en los extremos tendra un efecto indirecto positivo en el resto y viceversa.	85
Figura 22 Reacción de nitrificación. Tomado de De Miguel-Fernández y Vázquez-Taset (2006).	88
Figura 23 Mapa de Unidades de Manejo. En la imagen se muestran de manera gráfica las zonas naturales con capacidad de uso agrícola (ZNCA), Zonas naturales sin capacidad de uso agrícola (ZNSCA), zonas agrícolas con aptitud (ZACA), zonas agrícolas sin aptitud (ZASA), zonas de población (ZP) y corredor ripario (CR).	94

Índice de Tablas

Artículo

Table 1 Taxonomic composition, ecological affinity and biogeographical origin of the fish fauna from Río Saín Alto, Zacatecas, Mexico.	17
Table 2 Presence-absence of species by locality and sampling date in Río Saín Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, Mexico.	18
Table 3 Relative abundances (%) by species and site of sampling, during dry season (May 2011) in Río Saín Alto, Zacatecas, Mexico.	21

Informe Técnico

Tabla 1 Coordenadas X, Y de la poligonal del acuífero Saín Alto. Publicadas en el DOF el 28 de agosto del 2009.	42
Tabla 2 Disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Saín Alto. Publicada en el DOF el 28 de agosto del 2009.	44
Tabla 3 Clasificación de pozos por uso, método de extracción, volumen de extracción y número de pozos por clase en el acuífero Saín Alto.	45

Tabla 4	Tabla 4 Características morfológicas del Río Saín Alto con base en el método del Rosgen (1994) para clasificación de ríos. Pmedia = profundidad media y Pmax = profundidad máxima.....	48
Tabla 5	Resultados de algunas variables de calidad del agua para las descargas y otros puntos del Río Saín Alto, parámetros establecidos por las autoridades competentes en materia de agua y contaminación, e intervalos de concentración de los parámetros básicos en ríos de México.	53
Tabla 6	Tenencia de la tierra dentro del área de intervención, Saín Alto.....	57
Tabla 7	Información poblacional en el área de influencia, Saín Alto. Fuente INEGI 2010.....	59
Tabla 8	Análisis del paisaje. Las diferentes métricas del paisaje fueron calculadas con base en Leitão et al. (2006) con datos vectoriales de la capa de uso de suelo del área de influencia, Saín Alto.	63
Tabla 9	Descripción de la UA Lomerío Agrícola.....	67
Tabla 10	Descripción de la UA Lomerío Urbano.	68
Tabla 11	Descripción de la UA Lomerío con Vegetación Nativa.	68
Tabla 12	Descripción de la UA Meseta Agrícola.....	68
Tabla 13	Descripción de la UA Meseta Urbana.....	69
Tabla 14	Descripción de la UA Meseta con Vegetación Nativa.	69
Tabla 15	Descripción de la UA Valle Agrícola.....	70
Tabla 16	Descripción de la UA Valle Urbano.....	70
Tabla 17	Descripción de la UA Valle con Vegetación Nativa.....	71
Tabla 18	Descripción de la UA Río en Lomerío.	71
Tabla 19	Descripción de la UA Río en Meseta.....	72
Tabla 20	Descripción de la UA Río en Valle.....	72
Tabla 21	Análisis del paisaje para el área de intervención, Saín Alto.	74
Tabla 22	Tasas de crecimiento poblacional en el área de intervención, Saín Alto. Elaboración propia a partir de los censos de población y vivienda de INEGI en el periodo 1990-2010.	79
Tabla 23	Problemas y sus causas identificadas en el área de estudio, Saín Alto.....	83
Tabla 24	Resultados de la evaluación de los problemas y sus causas.	84
Tabla 25	Concentraciones de amoníaco y nitrito en dos localidades del río Saín Alto (sobre y después de la descarga).	89
Tabla 26	Actores identificados. Los actores aquí listados fueron seleccionados por su capacidad de influir en acciones para el río Saín Alto.....	93
Tabla 27	Estrategia para la problemática de disminución del nivel del manto freático y río.....	98
Tabla 28	Estrategia para la problemática de disminución de la cobertura vegetal.....	99
Tabla 29	Estrategia para la problemática de contaminación.....	101
Tabla 30	Estrategia para la problemática de modificación del cauce e hidrodinámica del río.	102
Tabla 31	Estrategia para la problemática de peces exóticos.	103

I. Introducción

El agua, además de ser un recurso indispensable para sobrevivir, es una de las principales fuentes de desarrollo económico y social, por lo que gran cantidad de asentamientos humanos se encuentran ubicados a orillas o cerca de los ríos, lagos y lagunas. Es este mismo potencial de desarrollo lo que ha provocado que estos cuerpos de agua sean aprovechados a tal grado, que la demanda sobrepasa la oferta y por ende su disponibilidad se vuelve más y más escasa.

En el mundo existen alrededor de 1,386 millones de Km^3 de agua, de estos tan solo el 2.5% es agua dulce, de la cual aproximadamente el 0.007% es útil para uso humano y 0.006% se encuentra en los ríos (Shiklomanov, 1999; Toledo, 2006). Para México se estima que del total de precipitación anual (1,489 mil millones de m^3), el 73.1% se pierde por evapotranspiración, el 22.1% escurre por los ríos y arroyos, y el 4.8% se infiltra al subsuelo recargando los acuíferos. Con respecto a las fuentes de agua utilizadas en el país, se tiene que el 63% proviene de ríos, arroyos y lagos, mientras que el 37% corresponde a las aguas subterráneas (CNA, 2011).

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2007, 2008), el territorio mexicano se puede dividir en dos grandes regiones: la primera comprende la zona norte, centro y noroeste, la segunda incluye la zona sur y sureste. En el informe se señala, que las dos terceras partes del territorio nacional (norte y noroeste) se consideran áridas o semiáridas, además de ser donde se concentra el 77% de la población, se genera el 87% del PIB, pero únicamente ocurre el 31% del agua renovable; en contraste el sureste es húmedo, con precipitaciones de más de 2,000 mm por año en algunas zonas, habita el 23% de la población, se genera el 13% del PIB y ocurre el 69% del agua renovable.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia de los ríos en México como fuente principal del recurso hídrico, así como el gran reto que representa el promover y conseguir el uso adecuado y racional del agua frente a una sociedad cuya base económica es el consumismo. Ante esto, el manejo de cuencas hidrográficas, es hoy uno de los marcos conceptuales más prometedores para alcanzar los objetivos del desarrollo sustentable. La cuenca hidrográfica, se define como la unidad territorial en la que diferentes escurrimientos de agua superficial confluyen a un mismo cauce o lugar de acuerdo con la topografía del terreno. El enfoque de cuenca, permite una visión mucho más integradora de las relaciones hombre y entorno, en palabras de Toledo (2006):

“Una comprensión básica de la interrelación fundamental entre sociedades humanas y procesos biofísicos a nivel de los flujos de aguas verdes (vapor de agua) y azules (agua líquida) en el contexto de los paisajes de las cuencas facilita el análisis de la extrema complejidad del papel multifuncional del agua en la organización de la vida en la biósfera y permite vincular en un mismo marco conceptual los procesos biofísicos y humanos relacionados con este líquido”.

El estado de Zacatecas localizado en la región semiárida del país, posee muy pocos cuerpos de aguas superficiales de manera natural. Uno de los más importantes es el río Aguanaval, ubicado en el norte del estado su corriente se encuentra conformada por los aportes de los ríos Trujillo y Saín Alto; este último destacado por aportar el 52% de la descarga de agua al Aguanaval (INEGI, 2010a).

Hoy día, la existencia de estos cuerpos de agua se encuentra seriamente amenazada como producto de las sequías que aquejan la región y el uso desmedido de sus recursos, especialmente el agua (Ortega, 2011; Hernández, 2011) consumida por la actividad agrícola, la cual de acuerdo al Plan Estatal de Desarrollo (PED, 2011) representa el 90.6% del uso de este recurso en el estado. Con base en su origen el 23.1% es superficial y el 76.9% es subterránea.

La sobreexplotación de acuíferos en la región (CNA, 2009; Pinedo, 2010; Ortega, 2011) afecta directamente a los ríos, cuyas corrientes dependen del aporte constante de las surgencias de agua que proporcionan los acuíferos (FISRWG, 1998). Por lo tanto el abatimiento de estos, significa una disminución en el nivel de ríos y en el peor de los casos su desecación.

Recientemente en 2010 fue desarrollado el Plan de Manejo Integral de los Acuíferos de Calera, Chupaderos y Aguanaval, el cual no es más que el reflejo de la grave situación que enfrentan hoy día los acuíferos y cuerpos de agua de la región, cuyo daño a llegado a una condición casi irreparable (Pinedo, 2010; Ortega, 2011; Martínez, 2011; Hernández, 2011) y de la urgente necesidad de tomar medidas al respecto.

En acuerdo con lo anterior, es necesario establecer medidas de mitigación, recuperación y prevención para asegurar la recarga de acuíferos y preservar los cuerpos de agua superficial. El presente trabajo es una propuesta de plan de manejo para la conservación del río Saín Alto, por su importancia ecológica, económica y social en la región. La preservación de este río, significa una contribución importante en la lucha por la recuperación y conservación de la cuenca Aguanaval.

II. Antecedentes

El municipio de Saín Alto se encuentra localizado en la parte noroeste del estado de Zacatecas, por tanto forma parte de la región semiárida del mismo y al igual que otros estados de la región, actualmente presenta una serie de problemas relacionados al agua debido a la escases de la misma y su contaminación. Es por lo anterior y para tener un mejor conocimiento sobre la situación actual de la región, que se han llevado a cabo diversos estudios sobre éste recurso, algunos de los cuales se hace mención enseguida:

II.1 Trabajos relacionados con en el área de estudio

En 1977, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), realizó el estudio Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en el estado de Zacatecas, se mencionó la existencia de 117 aprovechamientos subterráneos en la parte norte y noroeste del estado (Río Grande, Miguel Auza, Juan Aldama y Saín Alto), 78 correspondían a pozos, 39 a norias y cuatro manantiales de los cuales se extraen un total 1,428 l/s y presentaron una media anual de $10.0 \times 10^6 \text{ m}^3$. Así mismo, se encontraron 11 pozos secos y 11 abandonados. Distinguieron cuatro regiones fisiográficas e hidrológicas; la segunda, a la cual pertenece el Río Saín Alto, presenta un total de 16 pozos y tres norias, de los cuales cuatro se encontraron secos. Se concluyó que el agua del acuífero es de buena calidad y apta para fines agrícolas.

Posteriormente la SARH (1981) llevo a cabo otro estudio en la región de Saín Alto, Zacatecas, en el cual reportó un total de 39 pozos, 57 norias y 20 manantiales. Del total de pozos, 25 se encuentran activos, 13 para uso de riego y 12 para uso doméstico. Con respectos a las norias 56 se encontraron activas, 55 eran de uso doméstico y como abrevadero y solo una para riego. Así mismo, se realizaron estudios de hidrogeoquímica de las aguas subterráneas, concluyendo que la calidad es apropiada para su uso agrícola y sin problemas de salinización o sodificación del suelo.

La Comisión Nacional del Agua (CNA, 2003) realizó un reporte de la actualización de la disponibilidad media de agua para el acuífero de Saín Alto. En el trabajo se hizo referencia a un incremento en los volúmenes de extracción, el cual asciende a $10.8 \text{ hm}^3/\text{año}$, en 58 aprovechamientos. De éstos, 33 eran para riego, 10 de uso doméstico, ocho de uso público urbano, tres para pecuario y cuatro para servicios (no especificados). Se estableció que existe una

recarga de 17.2 hm³/año y una salida de 17.2 hm³/año, por lo que consideran que el acuífero se encuentra en equilibrio.

El trabajo más reciente sobre el acuífero Saín Alto es la Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y Calidad del Agua (CNA, 2009). En el estudio se menciona que este acuífero es un importante aportador de agua para los acuíferos de El Palmar y Aguanaval, pues existe una celda de 3.6 km y 5.2 km de espesor respectivamente, por la cual se filtra agua de manera horizontal y subterránea hacia dichos acuíferos. También se menciona que existen un total de 26km² de agricultura de riego, lo cual representa el 91% de la demanda total de agua subterránea, con una extracción anual de 9.8 hm³ al año. El total de aprovechamientos subterráneos censados a entonces, ascendió a 167, distribuidos en seis zonas o unidades hidrogeológicas. Se concluyó que *“el volumen concesionado de agua subterránea reportado en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) no corresponde a la extracción real, por lo que de acuerdo a éste estudio, la condición del acuífero sería sobreexplotado”*.

Con respecto a la biología del área se sabe muy poco, ya que son escasos los estudios relacionados o que involucran a esta región, sin embargo existen dos trabajos sobre composición y taxonomía de peces que involucran al Río Saín Alto. El primero es un estudio realizado por Salas-Martínez et al. (1971), sobre la ictiofauna en cuatro cuencas del norte, entre ellas el Aguanaval, donde se describe la presencia de cinco especies (*Campostoma ornatum*, *Gila conspersa*, *Notropis nazas*, *Catostomus nebuliferus* y *Etheostoma pottsi*) en el Río Saín Alto. El segundo corresponde a Solís-Carlos et al. (2009), un estudio taxonómico y distribucional de la ictiofauna del norte del estado de Zacatecas, en el cual se reportaron además de las anteriores 4 especies más (*Oreochromis mossambicus*, *Lepomis machrochirus*, *Micropterus salmoides* y *Cyprinus carpio*) todas ellas de origen exótico. Se destacó la presencia de tres especies (*Gila conspersa*, *Catostomus nebuliferus* y *Etheostoma pottsi*) en estatus de amenazadas de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Otro estudio es sobre la flora y vegetación de la Sierra de Órganos de Enríquez-Enríquez et al. (2003). Este último no involucró al municipio de Saín Alto propiamente, pero sí al municipio vecino, por lo que se encuentra relacionado. En él se enlistaron un total de 406 especies, 254 géneros y 75 familias; las más representativas son la familia Asteraceae, Poaceae y Fabaceae. Así mismo definieron nueve tipos de vegetación, algunos de los cuales pueden ser encontrados en el

área de estudio, como: el bosque de *Quercus*, bosque de *Pinus*, vegetación acuática y subacuática y vegetación de peñascos.

II.2 Trabajos relacionados con el método y manejo de recursos naturales

Entre los trabajos relacionados con el presente estudio se encuentran los siguientes:

Problemática Ambiental, Actores y Conflictos de Uso en Barra del Tordo Tamaulipas de Ortiz-Lozano et al. (2000). En este trabajo tomó como base la metodología de Impactos y sus Fuentes propuesta por The Nature Conservancy (Andrade et al., 1999) para proponer sitios de conservación. Sin necesidad de evaluar los problemas de manera cuantitativa, hicieron una identificación y priorización, con base en visitas de campo y entrevistas a los sectores involucrados. Se realizó una identificación de actores, la cual se clasificó con base en Sorensen et al. (1992). Así mismo, estableció una zonificación de acuerdo con las características geomorfológicas y la vegetación presente.

El gobierno de Coahuila (2002) desarrolló el Plan de Manejo del Área de Protección de los Recursos Naturales del Río Sabinas. El trabajo consistió de una revisión histórica del área, una caracterización socio-económica y ambiental, la zonificación realizada para el área, un diagnóstico de la situación del área y sus componentes (social, ambiental y económico) y resultados de mesas de trabajo realizadas para la identificación de problemas, en los que destaca la falta de participación de la sociedad, la poca educación ambiental, la tala indiscriminada, pérdida de especies por caza ilegal y la falta de agua, etc. De acuerdo con lo anterior, se desarrollaron propuestas como: reglas administrativas para cada área como es el caso de la administración del lugar, las autorizaciones, concesiones y avisos; también se mencionan los componentes y subcomponentes que norman las actividades y propuestas para el área y sus responsables.

Carrasco-Espinoza en 2008, realizó un trabajo para la gestión de los ríos Tomebamba y Yanuncay en Cuenca Ecuador, en el cual trabajó con base en cuatro ejes metodológicos: morfología de ríos con base en el método de clasificación de tipos de ríos de Rosgen, índices de calidad ambiental e integridad biótica, calidad de hábitat ripario y percepciones de diferentes actores en la cuenca. Señala que el uso de diferentes metodologías fue importante para el trabajo ya que permiten identificar diferentes problemáticas en los ríos y sus causas.

La CNA (2010) dio a conocer el Plan de Manejo Integral de los Acuíferos de Calera, Chupaderos y Aguanaval, en el cual se realizó una caracterización socio-económica de la zona, se elaboró un diagnóstico y se desarrollaron proyecciones a futuro de las diferentes situaciones que se presentan, planteando de esta manera una serie de escenarios que permitieron desarrollar propuestas y estrategias. Se realizaron sesiones participativas con los COTAS y otros organismos mediante el método de ZOPP, el cual permite conseguir consensos, facilitar la percepción y participación de las partes, establecer de manera clara y realista las metas a alcanzar, así como los indicadores para medir su éxito, etc.

También se encuentra el Plan Municipal de Gobierno (PMG) 2010-2013, elaborado por el Gobierno Municipal de Saín Alto, Zacatecas. El documento contiene una descripción de los rasgos socioculturales del municipio, actividades productivas y algunos problemas. Así mismo se definieron estrategias para lograr un mejor desarrollo municipal social y económico, en el que se destacó la importancia ecológica de sus recursos naturales y su potencial como un área turística.

Por último, está el Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2011-2016 propuesto por el Gobierno del Estado de Zacatecas, en el que a través de un breve diagnóstico de los diferentes sectores (económico, ecológico, social, salud y seguridad pública), establece los objetivos, estrategias y líneas de acción, de observancia obligatoria para las diferentes instituciones de la administración estatal, que facilitaran un mejor desarrollo y progreso del estado.

III. Marco conceptual

Para poder desarrollar la propuesta integral de manejo se decidió utilizar el concepto de **cuenca**; misma que se define como un área de escurrimiento que por sus características geomorfológicas las aguas convergen hacia un mismo cauce. Por lo tanto, es un área natural que constituye la unidad territorial principal donde el agua es captada, almacenada y desempeña múltiples funciones (Benez et al., 2010). Así mismo, la cuenca se puede subdividir en **subcuencas** con base en las características particulares de escurrimiento y extensión presentes dentro de una zona determinada (INEGI, 2010b).

Los ríos por otra parte, son ecosistemas que funcionan como corredores dentro de la cuenca donde el agua, suelos, energía y organismos, interactúan a través del espacio y tiempo (FISRWG, 1998); entendiendo como **ecosistemas** a los sistemas complejos en los que la materia y la energía fluyen y se almacenan mediante procesos que operan a diferentes escalas espaciales y temporales

(Osmond et al., 1980) en un área determinada, incluyendo a todos los organismos dentro y su ambiente físico (Tansley, 1935; Price, 1997). Por consiguiente, la alteración y/o pérdida de alguna de estas funciones, supone una ruptura del sistema que puede traer como consecuencia la degradación del mismo.

Además la cuenca es el espacio donde grupos humanos y/o comunidades comparten tradiciones, cultura, identidades, en donde socializan y desarrollan actividades en función de los recursos naturales existentes (Benez et al., 2010). Debido a esto, en una cuenca como unidad territorial existen diferencias en intereses particulares que desencadenan conflictos (Benez et al., 2010, CNA 2008) por el sobreuso, la mala administración y contaminación de los recursos naturales, entre otros factores, pues cada parte o individuo tiene su opinión personal sobre los recursos y en particular sobre el agua (Gómez-Orea 2004b). Es por esto que desde hace miles de años y aún hoy en día, las cuencas hidrográficas son consideradas como la mejor unidad sistémica para el manejo integrado y planeación territorial de actividades (Maass y Cotler, 2007), ya que permite visualizar la dinámica global del recurso hídrico, de los procesos y actividades entorno a este, así como detectar las fuentes puntuales y difusas de contaminación y los posibles conflictos (Birkel-Dostal, 2007). En este sentido, Stanford y Pool (1996) señalan que el **manejo** debe comenzar con la evaluación y síntesis del conocimiento base sobre los procesos que estructuran y mantienen funcionando al ecosistema.

Para tratar la problemática de la cuenca en el presente trabajo, se decidió adoptar el enfoque de espacio “**degradado**”. Estos lugares se definen como aquellos en los cuales se presenta una situación total o parcialmente indeseable (áreas erosionadas por pérdida de cobertura vegetal, ríos y lagos contaminados por descargas de aguas residuales, suelos compactados e impermeables por el sobrepastoreo, alteración del cauce y/o canalización del río, etc.) en comparación con una deseable, dentro del marco de circunstancias económicas, sociales y ambientales en que se inscribe (Gómez-Orea, 2004a) (Figura 1).



Figura 1 Esquema tomado de Gómez Orea (2004)

Por otro lado, dado que los ríos son ecosistemas que realizan múltiples funciones a múltiples escalas (FISRWG, 1998; Mass, 2007), el manejo que se lleve a cabo debe de contemplar al menos un par de ellas, de no ser así, esto puede acarrear problemas en el manejo integrado de una cuenca hidrográfica (Mass, 2007). En ecología, la **escala** se define como la dimensión física de un objeto o proceso ecológico en el espacio (Turner et al., 2001 citado en García, 2006). Las escalas pueden variar según el objeto de estudio, lo que se esté buscando o la pregunta que se quiera responder. De manera que *“el tamaño y configuración de las áreas de conservación funcionales estarán determinados por los objetos de conservación y los procesos ecológicos que los sustentan”* (Poiani y Richter, 2000). Algunas de las escalas más comunes son: regional, gruesa (macro), intermedia (meso) y local (micro). La escala gruesa por ejemplo comprende áreas geográficas que se distinguen por un patrón de componentes repetitivo, que van desde las comunidades de bosque natural, el patrón de drenaje de un río, hasta las grandes urbes humanas; de manera similar a una escala local dentro del río se pueden distinguir por su estructura propia, vegetación riparia, pozas, rabiones, islas en el canal, tipos de sustrato, áreas de recreación humana, entre otras (FISRWG, 1998). El manejo de escalas permite una mejor oportunidad de conservación de especies, de los recursos naturales que las sustentan, así como de una mejor planeación y distribución de actividades. Por lo tanto, a la cuenca hidrográfica se le puede considerar como un sistema socio-ecológico en el cual se conjugan subsistemas antrópicos y naturales que interactúan de manera recíproca a distintas escalas temporales y espaciales (Henríquez-Ruíz, 2009).

IV. Objetivos

A partir de la información anteriormente expuesta se plantean los siguientes objetivos:

IV.1 General:

- * Proponer un plan de manejo para el Río Saín Alto, Subcuenca del Río Aguanaval, en el Estado de Zacatecas.

IV.2 Específicos:

- * Caracterizar la subcuenca, en términos socio-económicos y demográficos.
- * Realizar una caracterización ecológica del río y su comunidad íctica.
- * Identificar los impactos humanos sobre el río y el recurso agua, ocasionados por el uso directo e indirecto.
- * Proponer una zonificación del área de estudio.
- * Establecer propuestas para el aprovechamiento y conservación del área de estudio a partir del análisis integral de la información social y ecológico-ambiental.

V. Área de estudio

El área de estudio se encuentra comprendida dentro del municipio de Saín Alto, Zacatecas, el cual se localiza en la parte Centro – Norte del Estado, a 23° 22' y 23° 47' de latitud norte, 102° 57' y 103° 30' de longitud oeste (INEGI, 2010a) y posee una superficie de 1,446 km². Pertenece a la región semiárida del estado donde predomina una temperatura promedio anual de 16°C, con una precipitación pluvial promedio que oscila entre 400-700 mm al año; los principales meses en los que se presentan las lluvias es de Junio a Septiembre (Camacho-Manríquez et al., 2009; INEGI, 2010a).

El río Saín Alto tiene su origen en un parte aguas de posición aproximada N-S (Cerros Pico Chivo y Frío de 2700 msnm), con una dirección originalmente de NW a SE (CNA, 2009). Forma parte del complejo de cuencas centrales del norte Nazas-Aguanaval y comprende una superficie de 1,162.64 km² (INEGI 2010b), con una longitud aproximada de 50 km desde su inicio hasta su convergencia con el Río Trujillo. Es a partir de la unión de éstos dos ríos, que se comienza a llamar con el nombre de río Aguanaval.

La Subcuenca Saín Alto (RH36De) converge al norte (N) con la Aguanaval-Río Grande (RH36Dc), al noreste (NE) con el Cazadero (RH36Dd), al este (E) con la Subcuenca del Río Trujillo (RH36Dh) y al Sur (S) con Los Lazos (RH36Df) (Figura 2).

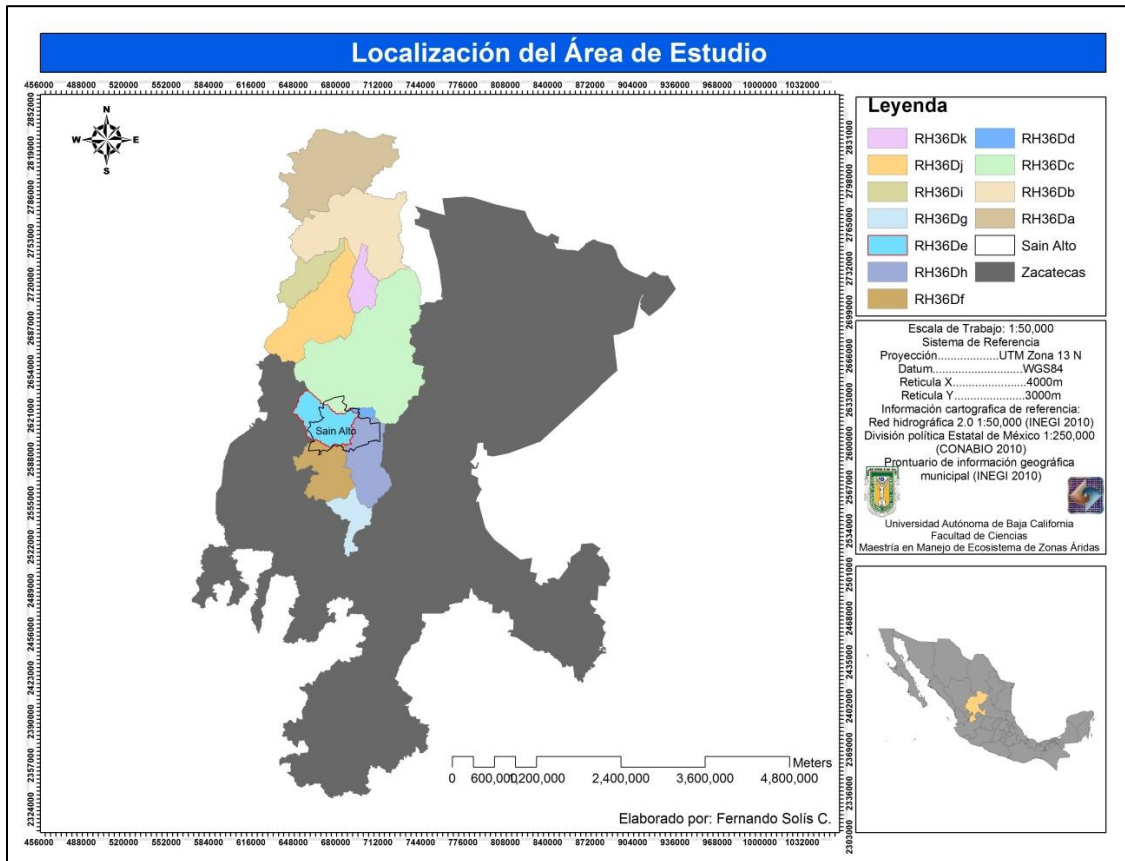


Figura 2 Área de Estudio. En el mapa se muestran las diferentes sub-cuencas (colores) que componen al Río Aguanaval dentro y fuera del estado de Zacatecas (gris). La sub-cuenca Saín Alto se aprecia en color azul con margen rojo, mientras que el área municipal en margen negro.

VI. Metodología

Para el desarrollo del proyecto, se tomó como base la metodología propuesta por Gómez-Orea (2004a) para la recuperación de espacios degradados, la cual consta de una serie de pasos que para fines prácticos fueron adaptados a los objetivos y alcance del presente trabajo (Figura 3).

1. Definir el área problema. Se definen y establecen los criterios considerados para la delimitación del área de estudio
2. Se definieron los objetivos y alcances del proyecto (antes mencionados).
3. Se realizó un análisis y descripción del sitio: medio físico (geología, edafología, clima, hidrografía y relieve), oportunidades de localización (ventajas de ubicación), estado legal del suelo (tenencia de la tierra, restricciones legales).

4. Tomando como base los atributos del medio físico: se definieron unidades ambientales o zonas homogéneas.
5. Análisis y descripción del entorno: del uso de suelo y vegetación, socioeconómico, de paisaje y ecológico (flora y fauna), para entender los diferentes procesos e interacciones (materia-energía, animales-personas) que ocurren en el área. Como principal resultado de este análisis se elaboró el artículo: **Composición y distribución de peces del Río Saín Alto, sub-cuenca del Río Aguanaval, Zacatecas, México, y su relación con factores ambientales y antropogénicos.**
6. A partir de la integración de la información obtenida en los pasos anteriores, se elaboró un diagnóstico sobre las condiciones del área de estudio y su problemática.
7. Se establecen las estrategias necesarias para la sustentabilidad y conservación del río Saín Alto.

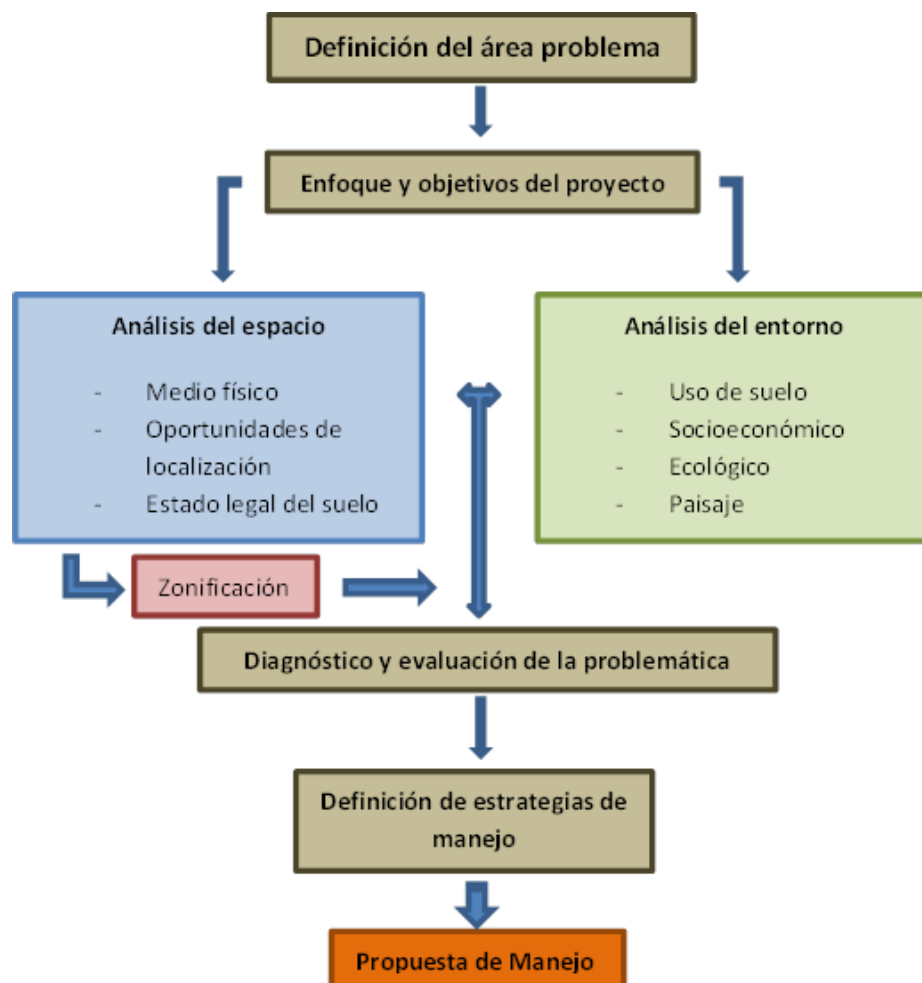


Figura 3 Metodología general para la recuperación de espacios degradados. Modificado de Gómez-Orea (2004a).

VII. Resultados

El presente trabajo consiste de dos productos: el primero, es un artículo que tiene un énfasis en la caracterización de las comunidades ícticas desde el punto de vista ecológico y, el segundo es un informe técnico que contiene una caracterización y análisis del área de estudio, así como las propuestas y estrategias de manejo, dirigido a los tomadores de decisiones del municipio y el estado, para hacer un mejor uso del río Saín Alto.

VII.1. Artículo

Title

Composition and distribution of fish in the Río Saín Alto, Río Aguanaval sub-basin, Zacatecas, Mexico, and it's relation to environmental and anthropogenic factors.

Fernando Solís-Carlos¹, Gorgonio Ruiz-Campos², María de Lourdes Lozano-Vilano³, Juana Claudia Leyva-Aguilera¹, and Jesús Serrano-López¹.

¹ Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 106 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, 22800, México. ² Colección Ictiológica, Universidad Autónoma de Baja California, Km. 106 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, 22800, México (E-mail: gruiz@uabc.edu.mx); ³Laboratorio de Ictiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Post Office Box 425, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 66450, México.

The composition and distribution of fishes in the Río Saín Alto, Zacatecas (México), and its relationship with environmental variables were studied during the dry and wet seasons of 2011. The species richness decreased with altitude and after the flooding event (October). Changes in the fish distribution along the river was observed, where the upper part was represented by two native species (*Gila conspersa* and *Catostomus nebuliferus*), the middle part by six native species (*Astyanax mexicanus*, *Notropis nazas*, *Campostoma ornatum*, *Gila conspersa*, *Catostomus nebuliferus* and *Etheostoma pottsii*) and two exotic species (*Cyprinus carpio* and *Tilapia* sp.), and the lower area by eight species (four natives: *C. ornatum*, *N. nazas*, *G. conspersa* and *C. nebuliferus*; and four exotics: *Gambusia affinis*, *Lepomis cyanellus*, *L. macrochirus* and *Micropterus salmoides*). Factor analysis determined that the altitude and river discharge were the factors that best explained the variation in the distribution of species, especially for the exotic component. The presence of exotic species in the middle and lower river parts is favored by the construction of artificial reservoirs or dams that increase lentic habitats.

Keywords: ichthyofauna, composition, environmental factors, Río Saín Alto River, Zacatecas

Introduction

The spatio-temporal distribution of biological communities through rivers, as well as their causal factors, has been the subjects of numerous studies during the last decade (Frimpong and Angermeier, 2010). Fishes are perhaps the best examples of this research topic due to their strict dependence on the aquatic environments and their relationships with particular environmental factors within each hydrological basin. These conditions make them excellent indicators or biomonitors of the health status and functioning of rivers (Hocutt and Stauffer, 1980; Lyons et al., 1995; 2000; Contreras-Balderas et al., 2005; Mercado-Silva et al., 2006; Lozano-Vilano et al., 2009; Schmitter-Soto et al., 2011).

Different factors are correlated with the distribution, behavior and strategies of fish communities in the rivers, such as altitude (Quist et al., 2005), physical-chemistry of water (Facey and Grossman, 1990; Cech et al., 1990, Castillo-Rivera and Zárate-Hernández, 2001), temperature (Hugueny et al., 2010), habitat availability and heterogeneity (Gido et al., 1997; Castillo-Rivera and Zárate-Hernandez, 2001; Trujillo-Jiménez et al., 2010), river hydrodynamics (Pearsons and Li, 1992; Tedesco and Hugueny, 2006, Olden and Kennard, 2010), and the presence of exotic species (Olden et al., 2006; Bomford et al., 2010). Over time, the integration of the effect of all these factors has led to the formulation of different hypothesis and terminologies (Frimpong and Angermeier, 2010).

In spite of that different studies have shown that fish communities change along an altitudinal gradient due to the combined influence of biotic and abiotic factors, even though few studies are concerning the specific relationship of fish communities with the different types of habitat, connectivity, biodiversity in rivers, and the loss of these attributes by human activities (cf. Mercado-Silva et al., 2006). Such studies are relevant in predicting the behavior of biological communities, and in the proposal of conservation policies, restoration works, and mitigation measures (Quist et al., 2005, Sanchez, 2007).

In this study, we analyzed the composition and distribution of fish populations along the Río Saín Alto River (sub-basin of Río Aguanaval) in the Mexican State of Zacatecas, and their relation with environmental and anthropogenic factors, during two contrasting climatic conditions (dry and rainy season).

Study area

The Río Saín Alto (RSA), a sub-basin of the Río Aguanaval, is a watershed located between 23° 22' and 23° 47'N and 102° 57' and 103° 30' W coordinates, at an average altitude of 2700 masl (INEGI, 2010a). This river is within the municipality of Saín Alto in the State of Zacatecas, Mexico. It is part of the central basins of the North (Nazas-Aguanaval) hydrological complex, with a drainage area of 1,162.64 km² (INEGI, 2010b), and an approximate length of 50 km from its beginning until where it connect with the Río Trujillo, which form the Río Aguanaval (CNA, 2009).

The RSA drainage pattern is dendritic (FISRWG, 1998) with a pattern of drying in the head (Lake, 2003), and a maximum level of branching (Strahler's classification) of seventh order that is reached in the valley area where the main river connect with its major tributary, the Frio River, and thereafter the river flow become permanent throughout the year (Figura 1).

The prevailing climate in the area is tempered semi-dry type with rains in summer and warm sub-humid in the mountains. The annual average rainfall and temperature is between 400-700 mm and 12-18°C, respectively (INEGI, 2010a). It is important to note the occurrence of a severe drought in the study region during 2011, which for decreased the annual average precipitation until 50%, causing low flows during the rainy season (Albanil-Encarnación et al., 2011).

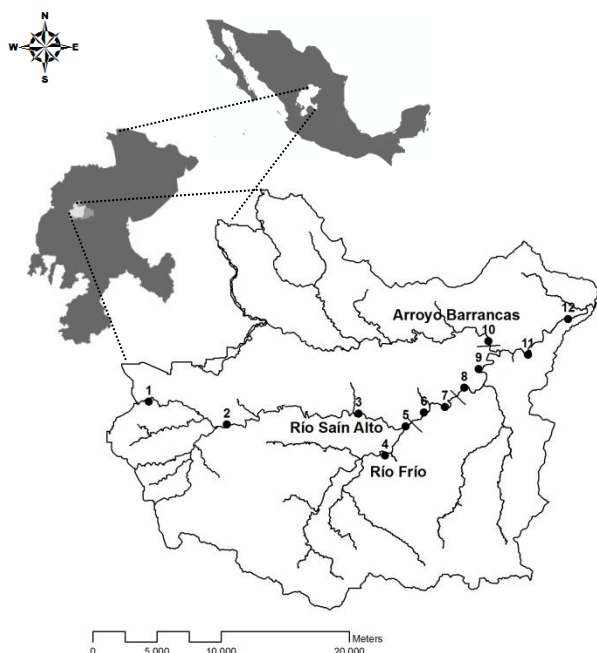


Fig. 1 Geographical location of the Rio Saín Alto basin in the State of Zacatecas, Mexico. Black circles indicate the fish sampling sites: (1) Arriba de Luis Moya, (2) Los Sauces, (3) Emiliano Zapata, (4) Miguel Hidalgo, (5) Puente Atotonilco, (6) Saín Alto, (7) La Boquilla, (8) El Castro, (9) El Alamillo, (10) Crucero a Barrancas, (11) Saín Bajo, and (12) La Laborcita. Black transversal stripes crossing the main river indicate presence of dams.

Physiography and geomorphology of the watershed is comprised by an altitudinal gradient between 1912 and 2867 masl. At its highest point the mountain is formed by extrusive igneous rocks with shallow soils composed of leptosol, regosol and fozem. A steep slope of the river is predominant in this area, allowing the formation of riffles and runs that promote the erosion of the rocky bottom. Downstream, the rock type is mainly sedimentary, with soils typified as of fozem and leptosol; substrates become more heterogeneous due to the topographic transition from sierras to valleys and plateaus, so the slopes stabilize, deep pools become larger and more stable, and substrate deposits and fine detritus increase (Bond, 1996, Sanchez, 2007; Pérez-Munguia et al., 2007). Following the altitudinal gradient downstream, valleys and plateaus become sedimentary rock hills with soils richer in organic matter such as fluvisol and fozem (INEGI, 2010a).

The main plant species identified in the riparian zone of the study area are as follows: Mexican piñon (*Pinus cembroides*), oak (*Quercus eduardii*), yucca (*Yucca discipiens*) and mule-fat (*Baccharis salicifolia*) in the upper part of the basin. Other riparian species as willow (*Salix nigra*), cottonwood (*Populus* spp.) or mule-fat (*Baccharis salicifolia*) are of wide distribution along the river. Aquatic plants are mainly distributed in the middle and lower parts of the basin, represented by *Chara* sp., *Hydrocotyle ranunculoides*, *Lemna gibba*, *Potamogeton* sp., *Azolla* sp., *Nostoc* sp. and *Eleocharis montevidensis*.

Materials and Method

Two sampling events were carried out in the RSA during two contrasting seasons in 2011 (dry season in May and rainy season in October). Twelve sampling sites for fishes and environmental variables were selected throughout a segment of 40 km of the river, based on the presence of water and fish (Figura 1).

Fish sampling and environmental variables

Variables of water quality such as conductivity (Cond; mS/cm), salinity (Sal, ppm), pH, total dissolved solids (TDS, g/l) and temperature (T, °C) were measured *in situ* using a Hydrolab Scout 2 multianalyzer. The physiographic characteristics of the river and riparian zone such as turbidity, flow, dominant bottom type and percentage of riparian vegetation cover were visually determined based on the following qualitative criteria: turbidity (*clear = 1, turbid = 2*) flow rate (*zero = 1, slow = 2, moderate = 3, high = 4*); dominant substrate (*sand = 1, gravel = 2, pebbles = 3, bedrock = 4*), and percentage of riparian vegetation cover (0-100%). Only trees and shrubs were counted as riparian vegetation, but no seasonal grasses or herbs. Other variables measured *in situ* were river width (m) and depth (m) as well as elevation (masl).

The presence or absence of fishes was recorded in each sampling site. The fishes were collected by means of the combined use of a minnow seine (3 m long x 1.5 m high and 0.5 cm mesh size) for shallow habitats (riffles, runs and pools < 1.5 m deep) and minnow traps for sites with depths >1.5 m. In each sampling site, an area of 6 x 50 m was scanned with the minnow seine during an average effort time of 30 min. Minnow traps were in operation for 24 h.

Fish specimens collected were fixed with 10% formalin (neutralized with sodium borate), and after seven days they were placed in water for 24 h, and finally preserved in 50% isopropanol. The taxonomic identification of the species was based on Trautman (1981), Miller et al. (2005) and Solís-Carlos et al. (2009). The fish material was cataloged and deposited in the Fish Collection of the Universidad Autónoma de Baja California (UABC) at Ensenada, Baja California, México.

The nomenclature and systematic arrangement of species follows Nelson (2006); the ecological classification of species according to the tolerance to salinity was based on Myers (1938, 1951); zoogeographic affinity of the species was based on Darlington (1957); species were ecologically classified into trophic guilds based on Root's criteria (1967); and the current conservation status of the species was based on the Mexican Official Norm for the protection of wild flora and fauna (SEMARNAT, 2010).

Data Analysis

Based in the qualitative nature of the data obtained in the present study as well as the type of variables considered here, an exploratory multivariate analysis was used to analyze the information generated. The species similarity among sites was calculated using the Bray-Curtis index, based on the presence-absence of species. The similarity matrix among sites was used to generate dendrograms, using the statistical software Primer 5 (version 5.2.9 2000). Subsequently, a factor analysis (FA) by the method of extracting main components was used to identify the environmental factors that are involved in explaining the presence or absence of fish species in the study area. This analysis was developed using the statistical software Statistica 7, considering the environmental variables of channel width and depth of river, river order, altitude, substrate, turbidity, percentage of riparian vegetation, water physicochemical variables (temperature, pH, conductivity, TDS, and salinity), flow rate, and presence or absence of fish species. Raw data were used due to the statistical program (Statistica 7) works on the correlation matrix of the variables, which means that works on standardized data (Johnson, 2000); likewise the factors were rotated using the *varimax* method. The relative abundance of species was calculated only for the sampling of May, and it was expressed as percentage of the number of specimens collected for each site.

Results

Description of fish communities

During the fish samplings along the main course of the RSA, a total of 12 species (six natives and six exotics) belonging to seven families was recorded. In table 1 is described for each species its zoogeographical origin, ecological affinity, trophic guild, habitat and conservation status. The six native species were *Camptostoma*

ornatum, *Gila conspersa*, *Notropis nazas*, *Catostomus nebuliferus*, *Astyanax mexicanus* and *Etheostoma pottsi*; while six exotic or non-native were *Cyprinus carpio*, *Gambusia affinis*, *Lepomis cyanellus*, *Lepomis macrochirus*, *Micropterus salmoides* and *Tilapia* sp. Zoogeographically, five of the native species are of Nearctic affinity and one is Neotropical (*Astyanax mexicanus*). Based on its ecological affinity, ten species are primary and only two are secondary (*Gambusia affinis* and *Tilapia* sp.). The trophic guilds represented for the native fish fauna are as follows: detritivores (*C. nebuliferus*), herbivores (*C. ornatum*), omnivores (*A. mexicanus* and *G. conspersa*) and insectivores (*N. nazas* and *E. pottsi*); in contrast, the exotic species were predominantly carnivores, except for *G. affinis*. According to the presence of the species within the water column, one (*G. affinis*) occurs in the surface layer, four are benthic (*C. ornatum*, *C. nebuliferus*, *E. pottsi* and *C. carpio*), six inhabit at mid-water (*G. conspersa*, *N. nazas*, *A. mexicanus*, *L. macrochirus*, *L. cyanellus* and *M. salmoides*), and one species (*Tilapia* sp.) uses the entire water column. Finally, three of the six native species (*G. conspersa*, *C. nebuliferus* and *E. pottsi*) are protected by the Mexican Official Norm (SEMARNAT 2010) in the status of endangered.

Table 1 Taxonomic composition, ecological affinity and biogeographical origin of the fish fauna from Río Saín Alto, Zacatecas, Mexico.

Family	Genus	Species	Zoogeographical Origin	Ecological Affinity	Zoogeographical Status
Cyprinidae	<i>Campostoma</i>	<i>ornatum</i> (Girard)	Nearctic	Primary	Native
Cyprinidae	<i>Gila</i>	<i>conspersa</i> (Garman)	Nearctic	Primary	Native
Cyprinidae	<i>Notropis</i>	<i>nazas</i> (Meek)	Nearctic	Primary	Native
Catostomidae	<i>Catostomus</i>	<i>nebuliferus</i> (Garman)	Nearctic	Primary	Native
Characidae*	<i>Astyanax</i>	<i>mexicanus</i> (De Filippi)	Neotropical	Primary	Native
Percidae	<i>Etheostoma</i>	<i>pottsi</i> (Girard)	Nearctic	Primary	Native
Cyprinidae	<i>Cyprinus</i>	<i>carpio</i> (Linnaeus)	Palaearctic	Primary	Exotic
Poeciliidae	<i>Gambusia</i>	<i>affinis</i> (Baird & Girard)	Neotropical	Secondary	Exotic
Centrarchidae	<i>Lepomis</i>	<i>cyanellus</i> (Rafinesque)	Nearctic	Primary	Exotic
Centrarchidae	<i>Lepomis</i>	<i>macrochirus</i> (Rafinesque)	Nearctic	Primary	Exotic
Centrarchidae	<i>Micropterus</i>	<i>salmoides</i> (Lacepède)	Nearctic	Primary	Exotic
Cichlidae	<i>Tilapia</i>	sp.	Ethiopic	Secondary	Exotic

* New record

Distribution and Abundance

The distribution of fish species along the river showed both, altitudinal and seasonal variations. This variation allowed us identify three different zones of the river that were named for practical purposes of this study as upper zone (Luis Moya and Los Sauces), middle zone (E. Zapata, Miguel Hidalgo, Puente Atotonilco, Saín Alto, La Boquilla and El Castro), and lower zone (El Alamillo, Crucero a Barrancas, Saín Bajo and La Laborcita). Only two native species were found in the upper zone of the river (*G. conspersa* and *C. nebuliferus*). In the middle zone, the number of species increased to a total of eight (six native and two exotic), while in the lower zone the number of species was also eight but with equal number of native and exotic forms. It is notable the dominance of exotic species in those sites close to artificial reservoirs (Table 2).

Similarity cluster analysis between sampling sites (Figura 2), based on presence-absence of species during the month of May (dry season) (Figura 2a), showed the formation of four groups at a 60% similarity level. The first group was composed of the sites Luis Moya, Los Sauces, El Castro, Puente Atotonilco, and Emiliano Zapata; this group of sites includes the upper zone and some sites of the middle zone. The first three sites showed 100% similarity by sharing species as *G. conspersa* and *C. nebuliferus*, both species are evenly distributed and abundant throughout the river; Puente Atotonilco and Emiliano Zapata sites shared 85% of the species, because of the presence of *N. nazas*.

Table 2 Presence-absence of species by locality and sampling date in Río Saín Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, Mexico.

Site	Upper Zone				Middle Zone					Lower Zone														
	LM	LS	EZ	MH	PA	SA	LB	EC	EA	CB	SB	LL												
Date of Sampling	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct	May/Oct												
<i>C. ornatum</i>						X	X	X		X		X												
<i>G. conspersa</i>	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X												
<i>N. nazas</i>			X		X	X	X			X	X	X												
<i>C. nebuliferus</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X												
<i>A. mexicanus</i>				X	X																			
<i>E. pottsi</i>					X	X	X	X																
<i>C. carpio</i>						X	X																	
<i>G. affinis</i>											X	X												
<i>L. cyanellus</i>										X	X	X												
<i>L. macrochirus</i>										X	X	X												
<i>M. salmoides</i>											X													
<i>Tilapia</i> sp.							X	X																
Total species	2	1	2	0	3	0	0	2	4	4	4	3	4	5	2	3	3	2	5	2	7	3	6	2

LM = Luis Moya, LS = Los Sauces, EZ = Emiliano Zapata, MH = Miguel Hidalgo, PA = Puente Atotonilco, SA = Saín Alto, LB = La Boquilla, EC = El Castro, EA = El Alamillo, CB = Crucero a Barrancas, SB = Saín Bajo, LL = La Laborcita.

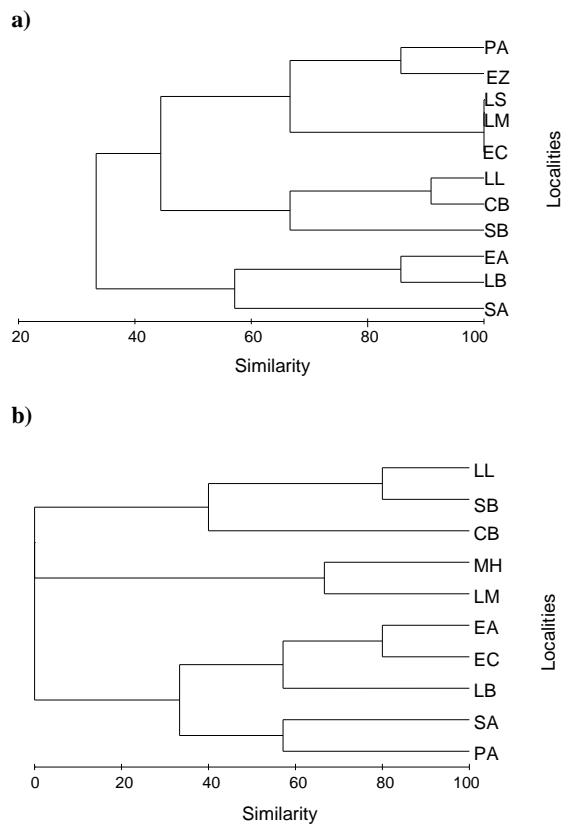


Fig. 2 Dendrogram of similarity species among sampling sites in the Río Saín Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, Mexico. (A) Dry season (May 2011), and (B) Rainy season (October 2011). The sites of Los Sauces and Emiliano Zapata were not included in the analysis of October because of the lack of fishes. Ver acronimos en tabla 2.

The second group of the dendrogram was formed by the sites of La Laborcita, Crucero a Barrancas and Saín Bajo, all of them belonging to the lower zone; higher diversity was found at these sites due to the addition of exotic species, mainly *L. cyanellus* and *L. macrochirus*, hence the similarity. In La Laborcita site, two isolated pools varying in size and depth show different species composition and abundance (Figura 3): the first one (Figura 3a) (larger and deeper) contained three species (two exotic and one native) with *L. cyanellus* as the most abundant species (42.8%); while the second pool (Figura 3b), smaller and shallower, had six species (five native and one exotic), where the abundances of all the native species combined made up 98.6%.

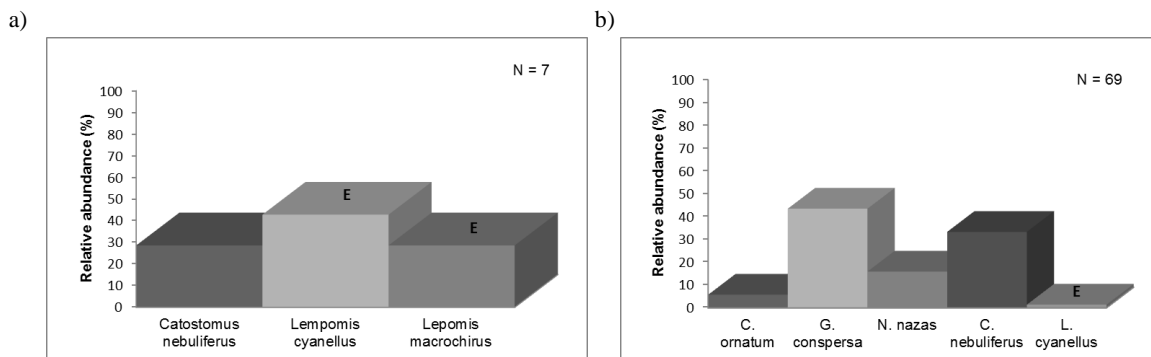


Fig. 3 Relative abundance of fish species in two ponds of La Laborcita site. (A) deep pond with dominance of exotic species (E); (B) shallow pond with dominance of native species.

In the site of Crucero a Barrancas, the species *L. cyanellus* and *N. nazas* recorded abundances of 46.3% and 43.9%, respectively; on the other hand *G. conspersa* and *C. nebuliferus* showed abundances lesser than 5%. The Saín Bajo site recorded the highest species richness with four native and three exotic, highlighting the presence of the exotics *G. affinis* and *M. salmoides* with relative abundances of 55.5% and 2.9%, respectively (Tables 2 and 3).

The third group of sites is formed by El Alamillo and La Boquilla, belonging to the lower and middle zones of the main river, respectively. Both sites share the dominance of native species, especially for *C. ornatum*. The last site of the dendrogram is Saín Alto, which was composed by four of the six native species, where is notable the high abundance of the native darter *Etheostoma pottsi* (81.5%). This site is segregated from others due to the absence of *G. conspersa* (Table 2, Figura 2a).

In October (rainy season), the species similarity between sites (Figura 2b) was different in comparison with that of May (dry season). In most sites at least one species was absent, and even, at ones as Los Sauces and Emiliano Zapata, there was absence of fish. With regard to new findings of species in the study area, the presence of *A. mexicanus* was detected at Miguel Hidalgo and Puente Atotonilco sites, while those of exotic origin as *C. carpio* at the Saín Alto and La Boquilla sites, and *Tilapia* sp. at La Boquilla and El Castro sites; these last three sites are located in an order of decreasing elevation.

Based on the results cited above, the most distributed and abundant species in the study area were the native *G. conspersa* and *C. nebuliferus*, whose combined abundances represented 61.7% of the total fish community. Both species were absent at only one site (Saín Alto and Miguel Hidalgo, respectively); other species had abundances of 14.4% (*N. nazas*), 10.4% (*G. affinis*), 5.7% (*L. cyanellus*), 3.4% (*C. ornatum*) and 3.1% (*E. pottsi*); the remaining species had abundances below 1% (Table 3).

Relationship system-fish community

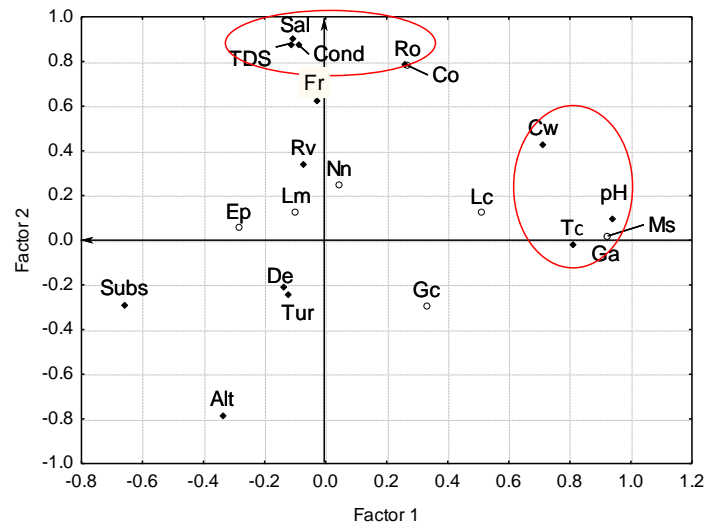
The multivariate analysis resulting of extraction of three main factors to the set of variables analyzed for the fish sampling of May 2011 (Figura 4), gave a cumulative variance of 14.22 that represents 67.7% of the total cumulative variance. These three factors extracted explained of respective manner 24%, 25% and 19% of the total variance. Considering a load value (correlation) ≥ 0.7 for the variables analyzed we can note the following : for factor 1, the group of variables significantly correlated were channel width (0.71), pH (0.94), temperature (0.81), *M. salmoides* (0.92) and *G. affinis* (0.92); while for factor 2, the following variables were significantly correlated: altitude (-0.78), conductivity (0.88), salinity (0.91), total dissolved solids (0.88), river order (0.78) and presence of *C. ornatum* (0.79) (Figura 4a); finally for factor 3, three variables were significantly correlated depth (0.93) correlates with *L. macrochirus* (0.85) and *L. cyanellus* (0.77) (Figura 4b). Summarizing the results already described, we can interprets for each factor that: (a) as the channel width increases, the values of pH, temperature and occurrence of *G. affinis* and *M. salmoides* also increases; (b) at lower altitudes the conductivity, salinity, total dissolved solids, river order and occurrence of *C. ornatum* increases; and (c) as the depth of river increases, the probability of occurrence of fishes of lentic habitats such as *L. macrochirus* and *L. cyanellus* also increases. In fact, the three most influential factors in the distribution of the fish community in May were altitude, discharge rate, and river depth.

Table 3 Relative abundances (%) by species and site of sampling, during dry season (May 2011) in Río Saín Alto, Zacatecas, Mexico.

Site	Taxa								
	<i>C. ornatum</i>	<i>G. conspersa</i>	<i>N. nazas</i>	<i>C. nebuliferus</i>	<i>E. pottsi</i>	<i>G. affinis</i>	<i>M. salmoides</i>	<i>L. cyanellus</i>	<i>L. macrochirus</i>
Luis Moya		76.1		23.9					
Los Sauces		70.1		29.9					
Emiliano Zapata		60.4	3.8	35.8					
Puente Atotonilco		10.5	84.2	2.6	2.6				
Saín Alto	3.7		7.4	7.4	81.5				
La Boquilla	29.4	22.1	13.2	35.3					
El Castro		69.4		30.6					
El Alamillo	1.7	76.3		22.0					
Crucero a Barrancas		3.7	43.9	4.9				46.3	1.2
Saín Bajo	2.9	10.2	9.5	17.5		55.5	2.9		1.5
La Laborcita (a)				28.6				42.8	28.6
La Laborcita (b)	5.8	43.5	15.9	33.3				1.4	
Total relative abundance (%)	3.4	38.7	14.4	23	3.1	10.4	0.5	5.7	0.7

Note: relative abundances for *A. mexicanus*, *C. carpio* and *Tilapia* sp. are not included because these species were collected in October 2011.

a)



b)

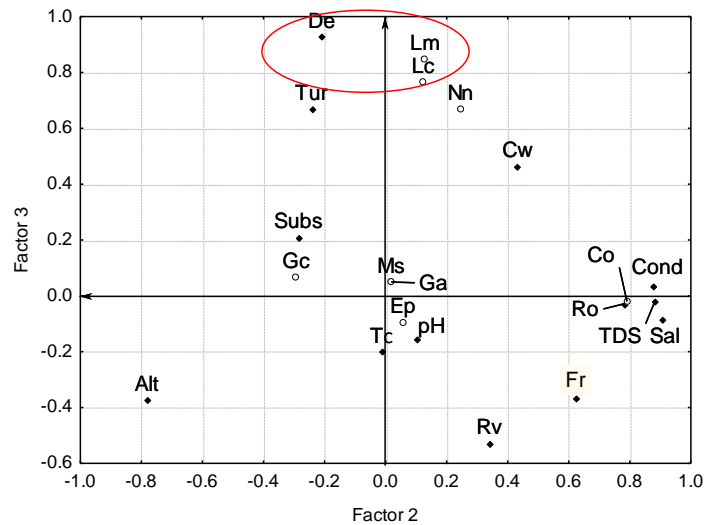
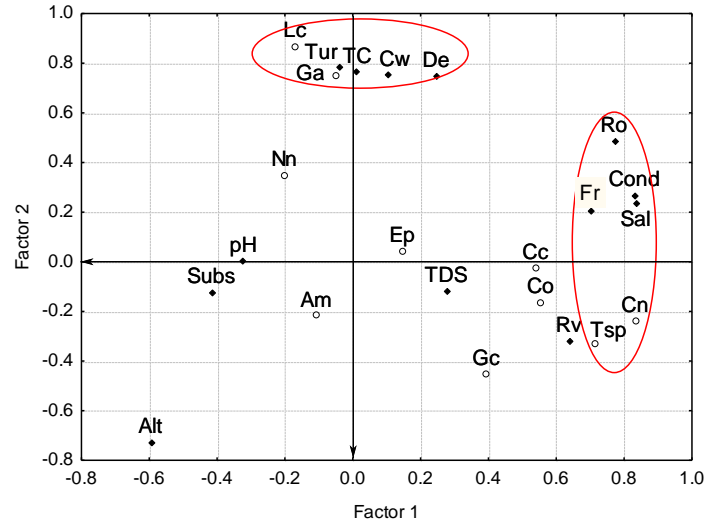


Fig. 4 Fish community and its correlation with environmental variables in the Río Sain Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, during dry season (mayo 2011): (a) Factor 1 vs Factor 2; and (b) Factor 2 vs Factor 3. Circles = fish species and solid rhombus = environmental variables. Altitude = Alt, Turbidity = Tur, Flow rate = Fr, Substratum = Subs, Channel width = Cw, Depth = De, pH = pH, Temperature = TC, Conductivity = Cond, Salinity = Sal, Total of dissolve solids = TDS, Riparian vegetation = Rv, River order = Ro, Gila conspersa = Gc, Campostoma ornatum = Co, *E. pottsi* = Ep, *C. nebuliferus* = Cn, *A. mexicanus* = Am, *N. nazas* = Nn, *L. macrochirus* = Lm, *L. cyanellus* = Lc, *M. salmoides* = Ms, y *G. affinis* = Ga.

Analysis of October 2011 sampling (Figura 5), showed a cumulative variance of 13.89, which means 60% of the total variance. The first extracted factor explained 25% (5.72), the second 23% (5.3), and the third 12% (2.86). The groups of variables correlated for each factor were: flow rate (0.7), conductivity (0.83), salinity (0.83), river order (0.77), *C. nebuliferus* (0.83) and *Tilapia sp.* (0.71) for factor 1; altitude (-0.73), turbidity (0.79), channel width (0.76), depth (0.75), temperature (0.77), *L. cyanellus* (0.87) and *G. affinis* (0.75) for factor 2 (Figura 5a); and *E. pottsi* (0.81) as a single variable or tribal factor (Figura 5b). Based on the results described above, we can be interpreted that: (a) as the river order increases, there is an increase in the discharge rate, conductivity and salinity, as well as the presence of *C. nebuliferus* and *Tilapia sp.*, (b) as the altitude of the site decreases, the water turbidity, channel width, depth, temperature, and presence of exotic

species (*L. cyanellus* and *G. affinis*) increases; and (c) the environmental characteristics associated to the habitat where *E. pottsi* is found are markedly different to the rest of the river. Therefore, the determining factors of the distribution of fish community during the rainy season of October 2011 were the discharge rate, altitude and type of habitat.

A)



B)

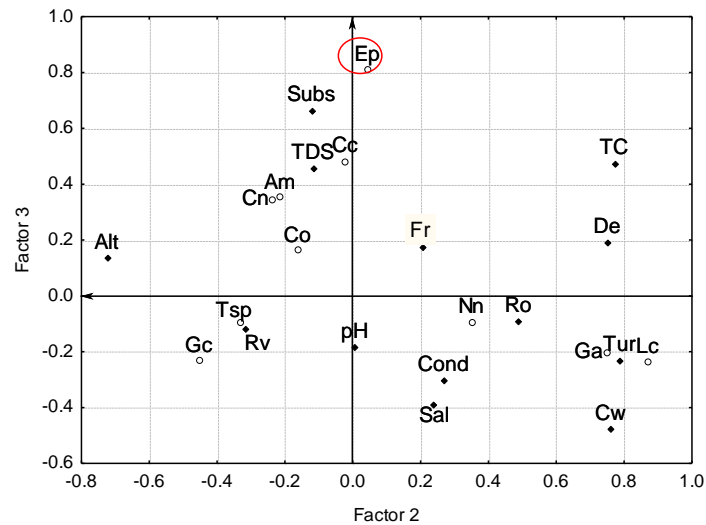


Fig. 5 Fish community and its correlations with environmental variables in the Río Saín Alto, sub-basin of Río Aguanaval, Zacatecas, during rainy season (October 2011): (a) Factor 1 vs factor 2; and (b) Factor 2 vs factor 3. Circles = fish species and solid rhombus = environmental variables. Altitude = Alt, Turbidity = Tur, Flow rate = Fr, Substratum = Subs, Channel width = Cw, Depth = De, pH = pH, Temperature = TC, Conductivity = Cond, Salinity = Sal, Total of dissolve solids = TDS, Riparian vegetation = Rv, River order = Ro, Gila conspersa = Gc, Campostoma ornatum = Co, *E. pottsi* = Ep, *C. nebuliferus* = Cn, *A. mexicanus* = Am, *N. nazas* = Nn, *L. macrochirus* = Lm, *L. cyanellus* = Lc, *M. salmoides* = Ms y *G. affinis* = Ga.

Discussion

The fish fauna of the Saín Alto River (RSA) is represented currently by at least five known native species (*C. ornatum*, *G. conspersa*, *N. nazas*, *C. nebuliferus*, and *E. pottsi*; cf. Salas-Martínez, 1971; Miller et al., 2005; Solís-Carlos et al., 2009) plus one unreported (*Astyanax mexicanus*). Most of the species recorded in the Saín Alto River are shared with other basins in the north of México such as those of the Yaqui, Mayo, Tunal and Conchos rivers among others (Contreras-Balderas, 1978, Hendrickson et al., 1980, Miller et al., 2005; Lozano-Vilano et al., 2009; Varela-Romero and Hendrickson, 2009). Historically, all these drainages were once connected to the Rio Bravo, which explain the current presence of many shared species (Contreras-Balderas, 1978, Miller et al., 2005). Some taxa in common such as *C. ornatum* and *A. mexicanus* possess certain degree of differentiation from their relatives in the other basins (Contreras-Balderas et al., 1998, Miller et al., 2005; Solís-Carlos et al., 2009). Recent studies on the phylogeography of *C. ornatum* conclude that specimens of the Nazas-Aguanaval complex, and of the Culiacan and Piaxtla rivers are significantly different from those of northern basins such as Yaqui, Mayo, Fuerte, Sonora, Casas Grandes, Santa Clara and Conchos (cf. Domínguez-Domínguez et al., 2011; Schönhut et al., 2011).

Furthermore, the presence of the Mexican tetra *A. mexicanus* in the waters of the RSA, had not previously been reported. Contreras-Balderas et al. (1998) referred to this species as *Astyanax* sp., a form endemic to the Nazas-Aguanaval complex, which differs markedly of *A. mexicanus* from the Rio Grande watershed group. Other endemics of the Nazas-Aguanaval are *N. nazas* and *G. conspersa* (Miller et al., 2005); the latter along with *E. pottsi* and *C. nebuliferus* are in endangered status by the Mexican Official Norm (SEMARNAT, 2010).

Based on the presence-absence of species across the altitudinal gradient of the RSA, three different zones are distinguished: upper zone (> 2100 masl), middle zone (≤ 2100) and lower zone (< 2000 masl). Higher species richness was observed in the middle and lower zones, and a wide variation in the presence-absence of species was notable for all three areas after the rainy season. On the other hand, the results of factor analysis (FA) indicated that altitude and discharge rate were the main factors explaining the occurrence and distribution of species in the river, coinciding with those reported by Quist et al. (2005), Trujillo-Jiménez et al. (2010), Gido et al. (1997) and Grossman et al. (2010), who pointed to these same variables along with others (availability and habitat heterogeneity, flow rate, and temperature) as predictors of the distribution and structure of the fish community.

The upper zone of RSA was dominated by two native species, *G. conspersa* and *C. nebuliferus*, which are typical forms of mountain streams (Bond, 1996; Miller et al., 2005) and better adapted to the wide seasonal changes in the river flow and temperature. Myrick and Cech (2000) showed that suckers as *Catostomus occidentalis* are less affected in their swimming patterns by temperature in comparison to other native species in the Sacramento River, California; a condition that allows it to distribute at higher elevations. In the study area, both *G. conspersa* and *C. nebuliferus* have the largest and most hydrodynamics bodies of the six native species that inhabit the river, features that seems to allow them a best swimming against the current (Cech et al. 1990; Chun et al., 2011) and thus can reach sites up stream.

Towards the middle zone of RSA, the habitat heterogeneity increases (Bond, 1996, Sanchez, 2007), condition that promotes the presence of all native fish species, especially from the point where the river becomes of seventh order and maintains a constant flow throughout the year. Similarly, Gido et al., (1997) found that the fish community in secondary channels of the San Juan River (Arizona, USA) was larger in areas where habitat conditions were more stable and diverse. Contreras-Balderas (1978) also argued that the fish diversity is increased as a function of habitat heterogeneity. The threatened native darter, *E. pottsi* (SEMARNAT, 2010), which is known to occur in very specific habitats (Miller et al., 2005) is confined to a segment of the RSA between the sites of Atotonilco bridge and Saín Alto, where the habitat conditions are suitable for survival of this species.

Another species, also of confined distribution in the RSA, is *A. mexicanus*, which is registered for the first time at this sub-basin of the Río Aguanaval in the sites of Puente Atotonilco and Miguel Hidalgo. Its low

abundance and distribution, suggest that it is a species with very specific habitat characteristics and low tolerance to environmental changes. This hypothesis fits with that of Solis-Carlos et al. (2009), who reported it at two localities of the Río Aguanaval River of Zacatecas, which were downstream of the junction with RSA, in areas with low degradation conditions. This particular pattern in the species distribution might be an indication of the presence of a differentiated form (Contreras-Balderas et al., 1998), which requires a comparative morphological, osteological and genetical analysis to clarify its taxonomic position.

Furthermore, the occurrence of exotic species in this area as common carp (*Cyprinus carpio*) in the locations of Saín Alto and La Boquilla; and *Tilapia* sp. in La Boquilla and El Castro during the sampling of October, might be related to the presence of artificial reservoirs and by dispersal of individuals because of flooding during the rainy season. A similar case was observed by Trujillo-Jiménez et al. (2010) in the Río Amacuzac (Mexico), who found an increase in the species diversity in some sections of the river during the rainy season, where the flooding's promote the dispersal of species from its tributaries.

The species *C. ornatum* was recorded in high number at the site of La Boquilla, a site that is characterized by high flows along the year and its location on a plateau area that favors the presence of riffles and runs, the preferred habitats for these species (Burr, 1976, Miller et al., 2005-Carlos Solis et al., 2009). The absence of these species typical of stable flows in the upper zone of the RSA was noted during the dry season

On the other hand, *N. nazas* showed a high abundance both in the middle and lower zones of the RSA, at the sites of Puente Atotonilco and Crucero Barrancas. In this last site the high abundance of this native minnow is shared with the exotic green sunfish, *L. cyanellus*. It is remarkable the high abundance of *N. nazas* at this site, since *L. cyanellus* is considered a highly voracious carnivorous (Miller et al., 2005) that might potentially predate on *N. nazas*. Meanwhile, *L. cyanellus* is favored by the construction of a dam that impounds the waters and increases the deep lentic habitats (> 1 m). These species are segregated in habitat, where *L. cyanellus* is mainly confined to deeper areas of this site, while *N. nazas* limited to shallow areas of the pools, a behavior that avoid the predator-prey interaction. A different scenario is observed for the native species *G. conspersa* and *C. nebuliferus* at this same site, whose low abundances suggest a high degree of predation by exotic species. Dudley and Matter (2000) found a similar situation for populations of *Gila intermedia* at sites in the Sabino Creek, Arizona (USA), where *L. cyanellus* could be found. Their results showed that populations of *G. intermedia* were abundant in the streams with absence of its predator *L. cyanellus*, whereas in areas with this species, only adult specimens were found.

The presence of exotic species in the middle and lower zones of the RSA is a key evidence of the great impact on the habitat and native fish community caused by the construction of hydraulic works such as levees and dams (Havel et al., 2005). These works promote unfavorable habitat conditions for native species, increasing depth, reducing stream flow, increasing temperatures and promoting sedimentation, all of which facilitates the entry of exotic species with greater tolerance to degradation (Olden and Poff, 2005; Johnson et al., 2008). This relationship was evident in the results of the FA, where *M. salmoides*, *G. affinis*, *L. cyanellus* and *L. macrochirus* were the species with the most correlation based on the variables of the channel width, pH, temperature and depth.

In summary, the structure of fish communities in the RSA is mainly determined by those variables related to the altitudinal gradient and discharge rate for native species, or impound and hydraulic infrastructure for exotic species. Finally, the RSA should be a conservation priority area because of its importance as a potential gene bank ideal for future stocking of fish in the Río Aguanaval basin due to the high number of species in common.

Acknowledgements

Special thanks to Consejo Zacatecano de Ciencia y Tecnología (COZCYT) and the Red de Especies Exóticas de México (UANL-Umar-UABC) for the funds provided to this study. We also thank to Asunción Andreu-Soler and Jorge A. Contreras-Lozano for their supports during the fish sampling in May and October 2011, respectively. Evarista Arellano helped in the statistical analysis. Finally, our thanks go to the Universidad

Autónoma de Zacatecas (UAZ) and the Mayor's office of the Municipality of Saín Alto, Zacatecas for their logistic support during the various stages of the project.

Literature Cited

- Albanil-Encarnación, A., Pascual-Ramírez, R., & Lobato-Sánchez, R. (2011). Reporte del Clima en México. Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Gerencia de Meteorología y Climatología; Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua (CNA). 16.
- Bomford, M., Barry, S. C., & Lawrence, E. (2010). Predicting establishment success for introduced freshwater fishes: a role for climate matching. *Biological Invasions*, 12(8), 2559-2571.
- Bond, C. E. (1996). *Biology of Fishes* (2 ed.). USA: Thomson Learning. 750.
- Burr, B. M. (1976). A review of the mexican stoneroller *Campostoma ornatum*, Girard (Pisces: Cyprinidae). *Transactions of the San Diego Society of Natural History*, 18, 127-143.
- Castillo-Rivera, M., & Zárate-Hernández, R. (2001). Patrones Espacio-Temporales de la Abundancia de Peces en la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Hidrobiológica*, 11(001), 75-84.
- Cech, J. J., Mitchell, S. J., Castleberry, D. T., & McEnroe, M. (1990). Distribution of California Stream Fishes: influence of environmental temperature and hypoxia. *Environmental Biology of Fishes*, 29, 95-105.
- Chun, S. N., Cocherell, S. A., Cocherell, D. E., Miranda, J. B., Jones, G. J., Graham, J., A. P., Klimley, L. C., Thomson, & J. J., Cech Jr. (2011). Displacement, velocity preference, and substrate use of three native California stream fishes in simulated pulsed flows. *Environmental Biology of Fishes*, 90, 43-52.
- CNA. (2009). Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, acuífero (3216) Saín Alto, Zacatecas. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas. Zacatecas: Comisión Nacional del Agua (CNA). 1-25.
- Contreras-Balderas, S., Lozano-Vilano, M. L., & García-Ramírez, M. E. (1998). Banco de datos de la ictiofauna del Río Bravo desde 1902 a 1992 en la colección ictiológica de la UANL. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas., Laboratorio de Ictiología, Zoología de Vertebrados. México, D.F.: CONABIO. 10-140.
- Contreras-Balderas, S. (1978). Speciation aspects and man made community composition in Chihuahuan Desert Fishes. En R. H. Wauer, & D. H. Riskind, *Transactions of the Symposium of the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and México*. (págs. 405-431). U.S. Natl. Park. Serv. Trans. Proc. Ser 3.
- Contreras-Balderas, S., Lozano-Vilano, M. L., & García-Ramírez, M. E. (2005). Historical Changes in the Index of Biological Integrity for the Lower Río Nazas, Durango, México. *American Fisheries Society*, 45, 225-237.
- Darlington, P. J. (1957). *Zoogeography: the geographical distribution of animals*. New York, N.Y., U.S.A.: NY, John Wiley and Sons. 657.

- Dominguez Dominguez, O., Vila, M., Pérez Rodríguez, R., Remón, N., & Doadrio, I. (2011). Complex evolutionary history of the mexican stoneroller *Campostoma ornatum* (Girard 1856) Actinopterygii: Cyprinidae. *BMC Evolutionary Biology*, 11(153), 1-20.
- Dudley, R. K., & Matter, W. J. (2000). Effects of Small Green Sunfish (*Lepomis cyanellus*) on recruitment of Gila Chub (*Gila intermedia*) in Sabino Creek, Arizona. *The Southwestern Naturalist*, 45(1), 24-29.
- Facey, D. E., & Grossman, G. D. (1990). Metabolic Cost of Maintaining Position for Four North American Stream Fishes: Effects of Season and Velocity. *Physiological Zoology*, 63(4), 757-776.
- FISRWG. (1998). Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. USA: Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 15 Federal Agencies of the U.S. gov't. 483.
- Frimpong, E. A., & Angermeier, P. L. (2010). Trait-Based Approaches in the Analysis of Stream Fish Communities. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes: concepts, approaches and techniques*. (págs. 109-135). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.
- Gido, K. B., Propst, D. L., & Molles, M. C. (1997). Spatial and temporal variation of fish communities in secondary channels of the San Juan River, New Mexico and Utah. *Environmental Biology of Fishes*, 49, 417-434.
- Grossman, G. D., Ratajczak, R. E., Farr, M. D., Wagner, M. C., & Petty, J. T. (2010). Why There Are Fewer Fish Upstream. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes: Concepts, Approaches, and Techniques* (págs. 63-81). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.
- Havel, J. E., Eunmi Lee, C., & Vander Zanden, M. J. (2005). Do Reservoirs Facilitate Invasions Into Landscapes. *Bioscience*, 55(6), 518-525.
- Hendrickson, D. A., Minckley, W. L., Miller, R. R., Siebert, D. J., & Minckley, P. H. (1980). Fishes of the Río Yaqui Basin, México and United States. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 15, 65-106.
- Hocutt, C. H., & Stauffer, J. R. (1980). *Biological Monitoring of Fish*. (C. H. Hocutt, & J. R. Stauffer, Jr., Edits.) Lexinton Books, Lexinton. Mass.416
- Hugueny, B., Oberdorff, T., & Tedesco, P. A. (2010). Community Ecology of River Fishes: A Large-Scale Perspective. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes: concepts, approaches and techniques* (págs. 29-62). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.
- INEGI. (2010a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Saín Alto, Zacatecas. Pagina Oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 12 de Febrero de 2011, de <http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>
- INEGI. (2010b). Red Hidrográfica Escala 1:50,000, Edición 2.0. Documento Técnico Descriptivo de la Red Hidrográfica Escala 1:50,000, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Dirección General de Geografía y Medio Ambiente, Aguascalientes. 105.
- Johnson, D. E. (2000). *Métodos multivariados al análisis de datos*. México, D.F., México: International Thomson Editores. 556.

- Johnson, P. T., P.T.J., Olden, J. D., & Vander Zanden, M. J. (2008). Dam Invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. *Front. Ecol. Environ.*, 6(7), 357-363.
- Lake, P. S. (2003). Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48, 1161-1172.
- Lozano-Vilano, M. L., García-Ramírez, M. E., & De la Maza-Benignos, M. (2009). Índice biológico de Integridad Histórico (IBIh) e Índice de Similaridad de Sitios de Jaccard. En M. De la Maza-Benignos, *Los Peces del Río Conchos* (págs. 139-174). Alianza WWF-FGRA y Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Lyons, J., Gutiérrez-Hernández, A., Díaz-Pardo, E., Soto-Galera, E., Medina-Nava, M., & Pineda-López, R. (2000). Development of a Preliminary Index of Biotic Integrity (IBI) Based of Fish Assemblages to Asses Ecosystem Condition in the Lakes of Central Mexico. *Hidrobiologia*, 418, 57-72.
- Lyons, J., Navarro-Perez, S., Cochran, P. A., Santana C., E., & Guzman-Arroyo, M. (1995). Index of biotic Integrity Based on Fische Assemblages for the Conservation of the Streams and Rivers in West Central Mexico. *Conservation Biology*, 9(3), 569-584.
- Mercado-Silva, N., Lyons, J., Díaz-Pardo, E., Gutiérrez-Hernandez, A., Ornelas García, C. P., Pedraza-Lara, C. & Vander-Zanden M. J. (2006). Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, Central Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*, 16, 533-546.
- Miller, R. R., Minckley, W. L., Norris, S. M., & Hall Gach, M. (2005). *Freshwater Fishes of Mexico* (1 ed.). Chicago, Illinois, United States of America: The University of Chicago Press. 490.
- Myers, G. S. (1938). Fresh-water fishes and West Indian zoogeography. *Annual Report Smithsonian Institution*, 92, 339-364.
- Myers, G. S. (1951). Fresh-water fishes and East Indian zoogeography. *Stanford Ichthyological Bulletin*, 4, 11-21.
- Myrick, C. A., & Cech, J. J. (2000). Swimming Performances of Four California Stream Fishes: temperature effects. *Environmental Biology of Fishes*, 58, 289-295.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World* (Fourth ed.). Edmonton, Alberta, Canada: John Wiley and Sons. 601.
- Olden, J. D., & Kennard, M. J. (2010). Intercontinental Comparison of Fish Life History Strategies along a Gradient of Hydrologic Variability. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes: concepts, approaches and techniques*. (págs. 83-107). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.
- Olden, J. D., & Poff, N. L. (2005). Long-term trends of native and non-native fish faunas in the America Soutwest. *Animal Biodiversity and Conservation*, 28(1), 75-89.
- Olden, J. D., Poff, N. L., & Bestgen, K. R. (2006). Life-History Strategies Predict Fish Invasions and Extirpations in the Colorado River Basin. *Ecological Monographs*, 76(1), 25-40.
- Pearsons, T. N., & Li, H. W. (1992). Influence of Habitat Complexity on Resistance to Flooding and Resilience to Stream Fish Assemblages. *Transactions of the American Fisheries Society*, 121, 427-436.

- Pérez-Munguía, R., Pineda-López, R., & Medina-Nava, M. (2007). Integridad biótica de ambientes acuáticos. En O. Sanchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (1 ed., págs. 71-112). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Quist, M. C., Rahel, F. J., & Hubert, W. A. (2005). Hierarchical faunal filters: an approach to assessing effects of habitat and nonnative species on native fishes. *Ecology of Fresh Water Fish*, 14, 24-39.
- Root, R. B. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37(4), 317-349.
- Salas-Martínez, M. G. (1971). Ictiofauna del Complejo de Cuencas Nazas, Aguanaval, Parras y del Chorro de los Estados de Durango, Zacatecas y Coahuila, México. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas, 1-101. San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México: FCB, UANL "Inédita".
- Sanchez, O. (2007). Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En O. Sanchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (1 ed., págs. 11-36). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Schmitter-Soto, J. J., Ruiz-Cauich, L. E., Herrera, R. L., & Gonzáles-Solís, D. (2011). An Index of Biotic Integrity of Shallow Streams of the Hondo River Basin, Yucatan Peninsula. *Science of the Total Environment*, 409, 844-852.
- Schönhuth, S., Blum, M. J., Lozano-Vilano, L., Neely, D. A., Varela-Romero, A., Espinosa, H., Perdices A., and Mayden L. R. (2011). Inter-basin exchange and repeated headwater capture across the Sierra Madre Occidental inferred from the phylogeography of Mexican stonerollers. *Journal of Biogeography*, 38, 1406-1421.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana, NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, págs. 1-77.
- Solís-Carlos, F., Lozano-Vilano, M. L., García-Ramírez, M. E., & Contreras, J. A. (2009). Estudio Taxonómico y Distribucional de la Ictiofauna de Áreas Selectas en el N del Estado, Zacatecas, México. San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México. Texas Academy of Sciences, 112th Annual Meeting. Junction 5-7 Marzo, 2009. 130.
- Tedesco, P., & Hugueny, B. (2006). Life history strategies affect climate based spatial synchrony in population dynamics of West African freshwater fishes. *OIKOS*, 115, 117-127.
- Trautman, M. B. (1981). *The Fishes of Ohio*. (Revisada ed.). Columbus, Ohio, U.S.A.: Ohio State University Press. 782.
- Trujillo-Jimenez, P., Lopez-Lopez, E., Díaz-Pardo, E., & Camargo, J. A. (2010). Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, Mexico: influence of abiotic factors and biotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20, 457-469.
- Varela-Romero, A., & Hendrickson, D. A. (2009). Peces Dulceacuicolas. En F. E. Molina-Freaner, & T. R. Van Devender, *Diversidad Biológica de Sonora* (págs. 339-356). México, D.F.: UNAM.

Winemiller, K. O., & Rose, K. A. (1992). Patterns of life-history diversification in the North American fishes: implication of population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49, 2196-2218.

IX. Informe Técnico

Propuesta de Plan de Manejo para la Conservación del Río Saín Alto, Zacatecas, México.

Presentación

Zacatecas es un estado cuyo territorio es principalmente árido, por lo que la principal y en ocasiones la única fuente de agua son las subterráneas. Hoy día la inadecuada administración de este recurso, la poca cultura de ahorro por parte de la población y la falta de tecnificación de los métodos de riego en cultivos, ha llevado a la sobreexplotación de más del 50% de los mantos freáticos de la región y esto a su vez a la desecación y degradación de los cuerpos de agua superficiales (Ortega, 2011; Pérez, 2013). Aunado a lo anterior, se encuentra la grave situación de sequía extrema que azota la región, la cual según datos del Servicio Meteorológico Nacional es la más fuerte desde 1941 (Albanil-Encarnación, 2011).

Recientes trabajos como el Plan de Manejo Integral de los Acuíferos de Calera, Chupaderos y Aguanaval (2010) son el reflejo de la grave situación que enfrentan hoy día los acuíferos y en especial la cuenca Aguanaval, cuyo daño ha llegado a una condición casi irreparable (Pinedo, 2010; Ortega, 2011; Martínez, 2011; Hernández, 2011) y de la urgente necesidad de medidas que ayuden a mitigar dichos daños.

El Río Saín Alto es una subcuenca de la antes mencionada, la importancia de este río radica en que es una de las mayores fuentes de agua y de diversidad de la región norte del estado, ya que es el principal tributario del Río Aguanaval, al cual aporta un 52% del flujo de agua que fluye por este último dentro del territorio Zacatecano (INEGI, 2010a) y existe un sector de la población que depende de su aporte para riego de sus cultivos con los que obtienen el recurso de subsistencia.

Además de lo anterior, sobre el río muy poco se sabe, ya que los trabajos existentes en el municipio se encuentran encaminados principalmente al recurso de la disponibilidad y calidad del agua del acuífero (SARH, 1977; 1981; CNA, 2003). Al respecto, el último monitoreo piezométrico reportado por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2009b) declara que el acuífero Saín Alto se encuentra sobreexplotado. Dicha situación es preocupante, ya que el abatimiento del manto freático puede traer como consecuencia la desecación del río, cuyo aporte principal de agua son los manantiales y surgencias de los mantos freáticos.

En el aspecto ecológico-ambiental su importancia se debe a su biodiversidad nativa, mucha de la cual comparte con el Aguanaval y hasta hoy ha sido muy poco estudiada. Solís-Carlos et al. (2009) en un trabajo sobre la ictiofauna del norte de Zacatecas, señalaron la existencia de seis especies de peces en el Río Saín Alto, de las cuales tres se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como amenazadas y una de ellas solo se distribuye en este río dentro del estado. La conservación de éstos es importante, ya que como organismos acuáticos desempeñan una función importante como indicadores del estado en que se encuentra el río; además pensando a futuro y en la recuperación de la cuenca, puede servir como banco de germoplasma para futuras repoblaciones.

Actualmente, tanto el río como el municipio carecen de un plan de manejo y ordenamiento territorial que permita un desarrollo y aprovechamiento de recursos naturales más adecuado. En este contexto, el presente trabajo es trascendente porque aporta estrategias de manejo con base en las condiciones actuales del río, además es un instrumento que apoyará en el conocimiento de las características del área, permitirá evidenciar el potencial de los recursos que poseen los residentes de este sitio, y complementará los trabajos existentes en el acuífero y de aquellos destinados a la recuperación de la cuenca Aguanaval.

Área de Estudio

Localización

El Río Saín Alto tiene origen en un parte aguas de posición aproximada N-S (Cerros Pico Chivo y Frío de 2700 msnm) (CNA, 2003), dentro del municipio de mismo nombre entre los paralelos 23° 22' y 23° 47' de latitud norte; los meridianos 102° 57' y 103° 30' de longitud oeste (INEGI, 2010a), en el estado de Zacatecas, México (Figura 1). Forma parte del complejo de Cuencas Centrales del Norte (Nazas-Aguanaval), comprende una superficie de 1,162.64 km² (INEGI, 2010b) y una longitud aproximada de 50 km desde su inicio hasta su convergencia con el Río Trujillo; a partir de entonces se conoce con el nombre de Río Aguanaval (CNA, 2003).

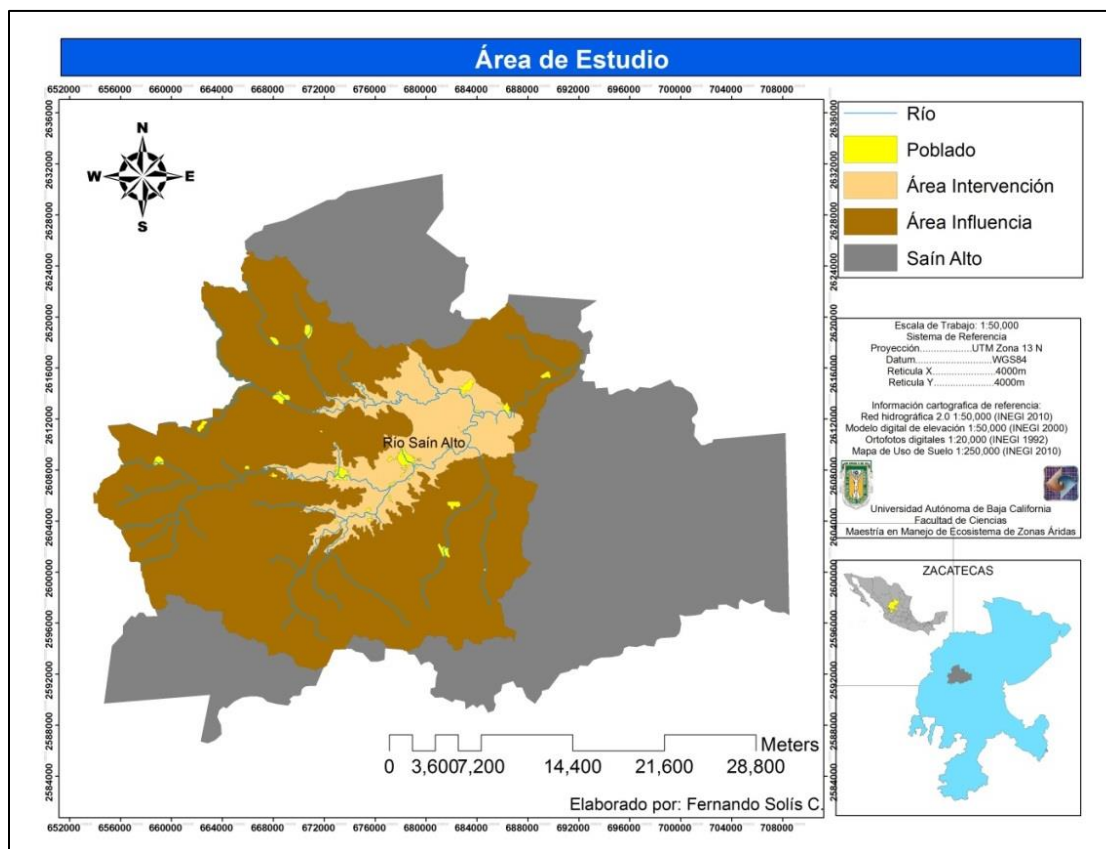


Figura 1 Área de estudio. En el mapa se aprecia el área municipal (gris) de Saín Alto, Zacatecas, área de la sub-cuenca o influencia (café) y el área más pequeña y de color claro representa la zona de intervención.

Delimitación

Para el presente proyecto se definieron dos escalas de trabajo para una mejor integración y entendimiento de la información a las que se nombró como:

- Área de Influencia: delimitada por los límites administrativos de las poligonales que definen tanto a la sub-cuenca hidrográfica como al municipio de Saín Alto, Zacatecas. Esta zona permite una visión completa de los atributos naturales y ocurrencia de actividades en el área de estudio, así como de su distribución en el paisaje.
- Área de Intervención: aquí se enfocan las estrategias de manejo; definida como la zona núcleo por su mayor ocurrencia poblacional, de biodiversidad y volumen de agua, que permite una visualización conjunta de la problemática y sus causas. Sus límites se establecen con base en una curva de nivel de 2100 msnm, la cual se eligió porque circunda los centros de población más importantes del municipio; además de un cordón de elevaciones que definen el patrón de escurrimientos para completar el polígono (Figura 1).

Objetivo de la Propuesta

Proponer estrategias de manejo encaminadas al uso sustentable de los recursos naturales del Río Saín Alto y su biodiversidad, con fundamento en el análisis de la información disponible de dichos recursos y las características que los distinguen.

Metodología

Para el desarrollo de la presente propuesta, se tomó como base la metodología propuesta por Gómez-Orea (2004) para la recuperación de espacios degradados, la cual consta de una serie de pasos que para fines prácticos fueron adaptados a los objetivos y alcances del presente trabajo (Figura 2).

1. Delimitación del área problema. Para abordar la problemática, se definieron dos escalas de trabajo: “macro” y “micro”. La primera, a la que se nombró “área de influencia” fue delimitada con base en dos poligonales que definen el área de la subcuenca y el municipio, obteniendo una perspectiva amplia del sistema. La segunda, llamada “área de intervención” se delimitó con base en una curva de nivel de 2100 msnm, un cordón de elevaciones, hidrología y límites de la subcuenca.
2. Análisis y descripción del sitio o espacio.

2.1. *Medio físico*. Esta etapa consistió de dos partes:

a) Trabajo de gabinete. Se identificaron los diferentes atributos físicos del sistema como geología, edafología, clima, hidrografía y relieve, con base en cartografía temática del prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos (INEGI, 2010a), ortofotos digitales escala 1:20,000 (INEGI, 1992) y la red hidrográfica escala 1:50,000, edición 2.0 (INEGI, 2010b). Características del acuífero se describen de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (2003; 2009a).

b) Trabajo de campo (Anexo 1). Basado en dos salidas (enero y octubre, 2011) para la obtención de parámetros morfológicos del río, mismos que fueron utilizados para determinar el tipo de río y los diferentes tipos de hábitat de acuerdo a Rosgen (1994) y Pérez-Munguía et al. (2007).

Adicionalmente para el mes de octubre, se recolectaron muestras de agua para el análisis químico de parámetros como demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sulfatos (SO₂), nitratos (NO₃), nitritos (NO₂), ortofosfatos, sólidos suspendidos

totales (SST), pH, temperatura, turbidez, coliformes fecales y totales, entre otros. La recolección de muestras de agua se realizó siguiendo el protocolo para el muestreo en canales y colectores descrito en la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 (SCOFI, 1980). Las muestras obtenidas fueron trasladadas al laboratorio químico de la Comisión Nacional del Agua (CNA) dentro de un plazo no mayor a 24 hrs. para su análisis.

2.2. *Oportunidades de la localización del área de estudio.* Se describen las oportunidades y ventajas de desarrollo económico que posee el área de estudio de acuerdo con su ubicación espacial estratégica, como su cercanía a grandes centros de población, carreteras, ANP's, etc.

2.3. *Estado Legal del Suelo.* Se determinó el estado de la tenencia de la tierra (Federal, Municipal, Ejidal o Privada) con base en información vectorial del Registro Agrario Nacional (RAN).

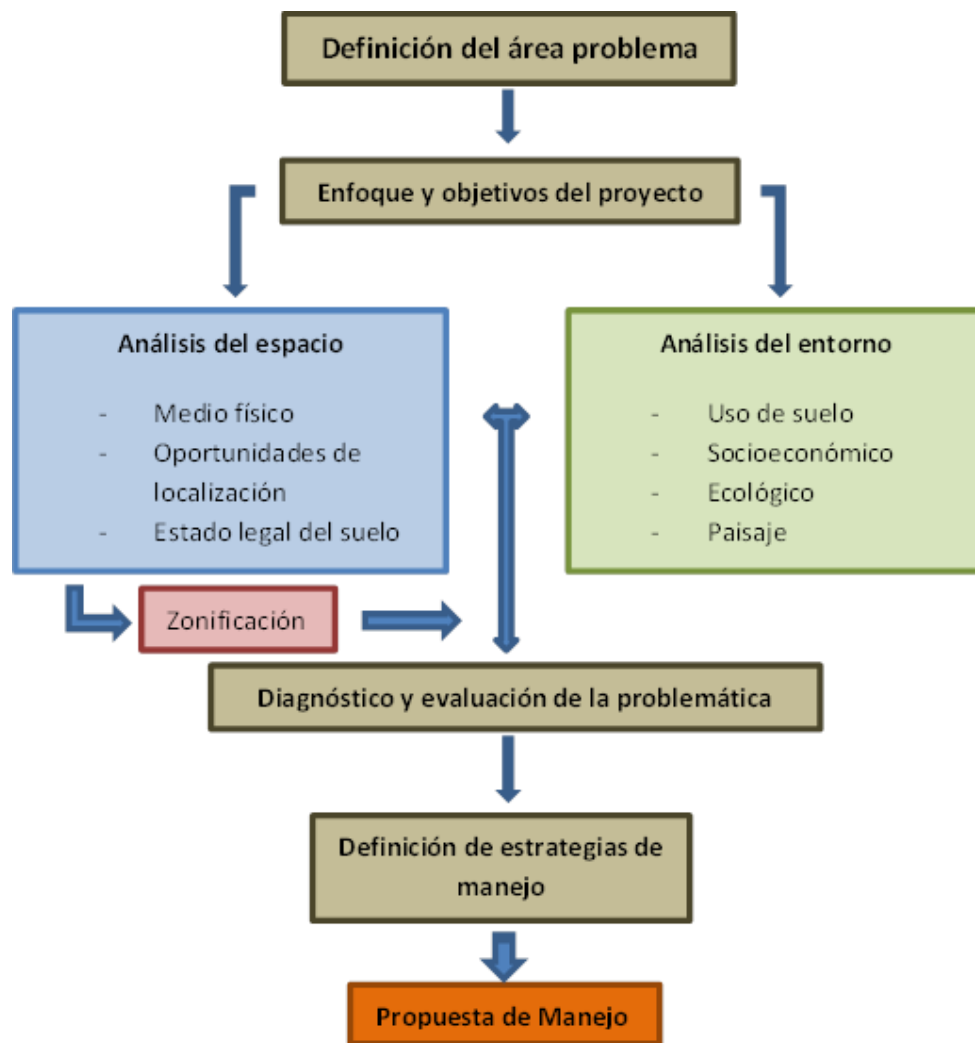


Figura 2 Metodología general para la recuperación de espacios degradados. Modificado de Gómez-Orea (2004a).

3. Zonificación. Tomando como base los atributos del medio físico, se definieron unidades ambientales o zonas homogéneas, por medio de la intersección de las capas de relieve, hidrografía y uso de suelo, para posteriormente realizar su descripción y diagnóstico.
4. Análisis y descripción del entorno.
 - 4.1. *Ecológico*. Se llevaron a cabo dos salidas de campo (mayo y octubre, 2011) al área de estudio con el objetivo principal de recolectar material biológico, tanto de flora (plantas acuáticas y riparias) como de fauna (peces, anfibios, reptiles e insectos) asociada al río y sus riberas, para su identificación taxonómica e inventario.
 - 4.2. *Socioeconómico*. Al igual que el medio biofísico también constó de dos partes:
 - a) Trabajo de campo. Se hizo un pilotaje de un cuestionario (Anexo I) a cinco habitantes, así como también grabaron conversaciones informales durante las salidas de campo, con el fin de identificar los problemas del área y como es que la gente los percibe.
 - b) Trabajo de gabinete. Se realizó una caracterización y análisis socioeconómico y demográfico con base en información correspondiente a los Censos de Población y Vivienda de INEGI en el periodo 1970-2010.
 - 4.3. *Paisaje*. Con base en la información digital de la capa temática de uso de suelo y utilizando un sistema de información geográfica (SIG) como herramienta, se realizó una descripción del paisaje calculando el número de parches, densidad de parches, área media del parche y área por clase, de acuerdo a la métricas del paisaje descritas por Leitão et al. (2006), como referencia para entender la disposición de actividades humanas y su relación con los atributos del sistema.
5. A partir de la caracterización y análisis del sitio y entorno, se elaboró un *diagnóstico* del estado de la subcuenca. También se identificaron y evaluaron los diferentes problemas presentes en el área de estudio, determinando su prioridad de atención basada en la metodología de problemas y sus causas descrita por The Nature Conservancy (Andrade et al., 1999) y complementada por Ortiz-Lozano et al. (2000). Se consideró como criterio de ponderación el análisis previo del sitio y del entorno.
6. Utilizando los resultados de los problemas y sus causas, se llevó a cabo una identificación de actores de acuerdo a Sorensen et al. (1992), clasificándolos por tipo y nivel de influencia.
7. La integración de resultados en el presente estudio permitió proponer unidades y estrategias de manejo para la conservación del Río Saín Alto.

Análisis del Sitio o Espacio (Caracterización)

Medio Físico

Clima

El tipo de clima que rige en la región corresponde al semiseco templado (BS_1kw) con lluvias en verano (CNA, 2003) en las zonas de valle, meseta y lomerío y templado subhúmedo (Cw_0) con lluvias en verano, en la zona de sierra. La precipitación anual oscila entre los 400-700 mm con una media de 418mm, siendo la zona de sierra la de mayor precipitación (600mm) (INEGI, 2010a). La época de lluvia ocurre principalmente durante el verano en los meses de mayo a octubre, con lluvias más dispersas en el invierno (noviembre-enero), siendo los meses más secos de febrero a abril (Figura 3).

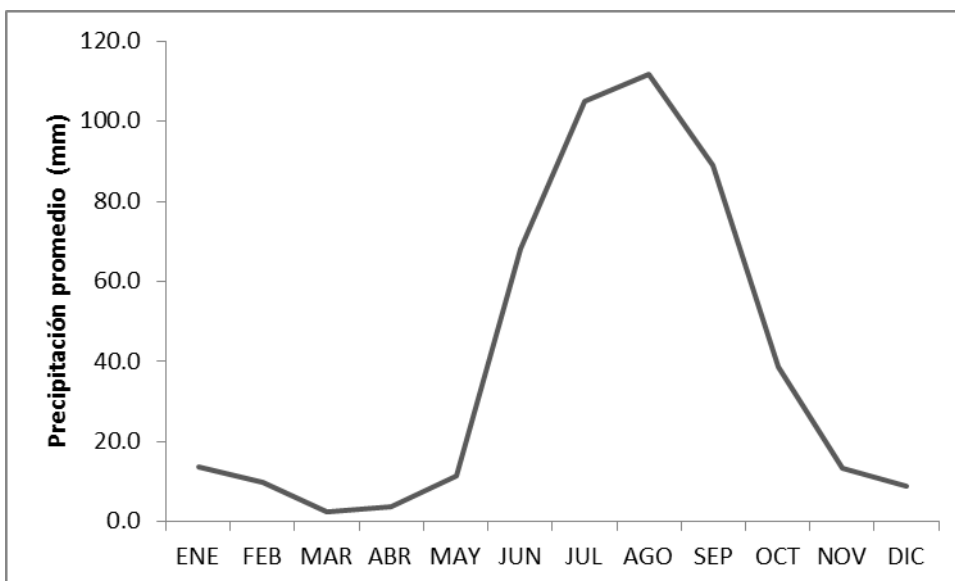


Figura 3 Precipitación promedio mensual del municipio de Saín Alto, Zacatecas. Elaboración propia a partir de datos de la CNA durante el periodo 1987-2009.

La temperatura promedio varía entre 12-18°C, pudiendo alcanzar temperaturas por encima de los 25°C durante el verano y por debajo de los 0°C durante el invierno (INEGI, 2010a) (Anexo 3 Mapa de clima). Es importante mencionar que en el año 2011, el norte de México experimentó una sequía extrema en la que disminuyó en un 50% el promedio de precipitación (Albanil-Encarnación et al., 2011) y afectó a la mayor parte de los estados de esta zona, entre ellos Zacatecas fue uno de los más perjudicados dejando pérdidas millonarias por la mortalidad de ganado y cultivos siniestrados.

Geología

La geología del área se encuentra comprendida por rocas del tipo sedimentaria (49.9%), ígnea extrusiva (45.7%) y suelo (4.4%) (Anexo 3, mapa de geología). Las rocas sedimentarias se subdividen en conglomerados, lutitas, areniscas y calizas del Cretácico y Cuaternario; en cuanto a la roca ígnea extrusiva se subdivide en riolita-toba ácida, y basalto del Terciario; y finalmente el suelo es principalmente del tipo aluvial (INEGI, 2010a). A continuación se describen las características litológicas de la zona de estudio de acuerdo con el periodo geológico:

El tipo de roca del periodo Cretácico en el área de estudio se caracteriza por la presencia de rocas de origen sedimentario:

- a) Unidad de lutitas y areniscas del Cretácico Superior: Esta unidad está constituida por lutitas negras y areniscas depositadas en facies de aguas poco profundas que se correlaciona con la Formación Caracol, la cual aflora ampliamente en el área de estudio (CNA, 2003).

El periodo Terciario, se caracterizó por la formación de rocas ígneas de composición ácida como:

- a) Toba ácida y brecha volcánica ácida: son rocas compactas que presentan diversos grados de fracturamiento. Los sitios con alto índice de fracturas (cerca del poblado de Saín Alto) pueden funcionar como zonas de recarga para el acuífero cuando sobreyacen la zona saturada.
- b) Riolita y toba ácida: esta unidad presenta estructura fluidal y compacta, es ligeramente vesicular y presenta pseudoestratos. Este tipo de rocas se caracteriza por tener un fracturamiento relativamente abundante en la parte superior de los pseudoestratos, debido al rápido enfriamiento de esa zona; sin embargo, también existen lugares donde se aprecia lo compacto de estas rocas y la escasez de fracturas. Cuando el fracturamiento es abundante existe la posibilidad de funcionar como buenas zonas de recarga cuando se encuentran por arriba de la zona saturada, o incluso pueden ser almacenadoras de agua (CNA, 2003).

En el Cuaternario, además de la deposición de rocas sedimentarias en sus inicios, continuó la actividad volcánica que dio origen a los derrames lávicos basálticos que han sido fuertemente erosionadas por acción hídrica.

Rocas sedimentarias:

- a) Conglomerado del Cuaternario: se constituye por clastos subangulosos a subredondeados de caliza y pedernal, así como de basalto y riolita en una matriz areno-arcillosa y cementada con material calcáreo. Su grado de compactación es de semicompacto a semisuelto, con potencial geohidrológico para constituirse como acuíferos. El espesor de esta unidad llega a alcanzar los 200 m.
- b) Aluvión del Cuaternario: es compuesta por arcillas, limos, arenas y gravas, derivadas de la erosión de rocas. Este tipo de roca junto con el conglomerado del Cuaternario son las más importantes en ocurrencia y explotación de aguas subterráneas en la región.

Rocas ígneas:

- a) Basalto y brecha volcánica básica: la brecha es de tipo piroclástica, mientras que los basaltos tienen una estructura vesicular o columnar. Existen afloramientos en la parte sureste de la zona de estudio. Este tipo de roca se encuentra cubriendo a otras del tipo sedimentarias del Cretácico superior, así como a volcánicas ácidas del Oligo-Mioceno (CNA, 2003).

Edafología (Suelos)

Los diferentes suelos presentes en el área de acuerdo a INEGI (2010a) son el leptosol (48.7%), fozem (30%), luvisol (13.7%), regosol (5.2%), fluvisol (1.4%) y calcisol (1%) (Anexo 3, mapa de edafología). A continuación se describen las características y aptitudes para cada suelo de acuerdo a INEGI (2004) y la IUSS (2007):

- Leptosol: del griego *leptos* que significa fino. Son suelos azonales (que pueden encontrarse en cualquier lugar) aunque comunes en regiones montañosas, con un perfil muy poco profundo (es decir con poca formación de suelo) por lo general 10 cm, dependiendo de la topografía del terreno y a menudo contienen grandes cantidades de grava y/o roca. Generalmente se encuentran bajo vegetación natural, siendo especialmente susceptibles de erosión, desecación o anegamiento. Con frecuencia se encuentran desprovistos de una horizonte profundo. Los leptosoles tienen potencial para el pastoreo y forestación; en lugares con pendientes no muy pronunciadas son promisorios en agricultura bajo estricto control, sin embargo se corre un alto riesgo de sufrir erosión y desecación excesiva del

suelo aún en zonas húmedas. Son los suelos de mayor distribución en todo el mundo, ocupan el 13% del total de la superficie continental terrestre (IUSS, 2007).

- Fozem: del griego *phaeo*: pardo; y del ruso *zemljá*: tierra. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. De acuerdo con INEGI (2004), son suelos oscuros, ricos en materia orgánica y nutrientes. Cuando se encuentran en superficies planas, su horizonte es por lo general profundo y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos legumbres u hortalizas con buenos rendimientos. Aquellos que se encuentran en laderas y pendientes son menos profundos y presentan como principal limitante la roca, alguna cementación fuerte en el suelo y su fácil erosión. Su rendimiento agrícola es bajo pero pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. Su rendimiento óptimo depende en la mayoría de los casos de otras características del terreno y sobretodo de la disponibilidad de agua para riego. Su símbolo en la carta edafológica es H.
- Luvisol: del latín *lavi*, *luo*: lavar. Son suelos con una acumulación enriquecida de arcilla en el subsuelo. Su rendimiento en la agricultura es moderado y se pueden obtener buenos resultados en algunos cultivos de café y frutales en zonas tropicales y de aguacate en zonas templadas donde registran rendimientos muy favorables. El cultivo de pastizales puede dar buenas utilidades en la ganadería. Es importante considerar que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. Su símbolo es L.
- Regosol: del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre la roca. Son suelos someros poco desarrollados y pobres en materia orgánica. Su fertilidad es variable y su productividad depende de la profundidad y pedregosidad. Pueden ser usados en el cultivo de granos con resultados de moderados a bajos. Para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables. En México es el segundo tipo de suelo más importante por su extensión. Su símbolo es R.
- Fluvisol: del latín *fluvius*: río. Se encuentran siempre en los márgenes de los lechos de los ríos. Son suelos de desarrollo limitado, mediana profundidad y su estructura es débil o suelta. Los ahuehuetes, ceibas y sauces son especies típicas que se desarrollan en estos suelos. Presentan capas de arena y piedra redonda por el efecto de la corriente de agua en los ríos. El uso y rendimiento del fluvisol depende de la subunidad de suelo de que se trate. Los de mejor rendimiento agrícola son los fluvisoles mólicos y calcáricos por su mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Su símbolo es J (INEGI, 2004).

- Calcisol: del latín calx: calcáreo. Los calcisoles poseen un horizonte superficial pardo pálido; la acumulación sustancial de calcáreo secundario ocurre dentro de 100 cm de la superficie del suelo. Son suelos ampliamente extendidos en regiones áridas y semiáridas, en llanos y colinas. La vegetación que cubre a este tipo de suelos es en general escasa y dominada por arbustos y árboles xerófitos y pastos efímeros. Estos suelos son utilizados en el pastoreo y ganadería extensiva, así como en cultivos forrajeros de pasto rhodes y alfalfa que son tolerantes a concentraciones altas de Ca. También ha sido probado para el cultivo de trigo de invierno bajo riego, melón y algodón, en zonas mediterráneas. El mejor rendimiento de este tipo de suelos se da bajo condiciones de riego. En algunos lugares, el cultivo de arado está obstruido por la pedregosidad del suelo superficial y un horizonte petrocálcico de poca profundidad (IUSS, 2007).

Fisiografía

La Subcuenca del Río Saín Alto se encuentra comprendida dentro de las provincias de la Mesa del Centro y Sierra Madre Occidental. De acuerdo con la subprovincia, el área corresponde en su mayor parte a las Sierras y Llanuras del Norte, Sierras y Valles Zacatecanos y en menor medida a las Llanuras y Sierras Potosinas-Zacatecanas.

Con respecto a sus topoformas encontramos lomeríos con cañadas y bajadas (17.9%), sierras altas con mesetas escarpadas (30.9%), mesetas escalonadas con cañadas (30.3 %) y valles con lomerío (21%) (INEGI, 2010a) (Anexo 3, mapa de topografía).

Hidrología

La hidrología del área de estudio comprende dos unidades fundamentales y relacionadas entre sí, una cuenca hidrográfica y un acuífero. Se habla de una cuenca hidrográfica cuando se hace referencia a los diferentes escurrimientos de agua superficial que confluyen a un mismo cauce o lugar en términos topográficos del terreno; por otro lado, un acuífero es una formación geológica que contiene material saturado y suficientemente permeable para proveer de cantidades significativas de agua a pozos y manantiales (Oscar Meinzer citado en Price, 2003).

Tanto la sub-cuenca hidrográfica como el Acuífero Saín Alto, quedan comprendidos dentro de la Región Hidrológico Administrativa (RHA) VII, Cuencas Centrales del Norte. A continuación se presenta una descripción de ambos sistemas:

Acuífero Saín Alto

La denominación única del acuífero Saín Alto, quedó establecida con la clave 3216 el 5 de diciembre de 2001 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Su área cubre una superficie de aproximadamente 1,053.99 km² y sus límites se encuentran comprendidos por la poligonal (Anexo 3, mapa del acuífero) cuyas coordenadas se presentan en la tabla 1. Actualmente no cuenta con un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) (CNA, 2003).

Tabla 1 Coordenadas X, Y de la poligonal del acuífero Saín Alto. Publicadas en el DOF el 28 de agosto del 2009.

Vértice	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
1	103	11	31.1	23	36	44.9
2	103	10	5.2	23	33	14.5
3	103	10	7.7	23	27	5.7
4	103	13	8.3	23	25	49.6
5	103	16	4.9	23	27	2.6
6	103	18	6.8	23	26	23.3
7	103	28	8	23	29	11.5
8	103	29	43	23	32	1
9	103	32	17.3	23	37	34.8
10	103	35	3.3	23	40	47.6
11	103	34	38.8	23	42	56.5
12	103	32	14.3	23	47	22.9
13	103	27	58.7	23	48	19.9
14	103	26	28.5	23	47	4.6
15	103	22	20.7	23	43	21.9
16	103	19	13.4	23	40	54.7
17	103	13	13.4	23	38	50.2
18	103	11	31.1	23	36	44.9

El acuífero es de tipo libre, aunque en algunas zonas se comporta como confinado por el material impermeable derivado de derrames lávicos. Se desarrolla principalmente en la roca sedimentaria no consolidada de buena permeabilidad (medio granular) y espesor, que en algunos sitios se encuentra interdigitado por rocas volcánicas fracturadas (medio fracturado) de permeabilidad variable con base en su grado de fracturamiento. Por lo tanto, es posible distinguir dos unidades geológicas que constituyen el acuífero (SARH, 1981; CNA, 2003):

1. El medio granular o permeable que conforma el acuífero se encuentra constituido por arenas, gravas y boleas del Cuaternario y Terciario que varían de no consolidados a poco consolidados y se asocian a las siguientes unidades:
 - Aluvión del Cuaternario
 - Conglomerado del Cuaternario
 - Conglomerado del Terciario
2. El medio fracturado o impermeable que lo comprenden rocas volcánicas consolidadas del Terciario y Cuaternario de permeabilidad variable. Los diferentes estratos a los que se asocia son:
 - Riolita y toba ácida con espesores mayores de 100 m en algunas zonas
 - Toba ácida – brecha volcánica con espesores no definidos
 - Basalto con espesores no mayores a 50 m

Las elevaciones (cerros y/o montañas) que rodean el valle son de material principalmente consolidado cuya porosidad es debida al fracturamiento; aunque estas unidades pueden llegar a ser permeables, no lo son tanto como las que constituyen el valle (CNA, 2003).

Por otro lado, la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA, 2000) a través de pruebas de bombeo definió valores de transmisividad del acuífero entre 10 a 802 m²/día, siendo el valor más alto en el área de Saín Alto, y de permeabilidad entre 0.1 m/día y 5.0 m/día, este último valor también localizado en el área cercana al poblado de Saín Alto. La profundidad de la superficie al nivel estático del agua en el área de estudio varía entre 0 y 105m (Figura 4), las menores profundidades corresponden a las zonas de los manantiales de Saín Alto y Atotonilco, mientras que las mayores se localizan al noroeste hacia los límites con el municipio de Sombrerete, cerca de la población de Santa Elena.

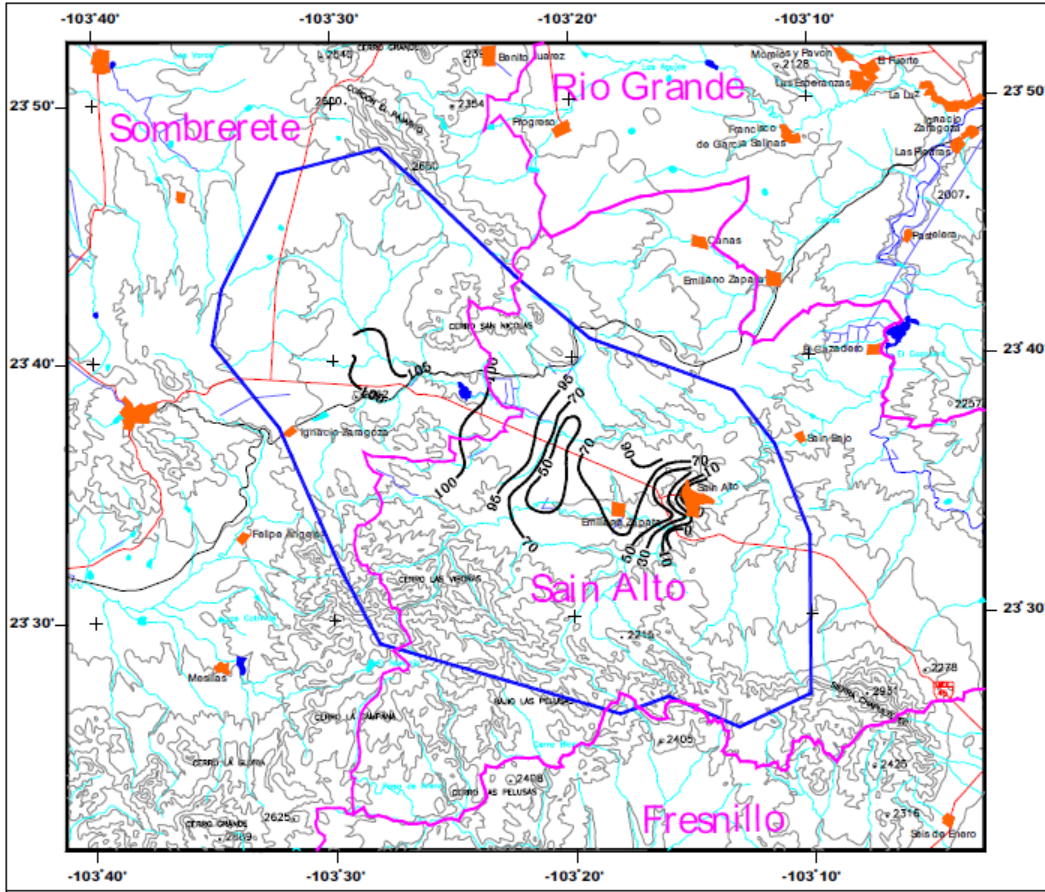


Figura 4 Poligonal del acuífero Saín Alto (azul) y profundidad al nivel estático del agua (negro). Tomado de CNA (2003).

En cuanto el estado actual del acuífero con respecto a la disponibilidad media anual de agua, ésta parece estar dentro de los límites de la capacidad del acuífero según el último informe publicado el 28 de agosto del 2009 en el DOF, en el que se establece una disponibilidad media anual de 1.88 hm³ (Tabla 2).

Tabla 2 Disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Saín Alto. Publicada en el DOF el 28 de agosto del 2009.

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DEFICIT
3216	Saín Alto	17.2	3.9	11.415903	10.8	1.884097	0.000000

Interpretación de la tabla: R= recarga media anual; DNCOM = descarga natural comprometida; VCAS = volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET = volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS = disponibilidad media anual de aguas subterráneas. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000. Las cifras señaladas se encuentran en millones de m³.

Por otra parte, con base en datos de CNA del periodo 1995-2010, el número de pozos dentro del acuífero asciende a 181, de los cuales 118 están dentro del área de influencia definida en este trabajo (Anexo 2 mapa de distribución de pozos). La figura 5 muestra el número de aprovechamientos registrados cada año en el área de influencia hasta el 2010.

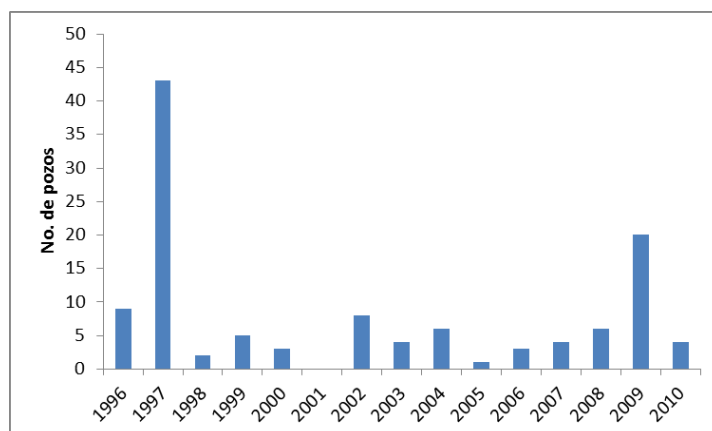


Figura 5 Registro anual de pozos en el acuífero Saín Alto (área de influencia) en el periodo 1996-2010. Elaboración propia a partir de datos de la CNA.

Con base en el uso a que es destinado el tipo de aprovechamiento tenemos que: 56 son agrícolas, 51 para uso público urbano, siete son de usos múltiples y cuatro pecuarios (Tabla 3). Por el método con que se extrae el agua se clasifican en eólicos, eléctricos, de combustión interna y manuales. En este sentido, los pozos agrícolas y de usos múltiples son en su mayoría eléctricos y en conjunto representan el 90.58% del agua extraída; en contraste, la mayor parte de los público-urbano y pecuarios son manuales o eólicos y representan una extracción total de agua de 6.08%.

Tabla 3 Tabla 3 Clasificación de pozos por uso, método de extracción, volumen de extracción y número de pozos por clase en el acuífero Saín Alto.

No. de Pozos	Uso	Método de Extracción del agua				Extracción total	
		Eólico	Eléctrico	Combustión interna	Manual	Volumen (m ³)	Volumen (%)
56	Agrícola		52	4		8,678,484	90.58
51	Público-Urbano	1	14	2	34	574,565	6.08
7	Múltiples	2	5			320,114	3.34
4	Pecuario	3		1		7,800	0.08

Elaboración propia a partir de datos de CNA (1996-2010).

Hidrografía

El Río Saín Alto es el cauce o drenaje principal de la Subcuenca Hidrográfica Saín Alto (Anexo 3, mapa de la subcuenca hidrográfica), con clave de identificación RH36De; a su vez forma parte de un complejo mayor de escurrimientos a diferentes escalas que conforman las Cuencas y Regiones Hidrográficas, ésta última por ser la más grande o de mayor escala, comprende a las dos anteriores. *“La clave es el resultado de la concatenación de la clave de la Región Hidrográfica (RH36), más la de la cuenca (RH36D) y una letra minúscula de la “A” a la “Z” ”* (INEGI 2010b). Forma parte del Consejo de Cuencas Nazas-Aguanaval.

Orden

Los ríos y arroyos son sistemas de drenaje naturales por los que corren corrientes fluviales de manera temporal o perene según características geomorfológicas, climáticas y topográficas. Así mismo, éstos no solo se encuentran constituidos por una corriente única o principal, si no que forman parte de una red hidrográfica compleja conformada por gran cantidad de escurrimientos que se pueden clasificar de acuerdo a diferentes aspectos. Quizás la clasificación más popular sea la de escala del orden del río de Stralher, ésta consiste en establecer un número a cada corriente de agua con base en el número de ramificaciones que lo conformen y el orden de las mismas, es decir que, la unión de dos corrientes del mismo orden, darán como resultado una corriente o río de un orden mayor, no así en el caso de la unión de un orden uno y un orden dos. De esta manera, un río orden uno, estará conformado por una sola corriente, mientras que, un orden dos será conformado por la unión de dos corrientes de orden uno y así sucesivamente (FISRWG, 1998); por consiguiente, aquellos ríos con mayor orden en una cuenca dada, serán los más grandes y de mayor importancia por su caudal.

El caso particular de la sub-cuenca del Río Saín Alto, se encuentra conformada por escurrimientos que van desde el orden uno hasta el orden siete. Éste último, se alcanza en la zona de valle del área de estudio y es a partir de ésta donde el río conserva un flujo constante de agua durante todo el año. Las corrientes superficiales más importantes de acuerdo a lo anterior, son el Arroyo Barrancas (orden 6) y los ríos Frío (orden 6) y Saín Alto (orden 6), localizados en la zona Norte hacia el poblado de Cantúna y Oeste-Sur del municipio al pie de la sierra de Chapultepec respectivamente, siendo esta última la más importante, ya que ahí se alcanza el máximo orden (Figura 6).

Patrón de drenaje (PD)

El patrón de drenaje es el diseño formado por el agregado de escurrimientos en un área determinada, sin importar si estos son constituidos por corrientes de agua perennes o intermitentes. Con base en lo anterior y en la disposición en que se encuentran los escurrimientos en la subcuenca, el PD del Río Saín Alto se clasifica como dendrítico. Este tipo de PD es característico de suelos con pendientes suaves. La deposición de sedimentos ocurre de manera horizontal o biselada, por lo general son homogéneos con rocas cristalinas (Howard, 1967; FISRWG, 1998).

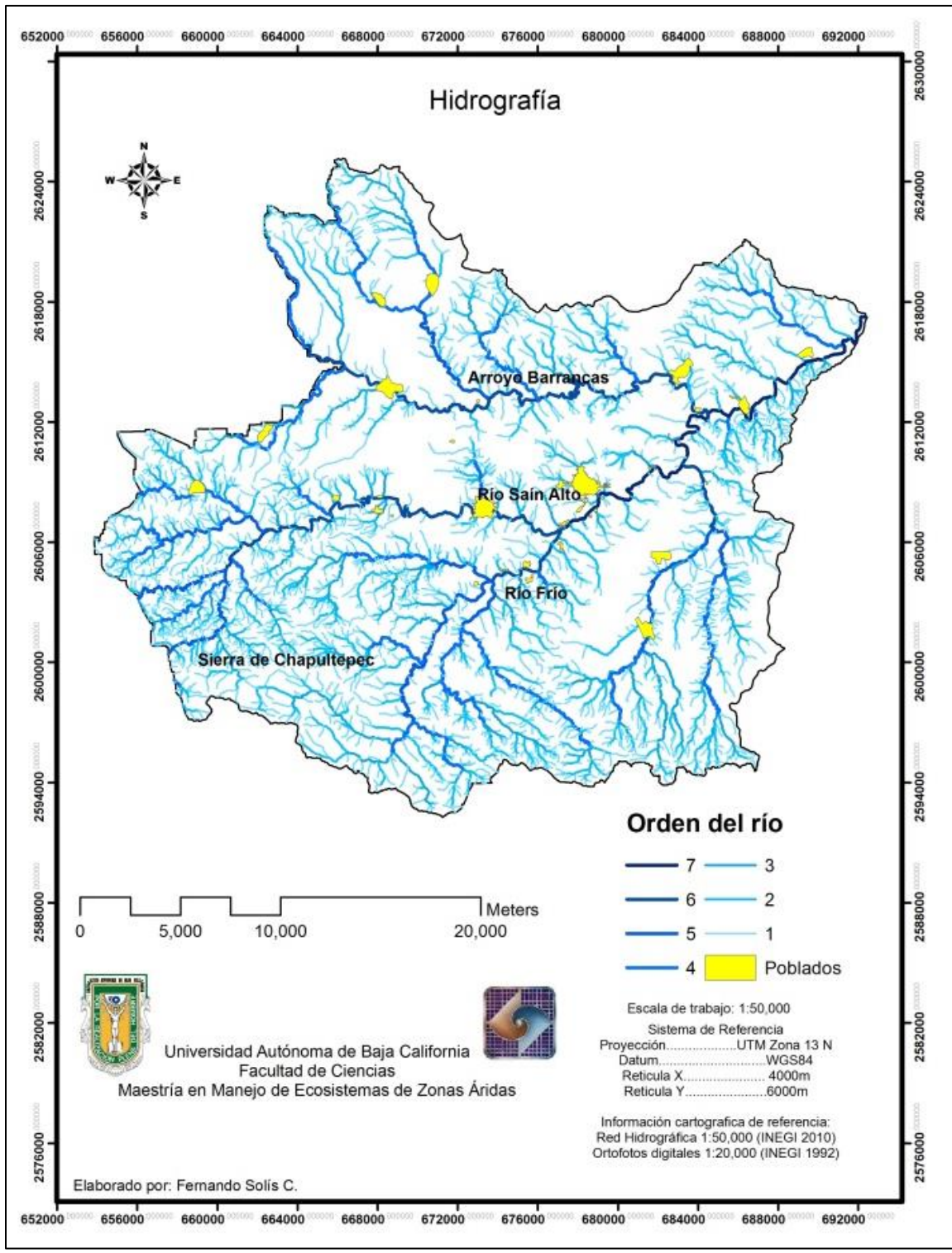


Figura 6 Hidrografía del área de influencia, Sain Alto.

Morfología y tipo de río

Para determinar la morfología del Río Saín Alto se utilizó la metodología de Rosgen (1994) llegando a un nivel de clasificación de tipo II. La morfología y tipo de un río es importante debido a que permite predecir y extrapolar información de otros ríos que pertenecen al mismo o un tipo similar, esto también permite encaminar medidas de manejo de acuerdo con las características de cada tipo.

Los parámetros necesarios para dicho método fueron obtenidos mediante trabajo de campo (transectos realizados a lo largo del río), la Red Hidrográfica 2.0 (INEGI, 2010b) y a partir de ortofotos digitales escala 1:20 000 (INEGI, 1992). Los resultados (Tabla 4) clasifican al Río Saín Alto, dentro del tipo "F" con base en las claves de identificación para dicho método (Anexo 1, claves para la identificación de tipo de río). Estos se distinguen por poseer características como un gradiente de pendiente (GP) baja o moderada, baja tasa ancho-profundidad (TA/P), es decir, canales amplios no muy profundos, alta tasa de confinamiento (TC) o dicho de otra manera, un cauce bien definido con poca o nula planicie de inundación y, moderada a alta sinuosidad (S); morfológicamente son ríos dominados por sistemas de pozas y rabiones (Figura 7).

Tabla 4 Tabla 4 Características morfológicas del Río Saín Alto con base en el método del Rosgen (1994) para clasificación de ríos. Pmedia = profundidad media y Pmax = profundidad máxima.

Localidad	Pmedia(m)	TA/P	Pmax(m)	TC	GP	S	Tipo
Río Arriba de Luis Moya	0.6	21.4	1	1.2	0.012	1.4	F1
Los Sauces	0.2	25.0	0.5	1.5	0.007	1.5	F5
Saín Alto	0.7	21.8	0.77	2.5	0.008	1.5	F5
El Castro	0.5	30.0	0.58	1.3	0.008	1.4	F3
El Alamillo	0.5	21.5	0.6	1.7	0.005	1.8	F5
La Laborcita	0.3	84.4	1.52	1.6	0.004	1.4	F5
Miguel Hidalgo	0.7	21.1	0.9	1.3	0.003	1.3	F5

Con base en las interpretaciones de manejo para estos ríos, se considera que:

- Tienen alta sensibilidad al disturbio
- El potencial de recuperación es pobre
- Los aportes de sedimentos son altos
- Son altamente susceptibles a la erosión
- La influencia de la vegetación en el control de la erosión de los bancos es moderada

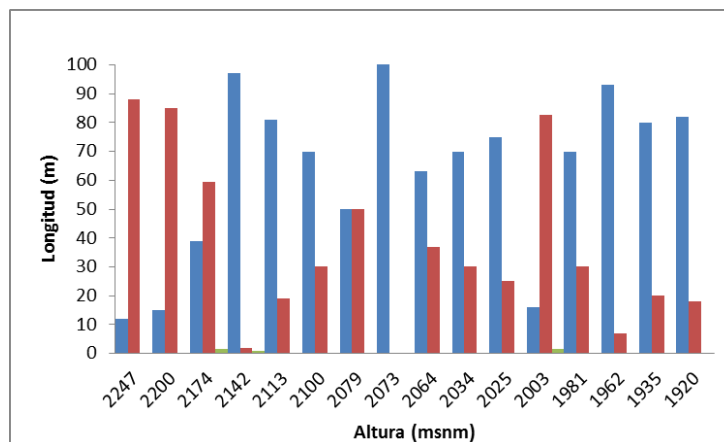


Figura 7 Tipos de hábitat y su dominancia por transecto en el Río Saín Alto. En azul se simbolizan las pozas, en rojo los rabiones y en verde los escalones.

Para algunas localidades como La Laborcita, los valores de TC y TA/P, están por encima de lo establecido en la metodología. Esto quiere decir, que la profundidad del río no va de acuerdo con el ancho del mismo, dicho de otra manera, el río está azolvado y sus bancos erosionados. El perfil del sitio (Figura 8) permite observar esta anomalía.

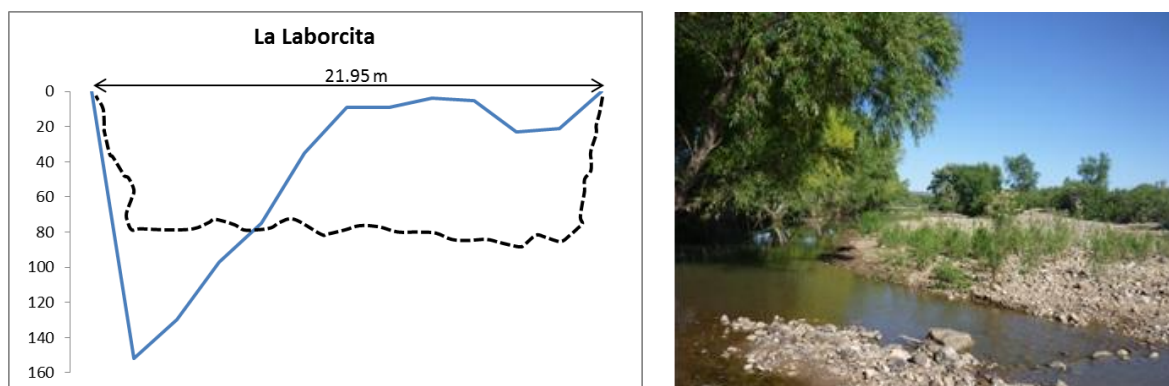


Figura 8 Perfil del canal del Río Saín Alto en la localidad de La Laborcita (izquierda). En azul se ilustra la condición actual y en negro la condición original más probable con base en los datos de profundidad media. A la derecha, la foto del sitio donde fue tomado el perfil. Se puede ver claramente el proceso erosivo de los bancos del lado derecho de la imagen, como resultado de la actividad agrícola cercana al río.

La localidad de El Castro también presenta variaciones en su TA/P, de manera que el río está azolvado; sin embargo, a diferencia de La Laborcita, su perfil (Figuras 9) no demuestra una acumulación irregular de sedimentos, posiblemente debido a que la acumulación es baja y se da de manera uniforme en el canal.

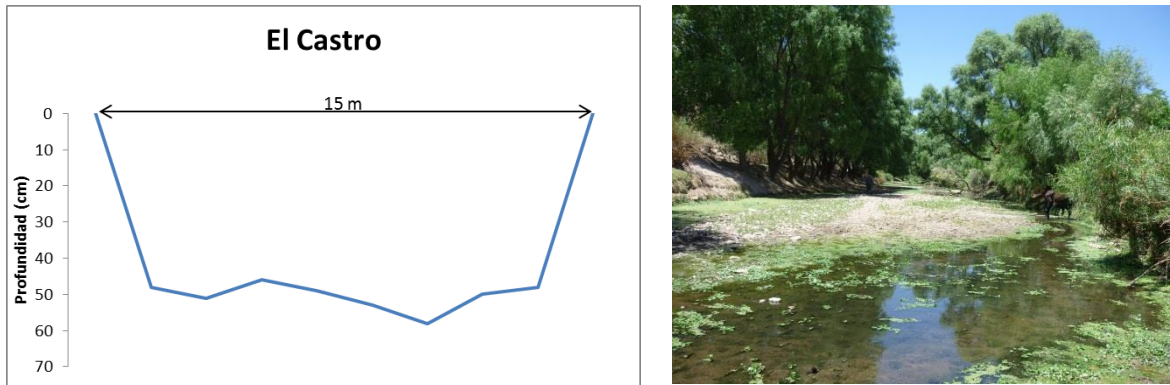


Figura 9 Perfil del canal del Río Sain Alto en la localidad de El Castro (izquierda) e imagen del sitio (derecha) donde fue tomado el perfil. En ella se puede ver como existe una acumulación de sustrato en el margen izquierdo del canal del río, suficiente para alterar los valores del estado más probable del mismo.

Sustrato

La clasificación del sustrato se determinó a vista en seis diferentes tipos de sustrato: cama roca, rocas, guijarros, gravas, arena y arcilla (Anexo 1 Fotos de tipos de sustratos). Para cada localidad se tomó en cuenta su presencia y dominancia en un transecto de 100 m. El sustrato más frecuente fue la arena con un total de 46% a lo largo del río, le siguen los guijarros con 31% (cantos rodados), las gravas 9%, cama roca 8% y roca 6%; la arcilla se encontró en cantidades muy bajas, por lo tanto no aparece como dominante en ningún punto de muestreo.

Por otro lado, se observó como la disposición y dominancia de cada tipo de sustrato a lo largo del río, obedece a un gradiente de altura que se aprecia en la figura 10. La gráfica, permite hacer comparaciones con otras diferentes y responder a interrogantes como ¿por qué existe una predominancia de arena del 100% en la localidad de Orilla de Emiliano Zapata (2073 msnm)? Una explicación lógica surge al comparar las gráficas de sustratos y el gradiente de altura (Figura 11), esta comparación permite apreciar como ese punto de muestreo es donde el gradiente de altura se estabiliza, lo que implica un descenso en la velocidad y fuerza del agua, permitiendo así la deposición de sedimentos.

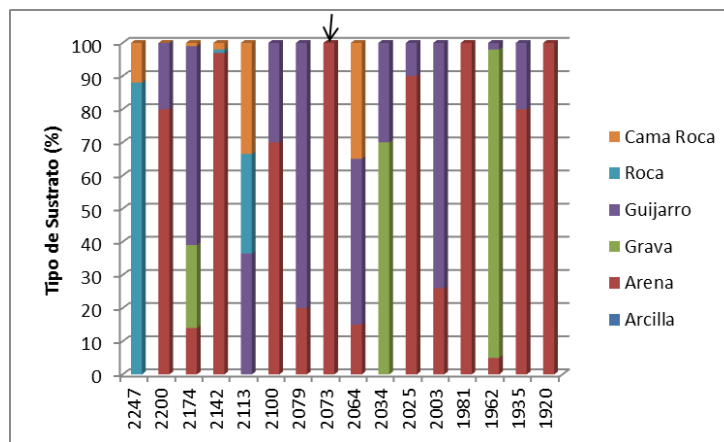


Figura 10 Tipos de sustrato y su predominancia con base en un gradiente de altura, en el Río Saín Alto.

Por otro lado, esta gráfica igualmente te permite identificar impactos. Un ejemplo de esto es la localidad de Luis Moya, allí el sustrato predominante es la arena, lo cual resulta extraño por ser esta, la segunda localidad de mayor altitud (2200 msnm) precedida por Arriba de Luis Moya y seguida por Abajo de Luis Moya donde predominan las rocas y cantos; la lógica sería que fuese la roca, cama roca o cantos rodados el sustrato dominante y sin embargo no lo es, esto se debe a procesos erosivos en el sitio como consecuencia del asentamiento irregular del poblado de Luis Moya sobre los márgenes del río (Anexo 4, fotos 1-3).

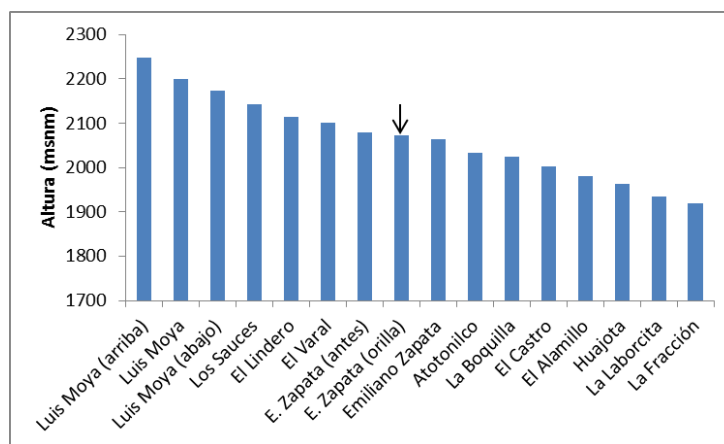


Figura 11 Gradiente de altura en el Río Saín Alto por localidad de muestreo.

Calidad del Agua en el río

El Río Saín Alto presenta puntos de contaminación por aguas residuales municipales en prácticamente todo su trayecto (Luis Moya, Puente Atotonilco, La Boquilla y Barrancas). Para conocer cuál es el estado de las descargas, así como de la afectación que tienen sobre el río se tomaron muestras de agua sin descarga, de las descargas y después de la descarga. Los resultados

(Anexo 2, resultados de la físico-química del agua) fueron comparados con valores establecidos por diferentes autores y autoridades en la materia; algunos de los más importantes se muestran en la tabla 5.

Entre los parámetros que se pueden destacar por su relevancia e impacto que tienen sobre el sistema podemos hablar de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO); los resultados muestran que la calidad del agua varía de excelente a contaminada para la DBO, y de aceptable a fuertemente contaminada para la DQO, esto con base en las escalas de clasificación para calidad del agua establecidas por la CNA (2005) para dichos parámetros (Anexo 1). Por supuesto, los puntos de mayor contaminación corresponden a las descargas, de las cuales, La Boquilla que es propiamente la descarga de la cabecera municipal es la que peores condiciones presenta en cuanto a estos y otros parámetros. Por otro lado, con base en los rangos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para el promedio diario (PD) de la DBO con que deben cumplir las aguas residuales que se descargan a ríos (cuerpos de agua tipo A), las aguas son aptas para su uso en riego.

Por otra parte, con base en la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFDMA), los valores de la DQO en La Boquilla, excede los límites máximos permisibles para una descarga a un cuerpo de agua de tipo A. Así mismo, la LFDMA establece una concentración máxima de 150 mg/L para los sólidos suspendidos totales (SST), los cuales son rebasados en las descargas de Luis Moya y La Boquilla.

Otros parámetros importantes que presentaron valores fuera de lo normal, son el oxígeno (O_2), el nitrógeno amoniacal (NH_3) y los nitritos (NO_2), en la localidad de El Castro donde los resultados indican alteraciones considerables según lo establecido por De La Lanza (2002) y la LFDMA. El último de estos es el más importante ya que es un compuesto altamente tóxico que puede causar daños en la salud (Abarca, 2007; Fernández-Hernando, 2009). Otros como el fósforo total también mostraron alteraciones fuera de lo normal basado en los valores establecidos por De la Lanza (2002) para los ríos de México. Por último, los niveles de turbiedad por encima de las cinco unidades nefelométricas de turbidez (NTU) indican que el agua del río no es apta para uso potable (Abarca, 2007).

Tabla 5 Resultados de algunas variables de calidad del agua para las descargas y otros puntos del Río Saín Alto, parámetros establecidos por las autoridades competentes en materia de agua y contaminación, e intervalos de concentración de los parámetros básicos en ríos de México.

	Localidad	DBO	DQO	O2	C. Fecales	Fósforo total	Nitrógeno (NH ₃)	NO ₂	SST	Turbiedad	Ortofosfatos
Resultados (CNA, 2011)	Luis Moya ^D	94.53	116.48	1.81	4X10E7	-	17.1	<0.01	220	39.3	18.76
	Los Sauces	1.83	24.96	11.11	200	0.27	<0.1	<0.01	23	2.04	<0.01
	Atotonilco ^{AD}	1.61	29.12	8.48	200	0.2	<0.1	0.01	29	2.67	<0.01
	Atotonilco ^{DD}	4.04	41.6	11.51	22400	0.12	<0.1	0.012	31	4.84	0.06
	La Boquilla ^{AD}	1.53	29.12	13.13	1200	0.33	<0.1	0.01	34	8.86	0.05
	La Boquilla ^D	101	457.6	0	1.4X10E6	13	21.26	<0.01	164	44	8.33
	El Castro	3.73	33.28	2.88	200	2.56	1.72	0.20	31	2.07	0.69
	Barrancas ^D	25.55	141.44	4.24	8X10E6	26.6	54.37	<0.01	64	28.8	10.47
	La Laborcita	2.02	20.8	12.52	400	0.26	<0.1	<0.01	30	16.48	0.18
LFDMA (2009) (PM)	UR mg/L	-		4	1000	0.1	-		50	10 (UTN)	≤1
	UPU mg/L	-	320* 200°	-	1000	-	-	0.05	50 150* 75°	-	-
	PVA mg/L	-		5	1000	0.05	0.06		30	-	-
NOM-001-SEMARNAT-1996 (PD)	UR (A) mg/L ⁻¹	200	-	-	2000	30	-		200	-	-
	UPU (B) mg/L ⁻¹	150	-	-	-	30	-		125	-	-
	PVA (C) mg/L ⁻¹	60	-	-	-	10	-		60	-	-
De La Lanza (2002)	mg/L	-	≤10	3 a ≥ 5	Ausencia	-	≤0.5	0.05	1 a 50	≤5 (UTN)	≤1.0

Nota: De arriba hacia abajo se enlistan: 1) los resultados de algunos parámetros considerados como los más importantes durante el presente trabajo; 2) los valores establecidos como de calidad para dichos parámetros por la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFDMA) para el regreso y/o vertido de aguas residuales según el tipo de uso, en riego (UR), público urbano (UPU) y protección de la vida acuática (PVA); 3) los valores de calidad requeridos por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para realizar descargas residuales en aguas y bienes nacionales, igualmente por tipo de uso; y 4) intervalos de concentración de parámetros considerados por De La Lanza (2002) para los ríos de México. Los resultados son producto de un único muestreo realizado durante un día, por lo que su interpretación es una referencia con respecto al valor del promedio mensual (PM) y el promedio diario (PD) establecidos por la LFDMA y la Norma Oficial Mexicana, respectivamente. Los acrónimos AD, DD y D corresponden propiamente a las muestras tomadas "antes de", "después de" y directamente en la descarga; (A), (B) y (C) corresponden a los tipos de cuerpos receptores según la LFDMA; * = límites máximos permisibles para descargas en cuerpos receptores tipo A, independientemente del uso al que se destine el agua; ° = límites máximos permisibles para descargas en acuíferos (cuerpo receptor tipo B) independientemente del uso.

Oportunidades de localización del área de estudio

El municipio de Saín Alto se encuentra en una posición privilegiada por su cercanía a diferentes centros urbanos como la ciudad de Fresnillo al sur, al noreste con la ciudad de Río Grande, al sureste con Zacatecas y al noroeste con Sombrerete y Durango, las dos primeras localizadas a 30 minutos aproximadamente, mientras que la capital del estado a 90 min y las dos últimas a 30 y 90 min. Esta condición le brinda al municipio un gran potencial para el desarrollo del comercio y turismo, considerando sus recursos naturales; además en el municipio vecino se encuentra el área natural protegida más importante del estado con la cual se puede hacer una sinergia y establecer un corredor turístico.

Infraestructura

Carretera

El municipio de Saín Alto cuenta con un total de 41 caminos y/o carreteras. Dentro de estas las de mayor importancia son la carretera federal (No. 45) que sirve de conexión con otros municipios aledaños como Fresnillo, Zacatecas, Sombrerete y el estado vecino de Durango; y la carretera municipal rumbo a Río Grande, que en su trayecto pasa por los poblados de Huajota, Saín Bajo, La Laborcita y El Cazadero. Otras carreteras municipales importantes son la de Luis Moya, Emiliano Zapata, Cantúna, Atotonilco, Miguel Hidalgo y Barrancas (Anexo 3, mapa de infraestructura vial).

La longitud total de los caminos dentro del área de estudio asciende a 252.57 Km, de los cuales 91.81 Km son de carretera, 18.99 de terracería y 141.77 brecha. Además existe una vía férrea de 12.67 Km, la cual solo es usada por el transporte de carga.

Educación

El municipio cuenta con 27 escuelas de enseñanza preescolar, 39 primarias, una secundaria técnica (No.10) y 15 telesecundarias; la cabecera municipal cuenta con el servicio de educación media superior a través de un colegio de bachilleres. También se cuenta con un módulo del programa de educación para adultos y una escuela de educación especial, lo que suma un total de 85 centros educativos.

Actualmente se carece de escuelas de nivel superior, por lo que aquellos quienes buscan obtener una carrera profesional (alrededor del 60%) se ven obligados a migrar a otros municipios o a la capital del estado para poder ingresar a la universidad (Camacho-Manríquez et al., 2009; PMG, 2010).

Salud

Se cuenta con una clínica del IMSS, un centro de salud de la SSA del gobierno del estado, un módulo del ISSSTE y una clínica particular de maternidad en la cabecera municipal; adicionalmente existen varios consultorios médicos particulares y tres consultorios particulares de atención dental. En algunas comunidades tienen clínicas rurales del IMSS y módulos de atención por el DIF municipal, por otro lado a la mayoría de los Saínaltenses se les atiende de acuerdo con los servicios de salud en programas del IMSS, Solidaridad y Progresas.

Los consultorios rurales proporcionan servicios de medicina preventiva, consulta externa y medicina general; por su parte los del IMSS y SSA además de los ya mencionados también ofrecen servicio de maternidad infantil (Camacho-Manríquez et al., 2009).

Deporte

Existe en la cabecera municipal una Unidad Deportiva con canchas de básquetbol, voleibol y fútbol entre otros (Camacho-Manríquez et al., 2009).

Comercio

El comercio local se encuentra comprendido por un mercado en la cabecera municipal y diferentes negocios particulares como abarrotes, licorerías, farmacias, refaccionarias, entre otras; además 14 tiendas Diconsa, tres centros receptores de productos básicos y tres Liconsa. Además existen mercados o tianguis ambulantes que comercializan productos del campo de primera necesidad, ropa, calzado, refacciones automotrices, carnes, aparatos eléctricos y del hogar. También existen dos estaciones de gas doméstico y automotriz (Camacho-Manríquez et al., 2009).

Estado Legal del Suelo

Normatividad del suelo

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en conjunto con otras instituciones como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-México (TNC) y PRONATURA, lanzaron en el 2007 una iniciativa titulada: Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad (SPTCB). En esta iniciativa se identificaron aquellos lugares con un buen estado de conservación y/o protección, poseedores de biodiversidad importante, así como de los factores que la amenazan, con el fin de establecer zonas con potencial real de conservación. Lo destacable de este proyecto es que dentro de los polígonos que delimitan a estas zonas, dos de estos cubren una parte del territorio del municipio de Saín Alto, Zacatecas; y más importante es que específicamente la porción de territorio que para el presente trabajo se determinó como área de intervención, se encuentra totalmente dentro de uno de los polígonos que identifica a esa zona como de alta prioridad para la conservación (Anexo 3, mapa de SPTCB).

En 2010 la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Zacatecas, concretó áreas prioritarias dentro del estado en *“aquellas regiones o ecosistemas forestales con graves procesos de degradación que ponen en riesgo la biodiversidad y los servicios ambientales, para dar una atención integral y de mediano plazo”*. Dichas áreas fueron agrupadas dentro de tres categorías de apoyo: Desarrollo forestal, conservación, restauración, y competitividad. En el programa se consideró al municipio de Saín Alto dentro de la categoría de conservación y restauración, tomando en cuenta su grado de deforestación como uno de los parámetros principales (Pinedo, 2010).

Por otro lado, recientemente la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2012), publicó el Programa de Ordenamiento General del Territorio (POGT), donde se señala a la región en la cual se encuentra el área de estudio (REG 9.22) como Unidad Ambiental Biofísica (UAB) de Sierras y Llanuras del Norte de Zacatecas (UAB 41), cuya política ambiental es la de aprovechamiento sustentable, con una prioridad de atención baja. Las principales actividades productivas que señalan para esta unidad son: la ganadería como rectora, agricultura y minería como coadyuvantes y por último, forestal y turismo como asociados del desarrollo.

Tenencia de la tierra

El estado de propiedad sobre el suelo o tenencia de la tierra (Anexo 3, Mapa de tenencia de la tierra), se estableció a nivel del área de intervención debido a la disponibilidad de información. En este entendido, la información se describe en la siguiente tabla:

Tabla 6 Tenencia de la tierra dentro del área de intervención, Saín Alto.

Tipo de propiedad	Ejidal	Privada	Municipal (Urbana)	No determinado	Total
Superficie (ha)	7,128.75	2,891.44	793.94	257.17	11,071.3
Superficie (%)	64%	26.1%	7.2%	2.3%	100%

Elaboración propia a partir de poligonales del Registro Agrario Nacional (RAN), Zacatecas (información no publicada).

Análisis del Entorno

Medio socioeconómico

Historia

Las poblaciones más antiguas de la región de Saín Alto, Zacatecas se remontan hacia los años de 1535-1540 que estaban comprendidas por tribus de indígenas conocidos como Zacatecos. También antiguos vestigios encontrados en el siglo XIX cerca del poblado de Atotonilco en los alrededores de los manantiales y a las orillas del río en el poblado de Saín Alto, aparentemente pertenecieron a antiguos asentamientos de tribus Aztecas que peregrinaron por esta zona.

Más tarde, en la época de la colonia, durante la evangelización, Don Francisco de Ibarra pasó por tierras Saínaltenses hacia el año de 1554, a este se le considera como el descubridor de Saín Alto, Zacatecas. Un año más tarde (1555), el pueblo fue fundado por Juan Guerra de Ressa, iniciando con una hacienda metalera a la que se llamó San Sebastián de Saín Alto; pero fue hasta 1824 después de la independencia de México que fue considerado como municipio.

Posteriores hechos como la visita del Presidente Benito Juárez en 1867 quien repartiera tierras a los pobladores de entonces y el paso del movimiento cristero en el año de 1926, el cual causó serios estragos al pueblo católico de este municipio, figuran entre algunos de los sucesos históricos más importantes de la región.

Para 1934 las compañías mercurio de Saín Alto y Beneficiadora de Mercurio S. A., inician sus actividades logrando alcanzar una producción del 12% de mercurio a nivel nacional; en los años posteriores (1939 - 1940) las principales zonas mineras fueron el Sáuz, Mineral de Mercurio, Sierra

de Chapultepec, Cerro Colorado, y Bonancita; también se tiene registro de yacimientos de *Estaño* localizados a 15 Km al sureste de la población de Saín Alto, conocidos como los campos mineros El Navanson y Los Ángeles, los cuales comprendían una franja aproximada de 3 a 8 Km de orientación noreste-sureste. En 1953, existió una planta de beneficio que producía de 50 a 60 toneladas por día, donde se calcinaban los concentrados en titortas de tubo y se obtenía una reducción promedio de 1380 Kg. de mercurio mensual. El estaño se produjo en poca escala por los gambusinos y se comercializó en forma directa; actualmente no existe actividad minera en el municipio (Camacho-Manríquez et al., 2009).

En cuanto a personajes importantes que ha dado la región, se mencionan:

- General Rosendo Rayas: participó en la revolución de 1910.
- María San José Lazalde (1848-1909): fue una de las compositoras del popular corrido de caballos El Caballo Mojino.
- Don Hilario Germes: director de orquesta y compositor, dentro de sus principales composiciones están Añoranza, Vals Tres de Agosto (dedicado a Juan Rayas), Camino a las Albercas, Teléfono a Larga Distancia (Fox Trot) entre otras.
- Guillermo Vacío Castrejón (1912-1987): músico, compuso la letra para inmortalizar al gobernador de Zacatecas José Minero Roque, Lorenzo Garza (paso doble).
- Raquel Castro: Escritora y compositora de canciones líricas, Autora del As de Oros.
- Saúl Enrique Castro García: locutor y relator de noticias, fue un gran cronista deportivo de la Radio de Durango XEDU (Camacho-Manríquez et al., 2009).

Población

Actualmente según el último censo de población y vivienda (2010), el municipio de Saín Alto, Zacatecas, cuenta con 21,533 habitantes dentro de una ciudad urbana (cabecera municipal) y 117 pueblos y/o rancherías. De éstos, 47 se encuentran comprendidos dentro del área de influencia (área que comprende la subcuenca) con una población total de 15,414 habitantes, lo que representa el 71.6% de la población del municipio, denotando la importancia del área de la subcuenca (Tabla 7). Con base en el sexo de los pobladores se tiene una distribución de géneros equilibrada, ligeramente mayor en mujeres con un 52%, mientras que el restante 48% corresponde a los hombres. Los pueblos de mayor importancia por su población (> 500 habitantes)

son: Saín Alto, Emiliano Zapata, Saín Bajo, Cantúna, Barrancas, El Fresno, Nicolás Bravo (San Nicolás), Luis Moya, Mercurio (Mina Mercurio), La Laborcita, El Sauz, y Francisco I. Madero (San Isidro).

Tabla 7 Información poblacional en el área de influencia, Saín Alto. Fuente INEGI 2010.

	Masculina	Femenina	Total	Total %
Municipal	10433	11100	21533	100
Área de Influencia	7401	7950	15414	71.6

Economía y actividades productivas

La población económicamente activa (PEA) del área de estudio (área de influencia) es de 4,722 habitantes, es decir menos de la mitad de la población que ahí se concentra; de esta el 83% son hombres y el 17% mujeres, esto equivale al 77% de la PEA del municipio. Por otra parte, la población ocupada (PO) es del 28.8%, esto quiere decir que un 1.9% de la PEA estaban sin empleo o buscando uno.

En cuanto a actividades productivas que se desarrollan en la región están la agricultura como la principal, la ganadería extensiva e intensiva y el comercio local (SARH, 1981). De acuerdo con el PMG 2010-2013, el ámbito de la ganadería lo comprenden 700 ganaderos que producen ganado vacuno, caprino y equino; el ganado porcino y las aves, son producidas en menor medida de manera particular por las familias. También dentro del municipio se encuentran dos ganaderías bravas donde se crían toros de lidia (Camacho-Manríquez et al., 2009).

Uso de Suelo y Vegetación

El uso del suelo en el área de estudio lo componen tanto la agricultura (26.3%) como el desarrollo urbano y rural (0.9%). Solo existe un desarrollo urbano en el área de estudio, el cual corresponde a la cabecera municipal (poblado Saín Alto) y el resto son consideradas comunidades rurales o rancherías (47).

Los tipos de cultivos en la región son principalmente de temporal, sin embargo aun siendo los de riego una minoría, estos consumen el 91% del agua subterránea extraída del acuífero, lo que equivale a 9.8hm³/año, mientras que el gasto urbano y rural solo es de 1.0hm³/año (CNA, 2009a). Con base en datos de la SAGARPA del periodo 2003-2011, en el municipio los cultivos que se

siembran por temporada son el frijol, maíz, avena forrajera, avena de grano, chile verde, maíz forrajero, trigo de grano, cebada de grano, canola, tomate rojo, ajo, calabaza (Chihua) y cebolla, los cuales en conjunto comprenden una superficie de siembra del orden de 33,624 ha; mientras que los cultivos perenes los componen la alfalfa verde, durazno, membrillo, manzana y ciruela, con superficie de 101 ha. El frijol, maíz y avena forrajera son los cultivos con mayor número de hectáreas (ha) (>2000 ha); la avena, el chile verde, maíz forrajero, trigo y cebada poseen superficies que generalmente no sobrepasan las 500 ha, el resto comprenden superficies muy pequeñas menores a 100 ha. Por lo tanto, la superficie total sembrada en el municipio es del orden de 33,725 ha con un valor de producción de 54,832.59 millones de pesos, lo que equivale al 2.9% de la superficie estatal sembrada y 0.6% del valor de producción en el estado.

La figura 12, muestra las superficies de siembra del 2003 al 2011, en ella se observa como la superficie de siembra ha sido muy variable a través de los años, destacando el periodo 2004-2006 donde la superficie de siembra paso de ser de 32,740 ha en 2004 a 30,479 ha en 2005 para después volver a aumentar drásticamente en el 2006 hasta alcanzar 37,440 ha, es decir 11% más que en la actualidad. Es importante señalar que estas grandes variaciones se dan solamente en los cultivos de temporada (otoño-invierno y primavera-verano), a diferencia de los cultivos perennes que han aumentado su superficie de siembra desde 2005 a la fecha en un 13.5%, sin embargo esto no se refleja en la superficie total municipal dada la gran diferencia en superficies entre ambos tipos de cultivo. Por último, la superficie actual representa una disminución de 4088 ha con respecto al 2008, año en que se alcanzó el mayor número de hectáreas de siembra en el municipio.

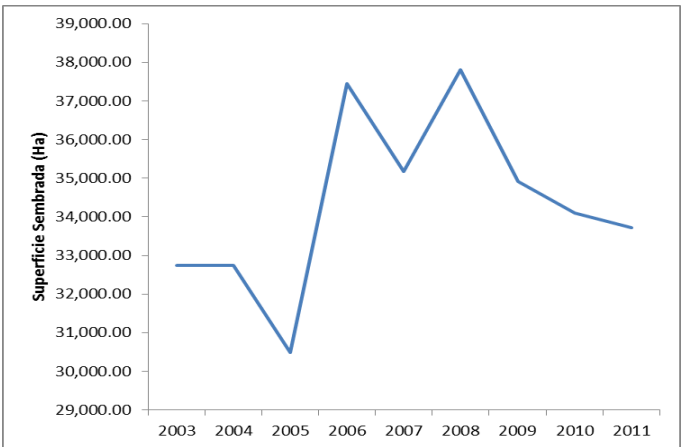


Figura 12 Total de superficie agrícola sembrada en el municipio de Saín Alto. Elaboración propia a partir de datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP.org.mx) SAGARPA 2003-2011.

En cuanto a la vegetación presente en el área de estudio (Anexo 4, fotos 34-53), corresponde a tres tipos principales con base en su dominancia (INEGI, 2010a), los cuales son: pastizales (34.9%), bosque (22.9%) y matorral (11.3%). Para la vegetación acuática y raparia no fue posible determinar el porcentaje de superficie que cubren debido a que este tipo de vegetación es muy escasa e irregular, por lo que se determinó contabilizarla como parte de la vegetación circundante (matorral o pastizal) a la misma. A continuación se describen de manera breve cada uno de los tipos de vegetación con base en Enríquez-Enríquez et al. (2003)¹ y observaciones de campo:

1. Pastizal: se encuentra principalmente sobre roca sedimentaria y aluvial, en las áreas planas o laderas. Este tipo de vegetación se compone en su mayoría de plantas herbáceas, especialmente de compuestas y gramíneas: *Heterosperma pinnatum*, *Pectis prostrata*, *Bouteloua gracilis*, *Euphorbia hirta*, *Melampodium sericeum*, *Eragrostis intermedia*, *Crusea diversifolia*, *Schkuhria pinnata*, *Microchloa kunthii*, *Dihondra argentea* y *Aristida adscensionis*. Asociado a esta vegetación se encuentran matorrales como *Acacia schaffneri* y *Mimosa aculeaticarpa*; además de algunas cactáceas como *Mammillaria gummifera*, *Opuntia durangensis* y *O. robusta*.
2. Bosque: se localiza a lo largo de toda la zona de Sierra con una delimitación muy marcada por el margen derecho (río abajo) del río. Los árboles son en su mayoría bajos (3 a 4 m) y dispersos, de hojas pequeñas y rígidas, asociados a herbáceas. Las especies que lo componen son principalmente *Quercus grisea*, *Q. eduardi*, *Yucca decipiens* y *Pinus cembroides*. El estrato arbustivo lo componen *Mimosa aculeaticarpa*, *Dasyllirion wheeleri*, *Opuntia durangensis* y *O. robusta*.
3. Matorral: es encontrado en laderas y a la orilla del río, principalmente en zonas altas de peñascos, barrancos y sustratos duros y horizontes someros. La altura de esta comunidad es de 1 a 2.5 m y está compuesta por las especies *Mimosa aculeaticarpa*, *Lippia durangensis*, *Jatropha dioica*, *Opuntia durangensis* y *O. robusta*, *Mamillaria gummifera*, *Mamillaria* sp. En las zonas más altas, se le puede encontrar asociado al bosque de *Pinus-Quercus* en las faldas de la sierra. El estrato herbáceo se compone de *Heterosperma pinnatum*, *Tridax balbisoides*, *Tagetes lunulata*, *Schkuhria pinnata*, *Gomphrena serrata*, *Tagetes micrantha*, *Desmodium neomexicanum*, *Bouteloua gracilis*, *Aristida adscensionis*, *Euphorbia hirta*, *Eragrostis intermedia* y *Galinsoga parviflora*.

¹ Trabajo realizado en Parque Nacional Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas. Por su cercanía al área de estudio, los datos de dicho documento se consideran aplicables en este trabajo.

4. Vegetación riparia: se compone principalmente por los árboles *Salix nigra* (Sauce) y *Populus* sp. (Álamo), con excepción de la parte más alta del área de estudio donde predominan *Pinus cembroides*, *Quercus eduardi*, *Yucca decipiens*, *Opuntia durangensis* y *Acacia* sp.; las tres últimas también fueron frecuentes en las áreas de cañadas y barrancos donde no existe planicie de inundación. El estrato herbáceo se encontró compuesto principalmente por *Baccharis salicifolia*, *Tagetes micrantha*, *Cosmos parviflorus* y muy escasamente *Muhlenbergia rigida*.
5. Vegetación acuática: se encuentra en diferentes puntos del río de manera muy irregular pero es especialmente abundante en la zona de Atotonilco y Saín Alto. Estas localidades poseen condiciones ambientales favorables y un flujo de agua constante durante todo el año. Entre las especies presentes están *Lemna gibba* (lenteja de agua), *Hydrocotyle ranunculoides*, *Eleocharis montevidensis*, *Nostoc* sp., *Potamogeton* sp., *Azolla* sp., *Chara* sp., *Polygonum hydropiperoides*, más un pasto acuático no identificado.

Paisaje

El paisaje de la sub-cuenca se encuentra comprendido por seis tipos o clases de cobertura (río², agricultura, urbano y/o rural, bosque, matorral y pastizal), de las cuales la que cubre mayor porcentaje de área es el pastizal con el 34.9% del área total del paisaje, seguida de la agricultura, bosque, matorral, río y los pueblos (Tabla 8). Tomando en cuenta el número de parches (NP) que componen cada tipo de cobertura, la agricultura sería la que mayor fragmentación (>NP) presenta, mientras que el río, bosque y matorral los de menor fragmentación (<NP); el pastizal y los pueblos presentan casi igual fragmentación, sin embargo esto no es del todo apreciable a simple vista desde la perspectiva del paisaje presentada en el mapa (Figura 13). Esto se debe a la gran diferencia en área y a que tan dispersos están los parches que comprenden ambas coberturas, para lo cual una solución es tomar en cuenta la densidad de parches (DP) en vez del NP. Con este cambio, se tiene que el tipo de cobertura de poblados, se encuentra mucho más fragmentada que el pastizal e incluso que la agricultura, presentando una densidad de cuatro parches por cada 100 ha, mientras que el resto se encuentra por debajo de un parche por cada 100 ha.

² Puesto que el río es propiamente un corredor y no un parche, las métricas se obtuvieron a partir de un área buffer de 50 m, establecida con base en lo descrito en diferentes trabajos (Castelle et al., 1994; Wenger, 1999; Fischer y Fisichenich, 2000).

Tabla 8 Análisis del paisaje. Las diferentes métricas del paisaje fueron calculadas con base en Leitão et al. (2006) con datos vectoriales de la capa de uso de suelo del área de influencia, Saín Alto.

Métrica/Tipo de cobertura	Agricultura	Bosque	Matorral	Pastizal	Río	Pueblo
Área por clase (%)	26.3	22.9	11.3	34.9	3.8	0.9
Número de parches	130	3	14	33	1	35
Densidad de parches (NP/100ha)	0.66	0.02	0.17	0.13	*	4.92
Área media del parche	150.55	5720.88	603.85	792.83	*	20.31

*Esta métrica no es aplicable debido a que el río es un corredor.

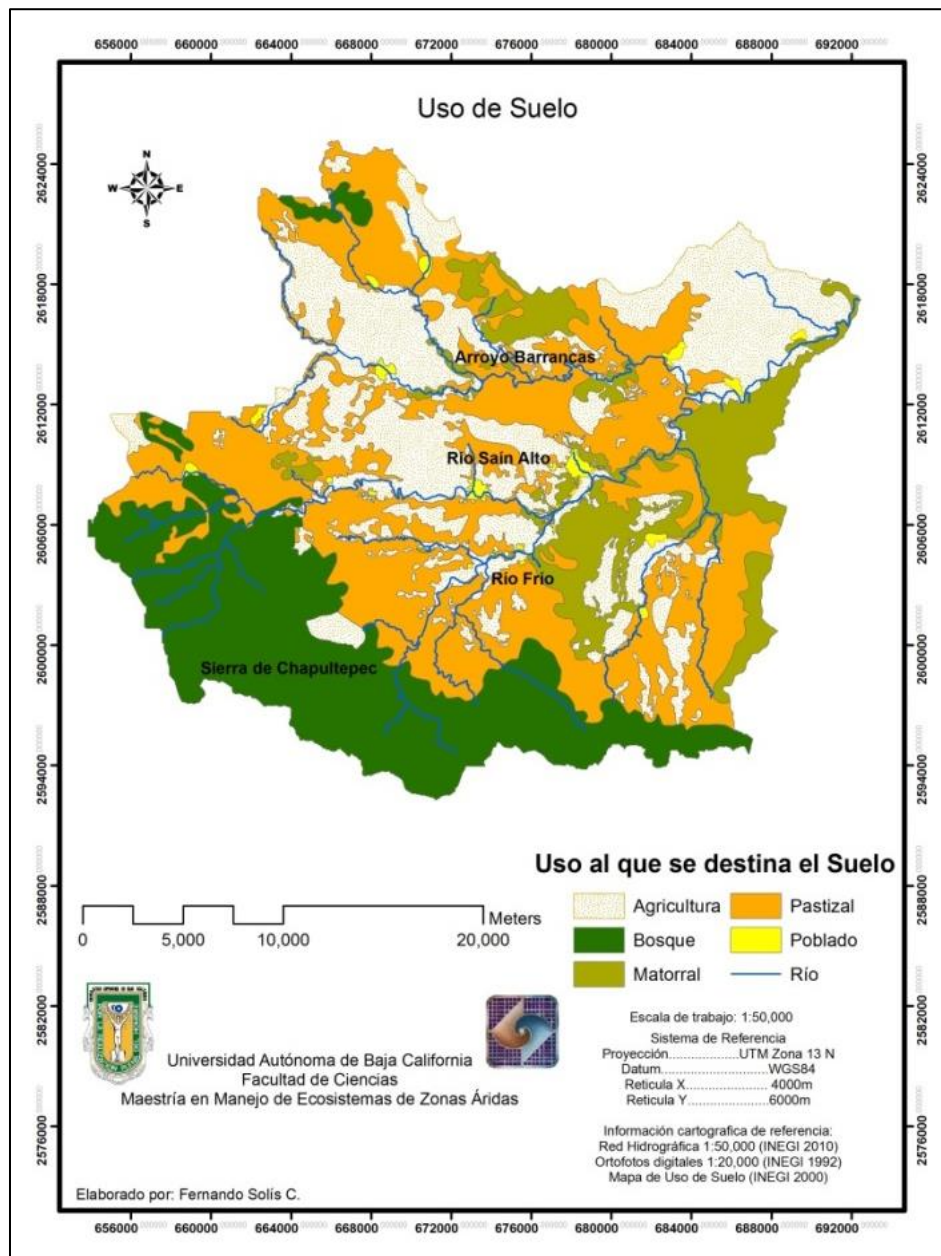


Figura 13 Mapa de uso de suelo en el área de influencia, Saín Alto.

Con base en lo anterior tenemos que las dos capas que más fragmentan el paisaje son la agricultura y las áreas rurales, la primera por el NP, mientras que la segunda por la DP.

Otra métrica importante y estrechamente relacionada con la fragmentación, es el área media (tamaño promedio) de los parches por clase. Este tipo de métrica te permite reconocer que clase de cobertura es la que posee los parches más grandes dentro del paisaje, en este caso el bosque. La importancia del tamaño de los parches es debido a que parches más grandes sostienen mayor número de funciones como control de escorrentías durante tormentas, menor erosión, mayor captación de agua y espacios de recreación para las personas, muchas de las cuales no pueden ser desarrolladas en parches pequeños (Leitão et al., 2006).

Debido a la distribución y tamaño de los parches, no se distingue una matriz aparente, por el alto grado de perforación y fragmentación que ha sufrido a causa de la agricultura. Por otro lado, si se toman en cuenta los diferentes tipos de vegetación nativa como una sola, entonces podemos decir de manera precisa que el área de estudio se encuentra compuesta por un paisaje con matriz de vegetación nativa con parches de áreas rurales, agrícolas y un corredor (Río).

Ecología

Macrofauna (Insectos e Invertebrados Acuáticos)

Se encontró un total de 22 familias de insectos acuáticos y seis órdenes diferentes, además de otros tres órdenes de invertebrados acuáticos no artrópodos. Los órdenes mejor representados son Hemíptera con seis familias más un ejemplar no determinado, seguido de Odonatos con seis familias; mientras que los menores representados son Díptera (moscas), Anélida (gusanos anillados) y Platyhelminthes (planarias) (Anexo 2, listado de macrofauna).

La localidad con mayor número de familias fue Los Sauces, en la cual se encontró al 21.3% de la diversidad de insectos registrada. Otras localidades igualmente importantes para este grupo fueron Saín Alto y El Alamillo, con un 19.1% de insectos cada una.

Herpetofauna (Reptiles)

Dos especies de reptiles y dos de anfibios fueron encontradas en asociación directa con el río. Uno de los reptiles corresponde a la tortuga del fango mexicana (*Kinosternon integrum*), esta especie fue avistada en las localidades de Puente Atotonilco y Crucero a Barrancas, ambas localidades

poseen bordos artificiales que les proporciona un buen hábitat de pozas profundas para su desarrollo. El otro reptil corresponde a una culebra, la cual fue avistada en la localidad de La Laborcita; sin embargo no se logró recolectar ni identificar plenamente. En cuanto a los anfibios identificados en el área de estudio se incluyen una especie de rana (*Lithobates montezumae*) y un sapo (*Bufo cf. punctatus*). La primera de éstas fue encontrada a lo largo de todo río, mientras que el sapo solo fue encontrado en la localidad de Los Sauces. Además otras tres especies de lagartijas (*Sceloporus jarrovi*, *Sceloporus magister* y *Sceloporus poinsetti*) también fueron avistadas en los alrededores (Anexo 4, fotos 27 y 28).

Ictiofauna (Peces)

Un total de 12 especies de peces (seis nativas y seis exóticas) pertenecientes a siete familias, fueron registradas durante los muestreos a través del curso principal del Río Saín Alto. De acuerdo con su origen zoogeográfico, *C. ornatum*, *G. conspersa*, *N. nazas*, *C. nebuliferus* y *E. pottsi* son Neárticas (su origen es hacia los polos), *A. mexicanus* es Neotropical (su origen es hacia el ecuador) y *C. carpio*, *G. affinis*, *L. cyanellus*, *L. macrochirus*, *M. salmoides* y *Tilapia* sp. son exóticas (especies que no pertenecen a la región pero que fueron introducidas por el hombre). Tomando en cuenta su origen afinidad ecológica, 10 son primarias (estrictamente dulceacuícolas) y solo dos son secundarias (tolerantes a agua marina por cortos períodos de tiempo) y son de procedencia exótica. Respecto a los niveles tróficos de las especies registradas, las nativas se ubican en el gremio alimentario de detritívoros (se alimentan de materia orgánica fina, algas y pequeños invertebrados en el fondo del río), insectívoros (se alimentan de insectos), herbívoras (dieta a base de plantas y algas o microalgas) y omnívoras (tanto plantas como animales); mientras que las exóticas, son predominantemente carnívoras (se alimentan de pequeños mamíferos, anfibios, peces) e insectívoras (Anexo 2, listado de íctiofauna).

Las especies con mejor distribución y más abundantes fueron *Gila conspersa* y *Catostomus nebuliferus* (Figura 14).

Por otra parte, una mayor diversidad fue encontrada a partir de la localidad de Emiliano Zapata, así como la presencia de especies exóticas a partir de Saín Alto (Figura 15; Anexo 2, tabla de presencia-ausencia).

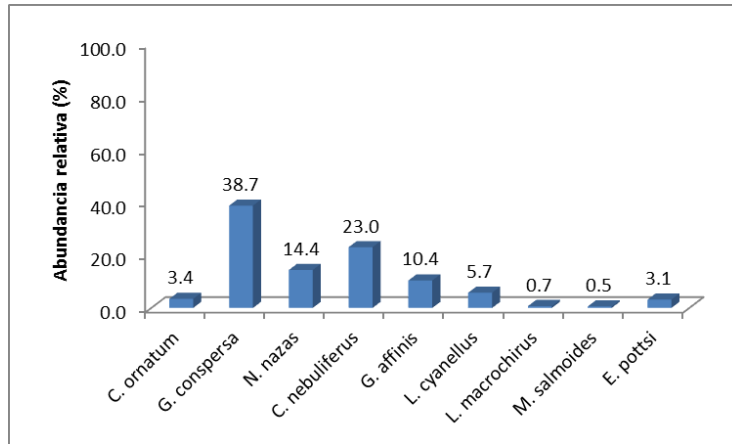


Figura 14 Abundancia relativa total por especie íctica recolectada en el río Saín Alto.

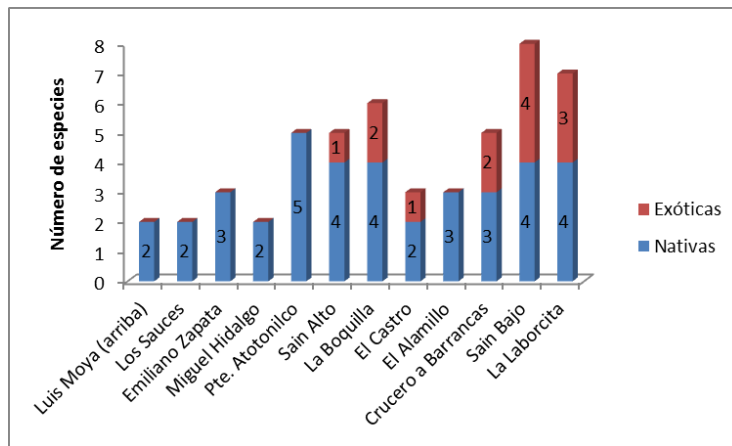


Figura 15 Número de especies ícticas encontradas en el Río Saín Alto, por localidad y estatus de origen.

Avifauna (Aves)

Para aves, se avistaron un total de 18 especies pertenecientes a 10 familias (Anexo 2, listado de avifauna). La familia mejor representada es Accipitridae con seis especies, de las cuales dos especies de gavilanes (*Accipiter cooperii* y *Accipiter striatus*) y una de aguililla (*Parabuteo unicinctus*) están sujetas a protección especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT-2010; también destaca una subespecie de pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*) que se encuentra como amenazada según la norma antes mencionada.

Zonificación

Con base en datos de la caracterización, se propone una zonificación para el “área de intervención”, la cual se hizo por medio de la intersección de las capas de uso de suelo y relieve, tomando en cuenta la importancia que tiene esta última sobre diferentes procesos ecológicos y

antropogénicos en el paisaje de la sub-cuenca. Se definieron “unidades de paisaje” (UP) y “unidades ambientales” (UA); las primeras se nombraron de acuerdo con el relieve (topografía) del terreno, el cual es comprendido por tres tipos de topoformas: lomeríos, mesetas y valles; las segundas fueron establecidas en función de la unión de las unidades de paisaje y el uso actual del suelo en la zona.

Se estableció como criterio para la definición de polígonos un mínimo de área de cinco hectáreas (ha), de manera que aquellos polígonos que no cumplieran con este criterio fueron homogeneizados con su adyacente. Todas las capas temáticas utilizadas y generadas en el sistema de información geográfica (SIG), fueron georeferidas en un sistema de coordenadas geográficas con proyección Universal Transversal Mercator (UTM).

Descripción de las unidades y sus atributos

Unidad 1. Zonas de Lomerío con agricultura (LA).

Son zonas que como su nombre lo dice se encuentran en relieve de tipo lomerío, con roca de tipo sedimentaria principalmente, con poca variedad de suelos pero aptos para agricultura. Su principal uso es el agrícola por lo que grado de conservación es nulo. La unidad comprende seis polígonos que cubren una superficie de 368.49 ha de un total 1,357.81 que comprende la UP. Dicho de otra manera, el 27.1% de la superficie total del lomerío dentro del área de intervención (AI) es usada para la actividad agrícola.

Tabla 9 Descripción de la UA Lomerío Agrícola.

	Superficie UP: 27.1%		Superficie AI: 3.3%		
Geología	Ígnea extrusiva: 4.4%		Sedimentaria: 78.6%		Suelo: 16.9%
Edafología	Fozem: 41.5%	Fluvisol: 58.5%	Luvisol: 0%	Leptosol: 0%	Regosol: 0%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	100%	-	-	-	

Unidad 2. Zonas de Lomerío con urbanización (LU).

Estas zonas se caracterizan principalmente por poseer áreas urbanas o pueblos. Su superficie en hectáreas es de 110.98 distribuidas en tres polígonos. Su grado de transformación es de 95.1% y el restante es área natural. Los suelos son aptos para agricultura.

Tabla 10 Descripción de la UA Lomerío Urbano.

Población: 2059		Superficie UP: 8.2%		Superficie AI: 1.0%	
Geología	Ígnea extrusiva: 24.2%		Sedimentaria: 54.9%		Suelo: 21%
Edafología	Fozem: 34.3%	Fluvisol: 65.7%	Luvisol: 0%	Leptosol: 0%	Regosol: 0%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	4%	91.2%	4.9%	-	

Unidad 3. Zonas de Lomerío con Vegetación Nativa (LVN).

Estas zonas, como su nombre lo indica se encuentran cubiertas predominantemente por vegetación nativa (plantas propias de la región), por lo que su grado de transformación es casi nulo. Su superficie es de 878.34 ha, lo que la convierte en la UA más grande del lomerío. Su variedad de suelos es mayor en comparación con el resto de UA's en lomerío.

Es importante destacar que por sus características geológicas, todas las UA en lomerío fungen un papel fundamental como zonas de recarga del acuífero.

Tabla 11 Descripción de la UA Lomerío con Vegetación Nativa.

		Superficie UP: 64.7%		Superficie AI: 7.9%	
Geología	Ígnea extrusiva: 66.3		Sedimentaria: 31.8%		Suelo: 1.8%
Edafología	Fozem: 85.1%	Fluvisol: 10.1%	Luvisol: 4.7%	Leptosol: 0.2%	Regosol: 0%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	1.6%	-	90.3%	8.1%	

4. Zonas de Meseta con Agrícola (MA).

Son zonas que por su tipo de relieve y la actividad desarrollada son propensas a sufrir erosión; su superficie transformada es del 83%. Esta UA comprende una superficie de 755.53 ha, distribuidas en 23 polígonos. Su aptitud agrícola es de baja a nula según el tipo de suelo y la pendiente; los más fértiles son los depósitos aluviales cercanos al río.

Tabla 12 Descripción de la UA Meseta Agrícola.

		Superficie UP: 14%		Superficie AI: 6.8%	
Geología	Ígnea extrusiva: 57.0%		Sedimentaria: 29.2%		Suelo: 13.8%
Edafología	Fozem: 53.9%	Fluvisol: 0%	Luvisol: 0.4%	Leptosol: 34.1%	Regosol: 11.6%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	82.1%	0.9%	15.3%	1.6%	

5. Zonas de Meseta con Urbanización (MU).

Su grado de transformación es de 100%. Se encuentra dividida en tres polígonos cuya superficie en conjunto suma 25.14 ha.

Tabla 13 Descripción de la UA Meseta Urbana.

Población: 63		Superficie UP: 0.5%		Superficie AI: 0.2%	
Geología	Ígnea extrusiva: 18.0%	Sedimentaria: 38.7%		Suelo: 43.3%	
Edafología	Fozem: 50%	Fluvisol: 0%	Luvisol: 0%	Leptosol: 0%	Regosol: 50%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	33.9%	66.1%	-	-	

6. Zonas de Meseta con Vegetación Nativa (MVN).

Se componen principalmente por pastos, matorrales y en menor medida por zonas agrícolas. Su grado de naturalidad es de 99.3% de un total 4609.35 ha, es decir que el 85.5% de la meseta es natural.

El tipo de roca en esta UP no solo es un importante factor con respecto a la agricultura, sino también en la infiltración de agua, ya que las UA en meseta son principalmente impermeables, por lo que no constituyen unidades de recarga para el acuífero.

Tabla 14 Descripción de la UA Meseta con Vegetación Nativa.

		Superficie UP: 85.5%		Superficie AI: 41.6%	
Geología	Ígnea extrusiva: 66.5%	Sedimentaria: 31.0%		Suelo: 2.4%	
Edafología	Fozem: 58.9%	Fluvisol: 0.3%	Luvisol: 0.5%	Leptosol: 28.3%	Regosol: 12%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	0.7%	-	61.6%	37.7%	

7. Zonas de Valle con Agricultura (VA).

Es la UA que mayor superficie ocupa en la UP de valle con 1925.65 ha, lo que corresponde al 56.4% de la superficie de la UP y a un 17.4% del AI. Su superficie total transformada es de 91.7% de la unidad y se fragmenta en 15 diferentes polígonos.

Los suelos que componen esta unidad son en general aptos para agricultura, sin embargo, algunos como el leptosol son altamente erosivos y su rendimiento es variable de acuerdo con el subtipo de suelo y la pendiente. La agricultura en este tipo de suelo debe tener un control especial.

Tabla 15 Descripción de la UA Valle Agrícola.

		Superficie UP: 56.4%		Superficie AI: 17.4%	
Geología	Ígnea extrusiva: 3.5%		Sedimentaria: 61.1%		Suelo: 35.4%
Edafología	Fozem: 58.1%	Fluvisol: 0%	Luvisol: 0.2%	Leptosol: 37.5%	Regosol: 4.1%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	91.5%	0.2%	5.1%	3.2%	

8. Zonas de Valle con Urbanización (VU).

Esta unidad cubre una superficie de 248.01 ha en nueve polígonos, lo cual la convierte en la UA más pequeña del valle. Su grado de transformación es del 100%.

Los suelos que componen la UA son aptos para diferentes usos agrícolas dependiendo del subtipo al que pertenecen.

Tabla 16 Descripción de la UA Valle Urbano.

Población: 7484		Superficie UP: 7.3%		Superficie AI: 2.2%	
Geología	Ígnea extrusiva: 0.1%		Sedimentaria: 79.4%		Suelo: 20.5%
Edafología	Fozem: 45.2%	Fluvisol: 0%	Luvisol: 0%	Leptosol: 15.1%	Regosol: 39.8%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	1.5%	98.5%	-	-	

9. Zonas de Valle con Vegetación Nativa (VVN)

Es la segunda UA más grande dentro del valle, su superficie corresponde al 36.3% de la UP y a un 11.2% del AI, de manera que es la tercera UA más extensa de todas. La unidad se encuentra fragmentada en 18 polígonos en los que predominan los pastizales y matorrales como principal cobertura, por lo que su grado de conservación es de 98.5%.

Los suelos que se desarrollan en esta unidad son aptos para uso agrícola, siempre y cuando la pendiente lo permita.

Tabla 17 Descripción de la UA Valle con Vegetación Nativa.

		Superficie UP: 36.3%		Superficie AI: 11.2%	
Geología	Ígnea extrusiva: 17.4%		Sedimentaria: 74.2%		Suelo: 8.4%
Edafología	Fozem: 58.7%	Fluvisol: 0%	Luvisol: 0.4%	Leptosol: 30.9%	Regosol: 10%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural		Pastizal	Matorral
	1.5%	-		57.5%	41%

10. Río en Lomerío (RL).

Comprende propiamente lo que es la sección del río y zona riparia que pasa sobre el tipo de relieve lomerío, así como zonas adyacentes dentro de un radio de 50 m a cada lado. Su superficie es de 148.71 ha en un solo polígono. Su estado de conservación es de un 60%. Cabe señalar que para fines prácticos tanto en esta unidad como para las demás que comprenden el río, la superficie de vegetación riparia se encuentra comprendida dentro del pastizal y matorral debido al bajo porcentaje que representa. El máximo orden del río en esta unidad es 7.

Tabla 18 Descripción de la UA Río en Lomerío.

Descarga: Si		Pto. de descarga: Barrancas		Superficie AI: 1.3%	
Geología	Ígnea extrusiva: 55.8%		Sedimentaria: 20%		Suelo: 24.2%
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural		Pastizal	Matorral
	36.6%	3.8%		45.4%	14%
Flora y Fauna asociada al río	Especies de peces	Familias de insectos	Especies de Plantas acuáticas		Otros
	N: 4, E: 4	5	5		1 tortuga, 1 rana

11. Río en Meseta (RM).

Comprende una superficie de 352.60 ha. Se compone de dos diferentes polígonos en los que se desarrolla agricultura y zonas rurales en menor grado, siendo predominantes los pastos y matorrales, su grado de conservación es de 88%. El máximo orden del río para esta sección es 7.

Tabla 19 Descripción de la UA Río en Meseta.

Descarga: si		Pto. de descarga: La Boquilla		Superficie AI: 3.2%	
Geología	Ígnea extrusiva: 62.5%	Sedimentaria: 22.4%		Suelo: 15.1%	
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	11.9%	0.1%	47.4%	40.6%	
Flora y Fauna asociada al río	Especies de peces	Familias de insectos	Especies de Plantas acuáticas	Otros	
	N: 4, E: 2	19	7	1 rana	

12. Río en Valle (RV).

Esta unidad es la más transformada por la agricultura, la cual comprende una superficie total de 407.99 ha, por lo tanto su grado de transformación es de prácticamente el 50%.

En esta sección del río se alcanza el máximo orden (7) en la escala de Stralher, se encuentra toda la comunidad nativa de peces y la diversidad de plantas e insectos es una de las mayores, por lo tanto su importancia es muy alta.

Tabla 20 Descripción de la UA Río en Valle

Descarga: si		Pto. de descarga: Pte. Atotonilco		Superficie AI: 3.7%	
Geología	Ígnea extrusiva: 0%	Sedimentaria: 39.7%		Suelo: 60.3%	
Uso de suelo	Agricultura	Urbano/Rural	Pastizal	Matorral	
	40.5%	9.3%	30.6%	19.7%	
Flora y Fauna asociada al río	Especies de peces	Familias de insectos	Especies de Plantas acuáticas	Otros	
	N: 6, E: 1	11	8	1 tortuga, 1 rana	

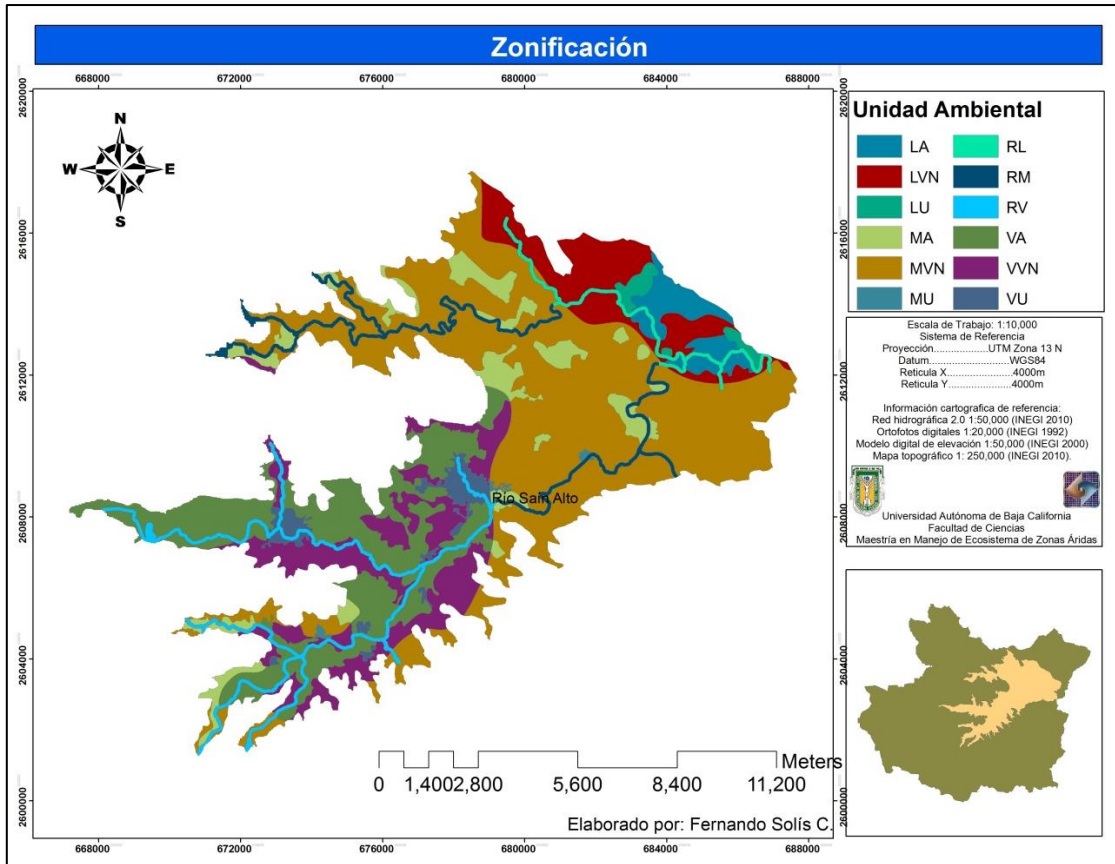


Figura 16 Zonificación del área de intervención, Saín Alto. LA = lomerío agrícola, LVN = lomerío con vegetación nativa, LU = lomerío urbano, MA = meseta agrícola, MVN = meseta con vegetación nativa, MU = meseta urbana, VA = valle agrícola, VVN = valle con vegetación nativa, VU = valle urbano, RL = río en lomerío, RM = río en meseta y RV = río en valle.

Diagnóstico

Del sitio y entorno (estado)

La distribución del uso de suelo, la biodiversidad y los asentamientos humanos existentes dentro y alrededor del Río Saín Alto, son reflejos de procesos y condiciones ambientales que ocurren dentro de este complejo sistema, de las relaciones que guardan entre sí, así como de la importancia en preservarlos. El uso de suelo, especialmente por la agricultura, presenta una clara relación entre el relieve y tipo de roca, pero no con el tipo de suelo como podría pensarse.

La zona de valle posee la mayor superficie agrícola (Figura 17), esto se debe a que los valles son zonas de superficies relativamente planas donde convergen escurrimientos provenientes de montañas que conforman arroyos y ríos, cuyas corrientes de agua traen consigo una gran cantidad de sedimentos y materia orgánica que se deposita en esta zona, principalmente en los márgenes del río, promoviendo la formación de roca de tipo sedimentaria y desarrollo de suelos fértiles. Por

otro lado, la presencia de roca sedimentaria no necesariamente significa que el suelo es apto para la agricultura. El mejor ejemplo de esto son las zonas en meseta con este tipo de roca; la topografía de esta zona sobresale de entre el valle y posee pendientes más pronunciadas que no promueven la sedimentación y formación de un horizonte profundo; por tanto, el desarrollo de suelos fértiles es limitado, al igual que la retención de humedad. Aunque también existen campos agrícolas en menor escala con este tipo de relieve, se puede ver claramente como gran parte de éstos se encuentran sobre o cerca del cauce del río. Esto también se refleja en la disposición irregular de los parches agrícolas y su tamaño, es decir que el paisaje de la meseta se encuentra más perforado que el valle (Tabla 21).

Tabla 21 Análisis del paisaje para el área de intervención, Saín Alto.

Uso de suelo	Agricultura			
	No. parches	Densidad de parches por UP (100 ha)	Densidad de parches UA (100 ha)	Área media del parche
Lomerío	3	0.2	0.7	146.94
Meseta	55	0.9	8	13.24
Valle	27	0.7	1	71.04

Los lomeríos por su parte son terrenos irregulares, que sin embargo poseen un tipo de roca sedimentaria que favorece el desarrollo de suelos fértiles donde las pendientes no son muy pronunciadas, por lo que la agricultura no se encuentra tan limitada y por tanto su grado de fragmentación al igual que el valle es menor que el de la meseta (Figura 17).

Por otro lado, el tipo de suelo no es determinante en la presencia y distribución de la agricultura, sin embargo, juega un papel importante con respecto al tipo de cultivo idóneo y las consideraciones que deben tomarse. Un ejemplo de esto son las zonas de valle con tipo de suelo leptosol, donde actualmente existe actividad agrícola. Aunque este tipo de suelo generalmente tiene un horizonte muy pobre, al estar en la zona de valle, desarrollado sobre roca de tipo sedimentaria, le permite sostener ciertos tipos de cultivo; no obstante, la agricultura ahí desarrollada debe tener un estricto control contra la erosión, ya que son suelos altamente susceptibles a este proceso. Por consiguiente de no tomar las medidas necesarias, lo más seguro es que el rendimiento disminuya y se pierda el escaso suelo existente. Por tanto, una mejor opción en zonas con este suelo sería la ganadería de bajo impacto (extensiva pero respetando la capacidad de carga) o intensiva la cual se puede impulsar con la siembra de pastos forrajeros, o bien optar por la silvicultura (IUSS, 2007).

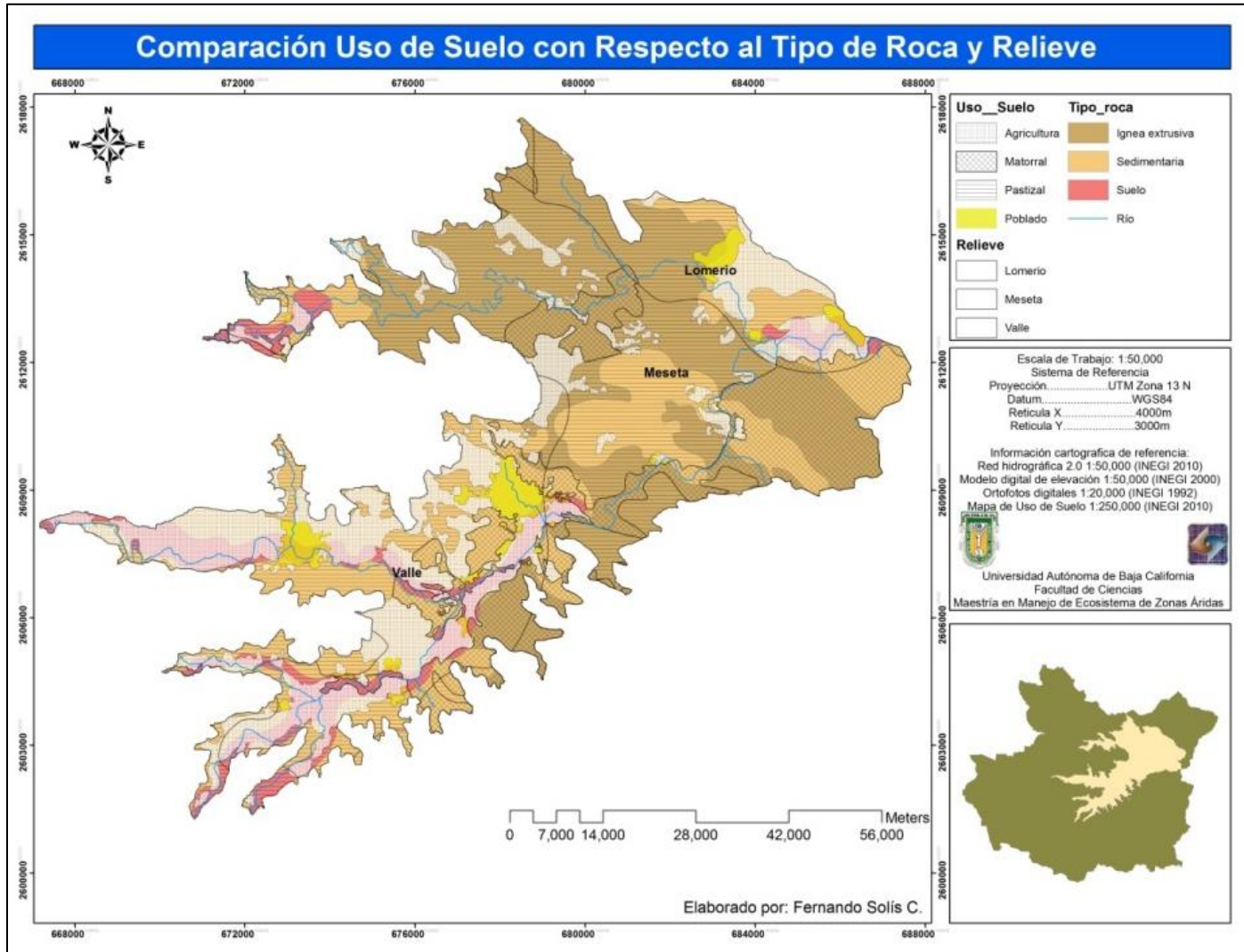


Figura 17 Distribución espacial del uso de suelo en el área de intervención y su relación con respecto al relieve (topografía) y tipo de roca, en Saín Alto.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia que juegan estos tres factores (topografía, geología y edafología) del terreno, los cuales sin duda son los principales factores a tomar en cuenta en la futura toma de decisiones sobre el uso al que se destine el suelo, especialmente la agricultura, al ser esta la principal actividad económica de la región. Con base en esto, se presenta un mapa de aptitud agrícola, que une las tres capas mencionadas y tiene como objetivo mostrar de una manera gráfica, aquellas zonas del área de intervención con alta, media, baja y nula aptitud para el desarrollo de actividades agrícolas (Figura 18).

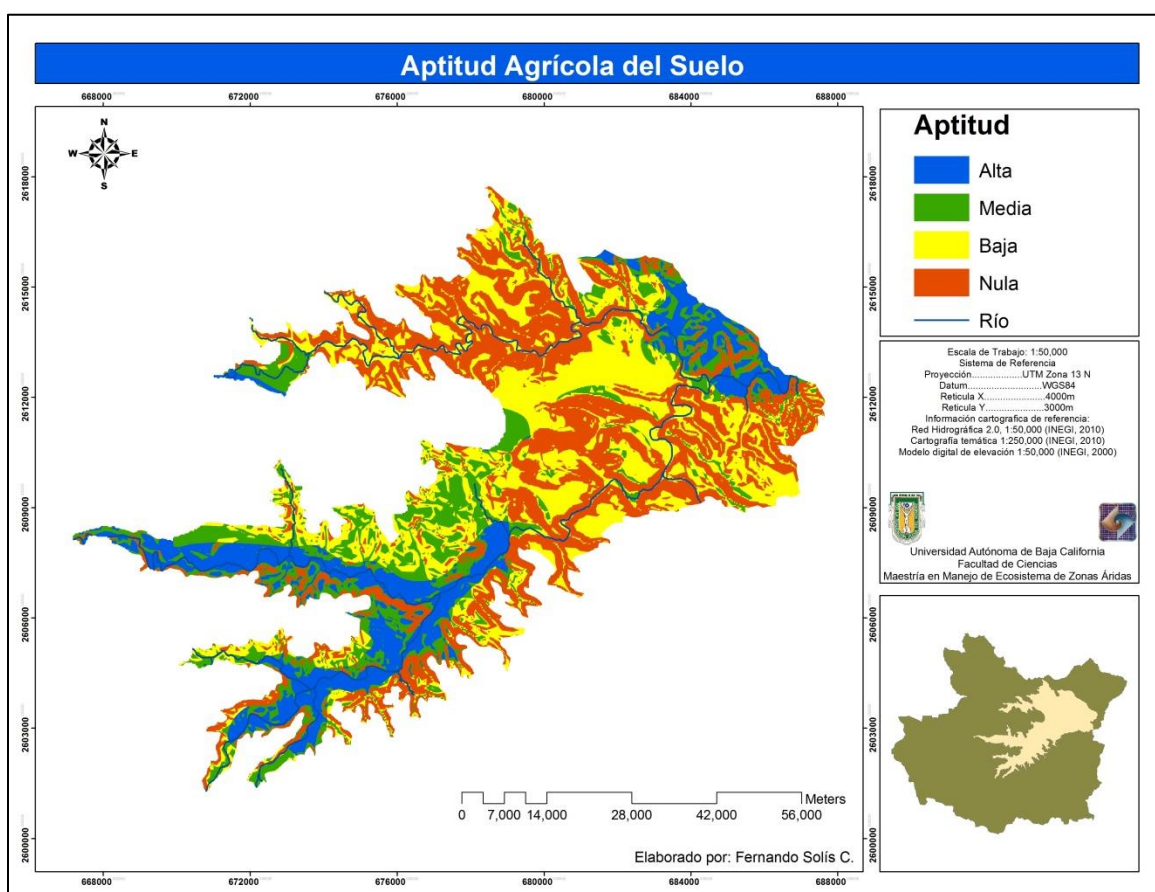


Figura 18 Mapa de aptitud agrícola para el área de intervención, en Saín Alto. Los colores ilustran aquellas zonas con mayor o menor aptitud para desarrollar agricultura, dependiendo de las características del terreno como relieve, pendiente, tipo de roca y suelo.

Descripción de Unidades de Aptitud Agrícola

- Alta: son las áreas cuya topografía (relieve y pendientes), geología (tipo de roca) y edafología (tipo de suelo) son propicias para el desarrollo de actividades agrícolas.
- Media: son aquellas zonas donde el relieve y suelo son de buena calidad, las pendientes son bajas (2-6%) y el tipo de roca es ígnea extrusiva. En estas zonas se pueden desarrollar

actividades agropecuarias dependiendo de la profundidad del suelo, sin embargo, los suelos son susceptibles a erosionarse.

- Baja: aquellos sitios donde la pendiente va de moderada (6-12%) a alta (12-20%), y por el tipo de roca o suelo no son propicios para las actividades agrícolas. Estos sitios por lo general poseen un horizonte pobre y tienden a erosionarse fácilmente. Las actividades pecuarias y silvicultura son la mejor opción para estas áreas.
- Nula: son aquellos sitios que por su topografía, edafología y geología no presentan características apropiadas para el desarrollo de agricultura. La posibilidad de la silvicultura y ganadería dependerán del grado de la pendiente. La mejor opción para esta zona, son las actividades recreativas, el turismo alternativo y conservación.

Población

La información utilizada para el análisis de población corresponde a los censos de población y vivienda de INEGI 1990-2010 (INEGI, 2011), ya que es a partir de entonces que se tiene la información desglosada a nivel de localidad.

Por otro lado, aquellas localidades con 20 o más habitantes fueron consideradas como poblados, mientras que aquellas con menos de 20 fueron consideradas rancherías; por último, *las localidades con más de 2500 habitantes, así como la cabecera municipal independientemente del número de habitantes son denominadas zonas urbanas* (CNA, 2010).

La población dentro del “área de intervención” equivale al 64.1% de la población total del área de estudio (área de influencia) y 46% de la municipal. Es decir que, prácticamente la mitad de la población municipal y más de la mitad de la población en el área de la sub-cuenca que corresponde al municipio, se encuentra en una porción territorial equivalente al 14.7% de la sub-cuenca y tan solo el 7.8% del territorio municipal. Ésta a la vez se distribuye en un total de 14 pueblos [San Antonio del Álamo, La Muralla, Miguel Hidalgo (Las Cuevas), El Oliván, Atotonilco, Emiliano Zapata (San José), Río Frío, La Y Griega, El Castro, (Mónico Huerta Huerta), Huajotita, San Rafael, El Molino, Saín Bajo y Barrancas], 4 rancherías (EL Alamillo, La Cementera, La Calzada y El Chepinque) y una zona urbana (Saín Alto); de las cuales, las más importantes por su número de habitantes (>500) son Saín Alto (5037), Emiliano Zapata (1832), Saín Bajo (1088) y Barrancas (898), las dos primeras localizadas dentro del valle y las dos últimas en el lomerío. De manera que no

solo el río influye en la distribución de la población sino también los suelos fértiles donde se puede desarrollar la agricultura.

Por otro lado, otro factor demográfico importante es el alto índice de migración, situación que ha estado presente en todos los poblados de esta área, excepto en El Chepinque y La Y Griega, debido a que son de reciente formación (2000-2010), que por su ubicación más que ser nuevos poblados, en realidad se les puede considerar como colonias de la mancha urbana.

La migración ha sido un suceso constante desde hace más de 40 años, sin embargo, fue hasta 1995 un año posterior a la devaluación de 1994 cuando se incrementó de manera inusual, reflejando tasas de crecimiento poblacional negativas durante un periodo de 15 años, siendo la más alta la del periodo 2000-2005 donde hubo una pérdida de 529 habitantes (Figura 19). Los pueblos con mayor TCP negativa en ese periodo fueron San Antonio Álamo (4.57%), La Muralla (6.51%), El Castro (4.76%) y La Cementera, esta última pasó de tener 28 habitantes en 1990 a cero en 2005.

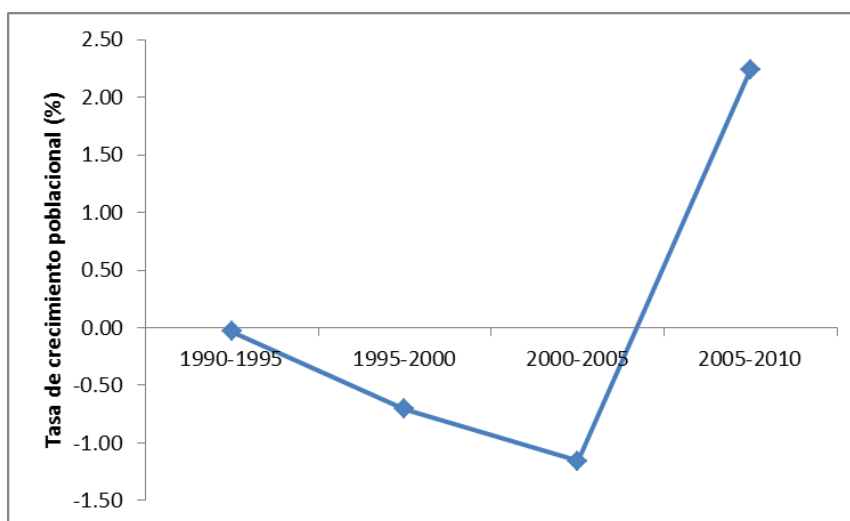


Figura 19 Tasas de crecimiento poblacional en el área de intervención, en Saín Alto, durante el periodo 1990-2010. Elaboración propia a partir de datos de INEGI.

Hoy en día la situación es totalmente inversa, como se mencionó anteriormente durante el último censo de población y vivienda (2010), el número de habitantes se recuperó considerablemente y tan solo tres poblados (El Castro, Huajotita y San Rafael) presentaron un descenso en su población, situación que no afectó el crecimiento en la zona que ascendió a una TCP de 2.2%, la cual se encuentra por encima de la nacional (1.4%) y que en número representa un crecimiento de 1035 habitantes; sin embargo, tomando en consideración las cifras que se vienen presentando en censos anteriores, esta alta TCP es atípica y solo es comparable a la que se dio en el periodo 1980-

1990 (2.7%), sin embargo esta última se dio en un periodo de 10 años y a nivel municipio, de manera que la TCP actual para el área de intervención se atribuye principalmente al regreso de migrantes de Estados Unidos. En este sentido, para tratar de establecer el crecimiento “real”, en lugar de sacar la TCP del periodo 2005-2010, podemos obtenerla a partir del incremento en la población desde 1990 que fue cuando comenzó la migración, es decir, tomar en cuenta como crecimiento poblacional solo a la diferencia de habitantes entre 1990 y 2010; entonces se obtiene que la TCP es de 1.5%, una cifra mucho más cercana al promedio nacional y que puede ser la tasa de crecimiento más precisa, lo que significaría que el 0.6% restante corresponde a la población migrante que regresó. Por otro lado, aún esta cifra es elevada e incluso supera a la TCP estatal (0.9%), por lo que otra opción sería considerar que el crecimiento fuese a la inversa, es decir 0.6%, de esta manera la tasa sería mucho más cercana al último crecimiento que registró el municipio durante el periodo 1990-1995 (0.7%) e incluso el porcentaje de migrantes que regresaron en el área de intervención, sería muy cercano, al porcentaje que se fue en el periodo 2000-2005 (Tabla 22).

Tabla 22 Tasas de crecimiento poblacional en el área de intervención, Saín Alto. Elaboración propia a partir de los censos de población y vivienda de INEGI en el periodo 1990-2010.

Año	1990	1995	2000	2005	2010
Población	9724	9709	9371	8842	9877
TCP	-	-0.03	-0.7	-1.2	2.2
Diferencia de habitantes entre censos		-15	-338	-529	1035

Por último, es importante mencionar que la población municipal de Saín Alto, no ha crecido desde hace 15 años a causa de la migración, ya que incluso ahora el número de habitantes sigue siendo menor al de 1995.

Con respecto a la economía de esta zona (área de intervención), se tiene una PEA de 3141 habitantes que representan el 31.8% de la población en área de intervención, de los cuales el 25% son hombres y el 6.8% mujeres. Los poblados con mayor PEA con base en su población residente son La Y Griega (48.1%), El Castro (37.5%), Miguel Hidalgo (35.5%), Saín Alto (34.8%), Atotonilco (31.8%), San Antonio del Álamo (31.5%) y Barrancas (30.5%), el resto se encuentra por debajo del 30%. Es decir que, en todos los poblados más de la mitad de los habitantes son jubilados, estudiantes, se dedican al hogar o tienen alguna discapacidad que les impide laborar. También es

importante señalar que la PEA englobada dentro del área de intervención, representa un 48% de la PEA total municipal, destacando así la importancia de esta zona.

Además la importancia del área de intervención no solo es socioeconómica, si no también ecológica, pues es ahí donde se encontró la mayor biodiversidad asociada al río; tanto la flora (plantas acuáticas y riparias) como la fauna (peces, anfibios, reptiles e insectos) muestran un aumento en su diversidad en esta zona de la cuenca (Figura 20). La causa principal a la que se atribuye esto es debido a que en el área entre Miguel Hidalgo y Saín Alto, el valle alcanza su punto más bajo, la profundidad del nivel estático del agua a la superficie disminuye y la corriente subterránea se encuentra con la meseta, constituida principalmente por roca de tipo ígnea extrusiva de baja porosidad, dando lugar a una gran cantidad de afloramientos de agua en esta zona y la descarga del líquido se incrementan. El aporte de agua de los manantiales, permite al ecosistema mantener condiciones estables, una oxigenación y renovación constante del agua que favorece la diversidad de organismos acuáticos sean peces, plantas, insectos e invertebrados acuáticos y todos quienes dependen directamente de este recurso para sobrevivir.

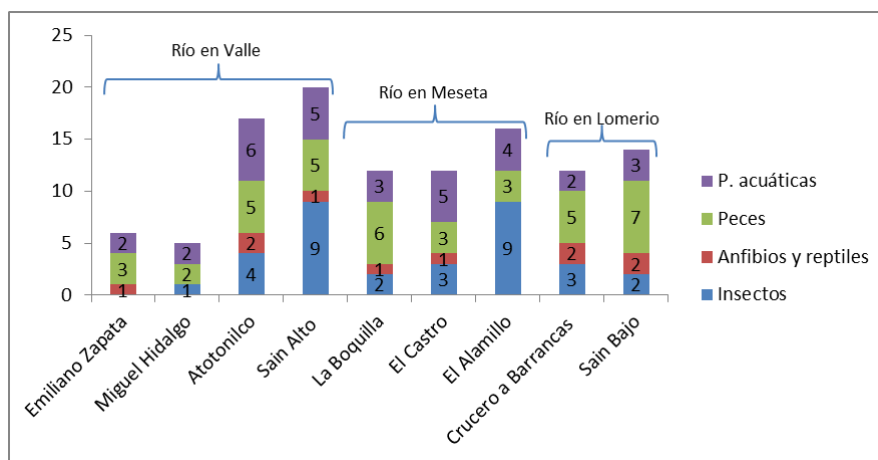


Figura 20 Distribución de la biodiversidad del Río Saín Alto, en el área de intervención por localidad y UA. El número de plantas acuáticas, peces, anfibios y reptiles se presentan a nivel de especie, mientras que los insectos a nivel de familia.

Así mismo, el aumento y estado de conservación de la vegetación riparia en esta zona, juega un papel importante en el aumento de la diversidad acuática. La gran cantidad de desechos maderables y hojarasca que cae al agua, significa un aporte importante y fundamental de materia orgánica que favorece la reproducción y hábitat de insectos, por lo tanto, esto explica el alto número de estos organismos en las localidades de Saín Alto y El Alamillo, ya que éstas conservan una franja de cobertura vegetal riparia. En este contexto, la alta diversidad de insectos significa un aporte constante de alimento para los peces, que a la vez son el alimento de otros peces, reptiles,

anfibios, mamíferos y aves, que también son o fueron consumidos por gente de la región, que con conciencia plena de los atributos y beneficios del río, decidieron establecer sus comunidades sobre o a los márgenes de las principales corrientes de agua.

Por último, de acuerdo con la distribución de la biodiversidad a través del río, las características morfológicas y el gradiente de altura, es posible distinguir tres zonas del río, a las que podemos nombrar como cuenca alta (>2100 msnm), que comprende desde Luis Moya hasta el Varal, cuenca media (\leq 2100 msnm) del Varal hasta El Castro y cuenca baja (<2000 msnm) desde El Alamillo hasta la junta con el Río Trujillo.

Diagnóstico integrado

- Valoración Global del Río

Basado en la valoración de los atributos contribución, rareza, calidad y carisma (herramienta) del Río Saín Alto, se obtuvo un valor promedio alto como sitio de conservación. Ambos atributos de contribución y carisma obtuvieron un valor muy alto, mientras que otros atributos como la rareza y la calidad presentaron valores altos. La contribución del río es muy alta debido a que existe un sector de la poblacional que depende de él para pescar, regar sus cultivos y dar agua a sus animales. Así mismo este río es muy importante, ya que la unión de éste con el Río Trujillo da origen al Río Aguanaval, al cual aporta un 52% del flujo total de agua (INEGI, 2010a; CNA, 2003), que se utiliza para regar aproximadamente 2,225 ha de cultivo en el municipio contiguo de Río Grande (Ing. Cruz González com. pers.).

En cuanto a su rareza, el nivel es alto, ya que alberga gran cantidad de organismos vivos, dentro de las cuales destacan aquellas que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo algún estatus de conservación, como las especies ícticas *Gila conspersa*, *Catostomus nebuliferus* y *Etheostoma pottsii*, que aparecen amenazadas (A), la última de éstas solo es encontrada en este río de Zacatecas; otras como la tortuga *Kinosternon integrum* y el anfibio *Lithobates montezumae* se encuentran sujetas a protección especial (Pr); también alberga gran cantidad de aves de las cuales *Accipiter cooperii*, *Parabuteo unicinctus*, *Accipiter striatuss* y *Parula pitiayumi* se encuentran en protección especial, y *Anas platyrhynchos diazi* como amenazada.

La calidad del sistema se consideró alta, ya que las condiciones actuales del Río Saín Alto, se mantienen en un buen estado en comparación con otros de la región, los impactos están localizados y son reversibles.

Finalmente, el valor como herramienta y/o carisma es muy alto debido a su alta aptitud como sitio de recreación, esparcimiento y turismo alternativo, ya que existen gran cantidad de atractivos naturales como aguas termales, paisajes y sitios inalterados propicios para acampar; sin dejar de lado su utilidad como herramienta, ya que es utilizado por los pobladores para diversas actividades principalmente agrícolas, así como también, gracias a su biodiversidad es un buen lugar para realización de prácticas e investigaciones académicas.

Identificación de problemas y sus causas (presión)

La identificación de problemas y causas (Tabla 23) se realizó con base en la evidencia de campo, percepciones de la gente³ e información bibliográfica. Aunque el análisis se centró básicamente en el objeto de conservación que es el río, se incluyen todas las UA con la finalidad de advertir sobre el problema de la disminución de la cobertura vegetal y nivel del manto freático, los cuales son dos factores de suma importancia en la conservación del río. En este entendido, se reconoce de antemano que problemas como la disminución de la cobertura vegetal y contaminación se obvian en unidades con presencia y/o desarrollo de actividades humanas.

Se identificaron un total de ocho problemas dentro del área de intervención, de los cuales la disminución de la cobertura vegetal, fragmentación y pérdida de hábitat en el río son cartografiables y perceptibles en terreno, el resto solo son perceptibles en campo. Por otro lado, 16 son las causas que originan los problemas (Tabla 23), las cuales por su ubicación espacial y origen 12 son internas antropogénicas, dos externas naturales, una externa antropogénica y una más que puede ser tanto externa como interna antropogénica, cual es el caso de la construcción de puentes y caminos sobre o en los márgenes del río (Anexo 3, tablas de problemas y sus causas).

³ Comentarios expresados por habitantes del municipio durante pláticas informales, el pilotaje de una encuesta y comunicación directa por medios electrónicos con diferentes actores.

Tabla 23 Problemas y sus causas identificadas en el área de estudio, Saín Alto.

Tipo de Impacto	Problemas / Causas	Unidades Ambientales											UP	UC			
		LA	LU	LVN	MA	MU	MVN	VA	VU	VVN	RL	RM			RV		
Cartografiable y perceptible en terreno	Disminución de la cobertura vegetal nativa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12	
	Pastoreo de ganadería extensiva	•				•	•	•		•	•	•	•	•	•	8	
	Expansión de los poblados		•		•	•		•	•				•	•	•	7	
	Agricultura	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	12	
	Fragmentación y pérdida de hábitat en el río											*	*	*		3	
	Construcción de bordos y canales de riego											•	•	•		3	
	Construcción de puentes y caminos sobre o en los márgenes del río														•	1	
	Extracción de arena y/o piedra														•	1	
	Sedimentación											•	•	•		3	
	Perdida de cobertura vegetal en los bancos											•	•	•		2	
Descargas de aguas residuales urbanas											•	•	•		3		
Perceptibles en el terreno	Contaminación			*		*		*		*	*		*	*	*	9	
	Descargas de aguas residuales urbanas												•	•	•	3	
	Lavado de coches sobre el río														•	1	
	Disposición inadecuada de contenedores de herbicidas					•			•						•	2	
	Disposición inadecuada de desechos sólidos		•			•	•		•	•			•	•	•	8	
	Disminución del nivel freático y río								*	*	*				*	4	
	Sobreexplotación por pozos de riego y urbanos								•	•						2	
	Construcción de bordos y canales de riego														•	1	
	Extracción de agua del río por bombeo o pipas														•	1	
	Temporadas de estiaje y sequías								•	•	•				•	4	
	Modificación del cauce e hidrodinámica del río											*	*	*		3	
	Avenidas del río por lluvias torrenciales y eventos naturales												•			1	
	Construcción de puentes y caminos sobre o en los márgenes del río														•	1	
	Construcción de bordos y canales de riego												•	•	•	3	
	Extracción de arena y/o piedra														•	1	
	Peces exóticos												*	*	*	3	
	Manejo incompatible de especies												•	•	•	3	
	Eutroficación												*	*	*	3	
	Construcción de bordos y canales de riego														•	1	
	Descargas de aguas residuales urbanas												•	•	•	3	
	Pastoreo de ganadería extensiva												•	•	•	3	
	Erosión de los bancos del río												*	*	*	3	
	Pastoreo de ganadería extensiva												•	•	•	3	
	Construcción de puentes y caminos sobre o en los márgenes del río												•		•	2	
	Expansión de los poblados												•	•	•	3	
	Agricultura												•	•	•	3	
	Total de problemas por unidad		1	2	1	2	2	2	3	3	2	7	7	8			
Total de causas por unidad		2	3	1	3	4	3	7	5	3	11	10	15				

Con base en el número de UA que afectan, los problemas más extendidos en el área son la disminución de cobertura vegetal (12), debido a la agricultura y áreas rurales que se encuentran en todo el paisaje; la contaminación (9), principalmente ligado a la presencia humana y áreas de desarrollo de actividades; y la disminución del nivel del manto freático y río (4), el cual se limita a las UA del valle debido a la falta de evidencias de campo y disponibilidad de datos, sin embargo no se descarta sea un problema generalizado en toda la zona. El resto se limitan a las unidades RL, RM y RV.

El problema con mayor número de causas fue la pérdida y fragmentación de hábitat con un total de siete, mientras que el de menor número fue el de especies exóticas con una causa. Las causas que influyen dentro de un mayor número de problemas son las descargas de aguas residuales y la construcción de bordos y canales de riego.

Evaluación y Descripción de los problemas

Debido a que en el presente estudio no se pudieron llevar a cabo reuniones con la población de Saín Alto o con expertos en la materia como lo sugiere el método, la ponderación de problemas y sus causas (Anexo 3, Tabla de ponderación de problemas y causas) se hizo tomando en cuenta los resultados de la caracterización previa del sitio y entorno. Los resultados (Tabla 24) reflejan una interrelación entre problemas, la cual se puede describir a manera de una red causal, en el sentido de que algunos problemas pueden resultar en causas y/o efectos de otros, por lo tanto se forma una red de problemas que puede llegar a ser tan compleja como el número de procesos, especies y actividades estén involucradas dentro del sistema (Fischer, 1999).

Tabla 24 Resultados de la evaluación de los problemas y sus causas.

Problema	Puntos	Prioridad de atención
Disminución del nivel del manto freático	85.5	Muy Alta
Disminución de la cobertura vegetal	56.3	Alta
Fragmentación y pérdida de hábitat en el río	46.3	Media
Erosión de los bancos del río	42.8	Media
Contaminación	42	Media
Modificación del cauce e hidrodinámica del río	37.5	Media
Peces exóticos	13.5	Baja
Eutrofización	13.5	Baja

Escala de valoración: 0-25 bajo, 26-50 medio, 51-75 alto y 76-100 muy alto

La figura 21, muestra un ejemplo de la red causal, en ella se aprecia el problema central o efecto que es la degradación del río, cuyas causas son los problemas o subproblemas identificados por orden de importancia, que a su vez pueden estar interrelacionados, además de tener su propias causas. En este sentido, **la disminución del nivel freático y río** es el de mayor importancia por la muy alta severidad del problema, debido a que es propiamente el pilar principal del sistema. Una disminución del manto freático implica un descenso en las descargas naturales que alimentan el río y por consiguiente un descenso en el nivel del mismo (Price, 2003; Toledo, 2006) que en el caso más grave puede desecarse y con ello morir toda la biodiversidad asociada al mismo.

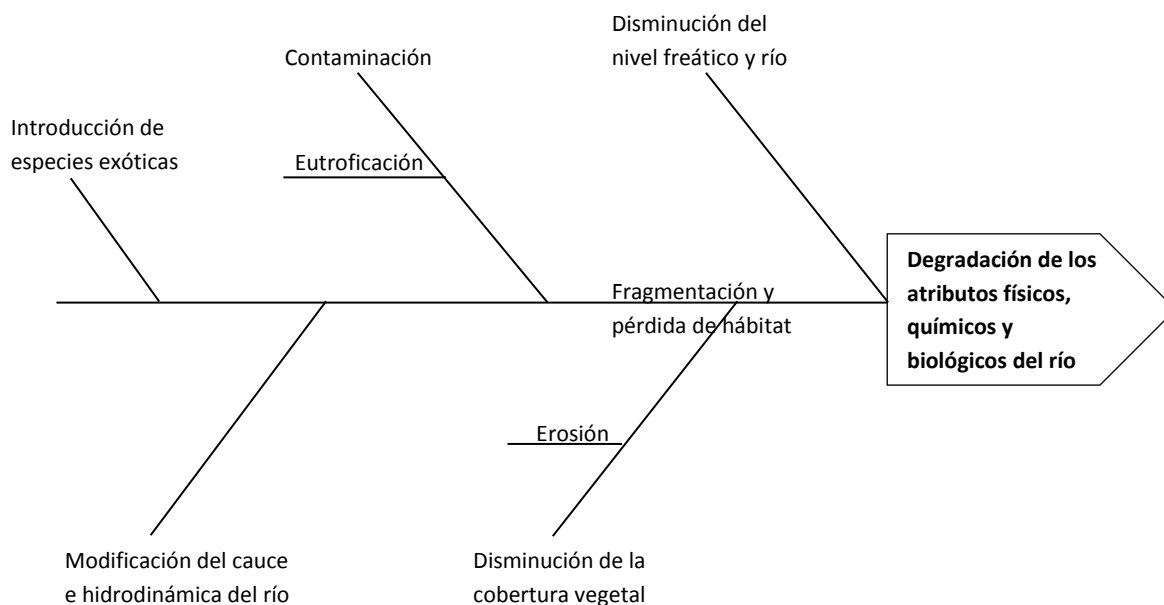


Figura 21 Diagrama de red causa-efecto. La figura muestra como de los diferentes problemas, algunos son causa y efecto de otros. En este sentido, la solución de los problemas en los extremos tendrá un efecto indirecto positivo en el resto y viceversa.

Con base en el último estudio realizado en el acuífero (CNA, 2009a), se presenta un abatimiento en su nivel piezométrico de 6.17 m y se declara sobreexplotado; sin embargo, el estudio también menciona que el monitoreo solo pudo realizarse en el valle, por lo que se tomó como un problema restringido a esa zona, por lo tanto su alcance es alto. Cabe destacar que incluso los habitantes de esa zona señalaron “*anteriormente los niveles del río eran mayores, ahora casi se seca durante la época de sequía, por lo que algunos habitantes hacen bordos que tapan el curso del agua, lo que ocasiona disgusto con otros a quienes no les llega agua más abajo*”⁴. Por otro lado, no se descarta que este problema sea generalizado en todo el acuífero.

La principal causa de la disminución del nivel freático y río, es la sobreexplotación por extracción de agua en pozos eléctricos destinados al uso agrícola, los cuales como se mencionó consumen el 90.58% del agua extraída y representa el mayor número. Por el contrario, los pozos de uso público-urbano son los segundos más numerosos y son en su mayoría de tipo manual, lo cual indica que son pozos de uso principalmente doméstico.

⁴ Pilotaje de encuesta a los habitantes del área urbana quienes viven en las inmediaciones del río.

Por otro lado, la **pérdida de cobertura vegetal** es un problema muy relacionado al anterior, cuya extensión alcanza el 31.7% del área de intervención y 27.1% del área de la sub-cuenca, que corresponde propiamente a la superficie transformada por la agricultura y urbanización, que se consideró como un alcance medio. Este problema al igual que el anterior tiene una severidad alta, debido a la gran cantidad de consecuencias como la compactación de suelo, erosión, disminución en el aporte de materia orgánica, menor capacidad de retención de la humedad, disminución de la infiltración de agua al subsuelo y acuífero y, por consiguiente una pérdida en las recargas del manto freático y río (FISRWG, 1998). La unidad con mayor pérdida de cobertura vegetal, es el valle.

La **fragmentación y pérdida de hábitat** es el tercer problema más importante y se muestra en la parte central de la espina del diagrama debido a que es igualmente tanto una consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal, contaminación y modificación del cauce e hidrodinámica del río como una causa de la degradación del mismo. La pérdida de vegetación en los bancos del río supone una pérdida de hábitat de peces, anfibios, reptiles e insectos; los cambios en la fisicoquímica del agua como las toxinas resultado de la contaminación por descargas, son igualmente barreras para las especies cuyos intervalos de tolerancia a esa clase de factores son reducidos o nulos; las modificaciones al cauce ocasionadas principalmente por la construcción de infraestructura hidráulica son uno de los mayores obstáculos en la dispersión y migración de organismos acuáticos a través del río (FISRWG, 1998), especialmente en época de seca, cuando se pierde totalmente la conectividad del río por estas obras. Con base en lo anterior se considera que su severidad es alta.

Aunado a esto, se encuentra otra causa importante que es la extracción de arena y piedra, la cual según comentarios de algunos pobladores no parece tener un control adecuado, pues comentan *“los areneros vienen y hacen negocio con el río sin pedirle permiso a nadie, algunos propietarios [en referencia a quienes tienen tierras junto al río] les cobran por sacar la arena, sin embargo hay algunos que no reciben ni para el refresco”*⁵. La importancia de esta causa radica en que tanto la arena como las gravas y cantos rodados del río, forman parte del hábitat de los peces, muchos de los cuales lo usan principalmente en su etapa reproductiva para depositar sus huevos, por lo que la extracción de este recurso es una causa de la pérdida de hábitat para peces. Este problema es el

⁵ Comentario durante una conversación informal con habitantes del poblado de Miguel Hidalgo.

de mayor número de causas y se encuentra en diferentes puntos a lo largo del área de intervención, aunque de manera puntual; por lo que se consideró con un alcance medio.

La **erosión** por otro lado, es el principal producto de la pérdida de cobertura vegetal por agricultura y la ganadería extensiva. Su severidad es alta pues representa un grave problema debido al arrastre de sedimentos y lixiviados a las corrientes de agua, pérdida de nutrientes del suelo, reducción del canal y aumento en la profundidad del río en zonas de altas corrientes y azolvamiento en las zonas de baja corriente, tal y como se mostró anteriormente en la sección de morfología del río (página 48). Esto causa que en la época de lluvias, especialmente en las grandes avenidas del río, el tamaño del canal sea insuficiente con respecto al volumen de agua, ocasionando el desbordamiento del río, inundaciones y en casos extremos, incluso se pueden llegar a perder grandes extensiones de terreno desprovistas de vegetación, por la erosión a causa de las fuertes corrientes de agua, que en el peor de los escenarios puede llegar a costar incluso vidas humanas.

En el área de estudio, en la UP de Iomerío donde se encuentran las localidades de Huajota y Saín Bajo, el cauce del río se ha “comido” ya algunas parcelas a orillas de éste (Anexo 4, Fotos 5 y 6) e incluso se tiene conocimiento de que anteriormente en Saín Bajo se encontraba la cabecera municipal, sin embargo, a causa de un evento extremo el río se llevó parte del pueblo (Miguel Moctezuma com. pers.), obligando a cambiarla al poblado de Saín Alto. Pero la pérdida del suelo no solo es física, si no también legal para quienes tienen tierras a orillas del río, ya que de acuerdo a lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales (LAN), tanto el cauce del río como las zonas contiguas a diez metros del mismo son propiedad federal, en este sentido, la LAN en su artículo 114 señala que *“Cuando por causas naturales ocurra un cambio definitivo en el curso de una corriente propiedad de la Nación, ésta adquirirá por ese solo hecho la propiedad del nuevo cauce y de su zona federal”*; es decir que aquellas áreas en las cuales el río ensanche su cauce, el área federal se extenderá igual, por lo tanto a todo propietario de tierras a orillas del río le conviene mantener un área buffer lo suficientemente grande para evitar la erosión, o toda vez que el cauce del río se haga más grande, el área federal crecerá y las personas perderán sus tierras. Dado que el problema se da principalmente en las zonas rurales y agrícolas, su alcance se consideró como medio. Los puntos de mayor afectación por este problema dentro del AI además de los anteriores son Emiliano Zapata, El Castro y el Alamillo.

La **contaminación** del agua es sin duda uno de los problemas que más preocupa a la población. La principal causa de este son las descargas de aguas residuales municipales, las cuales se encuentran desde prácticamente sus inicios y en diferentes puntos a lo largo del cauce, por lo que en términos generales todo el río se encuentra contaminado. La más grande de las descargas es la de la cabecera municipal, donde habita la mayor población no solo del área de intervención, si no del área de estudio, y no existe planta de tratamiento. Este problema despierta cierta inseguridad y disgusto entre algunos pobladores, quienes por temor a contraer enfermedades ya no utilizan el río para pescar o como área de esparcimiento. Al respecto, algunas personas comentaron: *“Ya casi no pesco porque aquí cerca está la descarga. El otro día no recuerdo cuando, preparamos un caldo con los peces chiquitos porque esos están muy buenos pal caldo [refiriéndose a los peces nativos] pero cuando lo probamos sabía mucho el agua como a cloro y mejor lo tiramos”*⁶; uno más expresó *“la descarga principal es la de La Boquilla en la cabecera municipal, es justo ese lugar un espacio de esparcimiento que se ha perdido”*⁷.

La descarga de La Boquilla ha alcanzado un grado en el que ya comienza a afectar un área considerable del río, ejemplo de esto son las altas concentraciones de nitrito (NO₂) y amoníaco (NH₃), en la localidad de El Castro. Estos compuestos fueron encontrados a concentraciones mayores a las establecidas para un agua de calidad (De La Lanza, 2002; LFDMA). La razón de esto parece deberse a la nitrificación, un proceso por el cual el amoníaco (NH₃) y amonio (NH₄), se transforman en NO₂ y NO₃ mediante una reacción de oxidación (De Miguel-Fernández y Vázquez-Taset, 2006) como la que se observa en la siguiente figura:

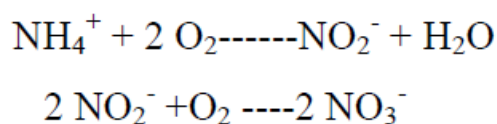


Figura 22 Reacción de nitrificación. Tomado de De Miguel-Fernández y Vázquez-Taset (2006).

Esta hipótesis cobra sentido cuando se comparan las concentraciones de NH₃ y NO₂ en las localidades de La Boquilla y en El Castro (Tabla 25); la variación en las concentraciones de ambos compuestos parece indicar que efectivamente está ocurriendo una reacción de nitrificación en el tramo comprendido entre ambas localidades, por lo que es de suma importancia que se trate cuanto antes el tema de construir una planta de tratamiento para esa descarga.

⁶ Comentario durante una conversación informal con un habitante del poblado El Castro.

⁷ Comentario expresado vía electrónica por un docente investigador de la UAZ, originario de Saín Alto, Zacatecas.

Tabla 25 Concentraciones de amoníaco y nitrito en dos localidades del río Saín Alto (sobre y después de la descarga).

Localidad/Compuesto	NH ₃ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)
LFDMA	0.06*	0.05*
La Boquilla (descarga)	21.26	<0.01
El Castro	1.72	0.20

*El valor corresponde a la concentración de amoníaco y nitritos considerados de calidad suficiente para el cuidado de la vida acuática y uso público urbano, respectivamente.

Las concentraciones actuales de ambos compuestos no son tan altas como para causar daños a la salud de manera inmediata. Por otro lado, la exposición o consumo continuo de ellos puede traer problemas a la salud (Ruiz-Perdomo et al., 2010; Fernández-Hernándo, 2009)

Los altos valores de DBO y DQO, son el principal referente de las aguas contaminadas por un alto contenido de materia orgánica en las zonas de descarga (Anexo 2, tabla de resultados de calidad el agua). De acuerdo con la escala de clasificación de la calidad del agua establecidas por la CNA para ambos parámetros, las aguas residuales varían de contaminadas a fuertemente contaminadas. Una de las principales consecuencias que puede traer consigo este factor, es la anoxia en agua y por consiguiente una alta mortalidad de organismos acuáticos (Abarca, 2007), por lo que su severidad y alcance se consideró alta y media respectivamente. Los puntos de mayor contaminación por descarga en el AI son: Puente Atotonilco, La Boquilla, El Castro y el Arroyo Barrancas.

La modificación del cauce e hidrodinámica del río

Este es un problema de consecuencias principalmente ecológicas e hídricas, debido entre otras cosas a que son los organismos acuáticos como los peces, quienes primero se ven afectados por las consecuencias que traen consigo este tipo de problemas como por ejemplo la disminución del caudal, la fragmentación y pérdida de su hábitat (FISRWG, 1998).

Este problema se debe en su mayoría a los bordos y canales sobre el río que son construidos con fines de riego; y es precisamente debido al uso que se le da a este tipo de infraestructura, la razón por la cual la mayoría de la gente no lo percibe como un problema o al menos no hasta ahora, pues como se mencionó anteriormente, actualmente la escases de agua ha llevado a algunos pobladores a hacer bordos artificiales o inclusive excavaciones sobre el río para almacenar agua y poder aprovecharla, sin embargo, esto provoca una disminución en el caudal que afecta a otras personas río abajo, quienes también utilizan el agua para sus propios fines y se ven limitados en la

disponibilidad de este recurso. Por lo tanto, las dimensiones de este problema ya no solo son ecológicas, sino que también comienzan a ser sociales y se irán agravando conforme el agua se vuelva más y más escasa con el tiempo. Por lo anterior, se considera que la severidad del problema es alta y como sus causas son principalmente puntuales, el alcance es medio.

Los puntos en donde más se percibe este problema son: Miguel Hidalgo, Emiliano Zapata, Puente Atotonilco, Saín Alto, El Castro y el arroyo en el Crucero a Barrancas.

Peces exóticos

La presencia de peces exóticos es un problema de severidad alta en el AI por ser un factor de competencia, depredación, transmisión de enfermedades y parasitismo para con las especies nativas (FISRWG, 1998; Contreras, 2003; Mendoza-Alfaro et al., 2011). El manejo incompatible e introducción de estas especies es una consecuencia de la falta de conocimiento de quienes introducen a estos organismos, de las consecuencias que traen consigo para las especies nativas. De las seis especies de peces introducidas en el río, todas son tanto omnívoras como carnívoras, y al menos cinco de ellas (*Lepomis cyanellus*, *L. macrochirus*, *Micropterus salmoides*, *Tilapia* sp. y *Cyprinus carpio*) se alimentan o llegan a alimentarse durante alguna etapa de su vida de otros peces, lo que puede significar una disminución en las poblaciones nativas.

La presencia de estos ejemplares se encuentra limitada a la zona de valle y lomerío, este comportamiento aparentemente se debe a factores como la altura, temperatura y la profundidad del río; este último es uno de los más importantes ya que al ser organismos de mayor talla (excepto *G. affinis*), requieren de aguas profundas como las que les ofrecen las presas y bordos (Havel et al., 2005). Este comportamiento es evidente a partir del Arroyo Barrancas, en cuyo cauce se encuentra la presa Cantúna, y es a partir de ahí que aumenta la diversidad de exóticos; por el contrario, río arriba su presencia disminuye y su distribución se ve limitado con la ausencia de este tipo de infraestructura. Esto es importante dado que no solo demuestra lo poco productivo que resulta el río para las especies exóticas, las cuales en ausencia de reservorios artificiales seguramente no sobrevivirían, sino también porque resulta un importante factor en la conservación del río y su biodiversidad. Es por esta razón que se consideró que este problema tiene un alcance medio.

Por otro lado, muchos de los peces recolectados presentaban un tipo de parásito conocido comúnmente como anclas (*Lernaea* sp.) (Anexo 4, Foto 14), de las cuales son portadoras principalmente las carpas comunes (*Cyprinus carpio*) (Raúl Pineda com. pers.). Este parásito se adhiere a la piel, branquias y aletas de los peces mediante su boca, usando ganchos con lo cual se piensa se alimentan de la sangre de los peces y esto a menudo provoca graves lesiones al pez, causando hemorragias, bajo crecimiento y muerte prematura (Verril 1869; Flores-Crespo y Flores-Crespo, 2003).

La **eutroficación** es el menor de los problemas, ya que este proceso se da como principal resultado de otros como la contaminación por descargas de aguas residuales, la ganadería extensiva y la modificación del cauce por construcción de bordos y canales de riego. Por consiguiente, su solución se encuentra en la consecuente remediación de los problemas de mayor prioridad. En este sentido, es importante recordar la importancia de ver a los diferentes problemas como una red causal que no necesariamente implica una solución lineal de los problemas, sino una solución integrada y retroalimentativa entre todos ellos (Gómez-Orea, 2004a).

Identificación de Actores

Con base en la influencia que actualmente ejercen o pueden llegar a ejercer con respecto al área de estudio y objeto de conservación se identificaron un total seis tipos de actores en cuatro diferentes niveles, que suman un total de 31 actores.

A nivel local o municipal, los más importantes son las autoridades o funcionarios públicos, es decir el presidente municipal y su gabinete, así como los habitantes quienes son propietarios de tierras y conforman las diferentes clases sociales; el otro actor involucrado a este nivel sería la SAGARPA, institución gubernamental que cuenta con un módulo en la localidad.

En el regional, los organismos de gobierno son los mejor representados y quienes mayores posibilidades tienen de incidir en la problemática; el sector académico también se encuentra representado a este nivel por diferentes instituciones educativas que realizan o han realizado en algún momento trabajos en la región. La asociación civil Brazos del Aguanaval también se encuentra dentro de los actores con mayores posibilidades de influir en este nivel.

A nivel nacional, los funcionarios públicos se encuentran representados por un diputado y dos funcionarios del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; nuevamente los organismos de

gobierno son los de mayor número de representantes, mientras que las organizaciones de conservacionistas también cuentan con dos actores con posibilidades de influir.

Por último a nivel internacional se encuentran dos organizaciones con experiencia en el apoyo a proyectos relacionados a la conservación de cuerpos de agua en países latinoamericanos, uno de ellos es la Unión Europea (UE) a través de proyectos como SERELAREFA y la otra es una organización conservacionista Lake Simcoe, ambas con posibilidades de influir de manera económica como técnica (Tabla 26).

Tabla 26 Actores identificados. Los actores aquí listados fueron seleccionados por su capacidad de influir en acciones para el río Saín Alto.

Tipos de actores/Nivel de Influencia	Local (municipal)	Regional	Nacional	Internacional
Actores Bien Organizados				
Funcionarios públicos	Alcalde, Saín Alto.	Alcalde Río Grande	Diputados Federales	
	Director de obras públicas	Director, CNA	Director General, IMTA	
	Director de desarrollo social	Coordinador área técnica, CNA	Subcoordinador de Hidrología y Mecánica de Ríos, IMTA	
	Director de Catastro	Jefa Dpto. Calidad del agua, CNA Subdirectora del consejo de cuenca, GS y EA. CNA Personal del departamento de Aguas subterráneas, CNA.		
Agencias de gobierno	Municipio SAGARPA, Saín Alto	SAGARPA, Zac.	SAGARPA	
		CNA, Zac.	CNA	
		SEMARNAT, Zac.	SEMARNAT	
		CONAFOR, Zac.	IMTA	
		COZCYT CONABIO	CONABIO	
Instituciones de asistencia			CONABIO CONAFOR	SERELAREFA (UE)
Comunidad científica		Facultad de Agronomía, UAZ		
			Facultad de Biología, UMSNH	
		Facultad de Ciencias Biológicas UANL		
Organizaciones conservacionistas		Brazos del Aguanaval, A.C.	Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. A.C.	SERELAREFA (UE) Lake Simcoe Region, Conservation Authority
	Actores Menos Organizados			
Propietarios de tierras	Habitantes de Saín Alto Avecindados			

Propuesta de Manejo

La integración de los mapas de zonificación y aptitud agrícola dio como resultado la identificación y la subsecuente proposición de las unidades de manejo (UM) (Figura 23), así como los lineamientos acordes al uso actual y capacidad de uso de la tierra. Cada UM se encuentra conformada por una o varias UA según las características que comparten.

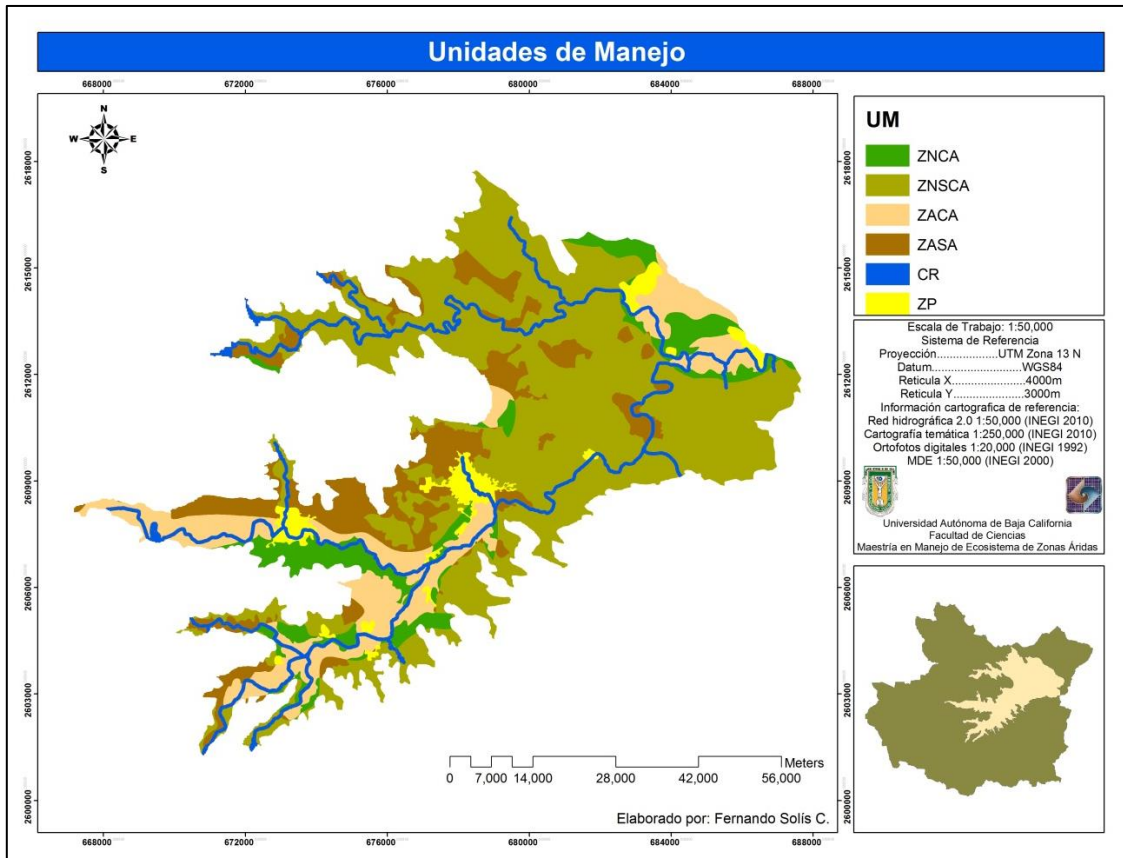


Figura 23 Mapa de Unidades de Manejo. En la imagen se muestran de manera gráfica las zonas naturales con capacidad de uso agrícola (ZNCA), Zonas naturales sin capacidad de uso agrícola (ZNSCA), zonas agrícolas con aptitud (ZACA), zonas agrícolas sin aptitud (ZASA), zonas de población (ZP) y corredor ripario (CR).

Zonas naturales con capacidad de uso agrícola

Son aquellas áreas sin transformación antropogénica que de acuerdo con las características del terreno tienen la mayor capacidad de uso para el desarrollo de agricultura.

Lineamiento: Impulsar el desarrollo agrícola tecnificado y acorde a las características del suelo.

Debido a la capacidad del terreno y a lo reducido de estas áreas, se debe aprovechar al máximo mediante el desarrollo de una agricultura tecnificada y moderna, si es que se decide usarse con

ese propósito. También debe ser una prioridad el cuidado del suelo y uso racional de fertilizantes, ya que se encuentran comprendidas en zonas de recarga del acuífero. Su cercanía al río hace atractivas a estas zonas para el desarrollo de actividades al aire libre como cabalgatas, senderismo, campismo, etc. Así mismo, el pago de servicios ambientales puede figurar como una opción.

Por ser las zonas de mayor potencial agropecuario se debe evitar la construcción de infraestructura de estas zonas.

Zonas naturales sin capacidad de uso agrícola

Son zonas naturales con poca o nula transformación que carecen de capacidad para el uso agrícola por el pobre desarrollo del suelo.

Lineamiento: Preservación y restauración de áreas naturales y desarrollo de alternativas de uso.

Se debe regular cualquier actividad productiva o extractiva que promueva la degradación de suelos, vegetación y el río en cualquiera de sus componentes. Debido a la pobre capacidad del suelo para agricultura, la incursión en actividades educativas, recreativas, científicas y de turismo alternativo pueden ser la mejor opción. Otra actividad que puede ser viable si se maneja correctamente puede ser la silvicultura. El pastoreo de ganado solo debe ser permitido bajo un estricto control de la carga animal debido a la fragilidad de los suelos que ahí prevalecen y la escasa vegetación. En todo caso es recomendable la ganadería intensiva bajo condiciones de riego y donde los suelos lo permitan. En estas zonas el pago de servicios ambientales debe estudiarse más a fondo, ya que no son áreas de recarga del acuífero, sin embargo, existen escurrimientos superficiales.

Zonas agrícolas con aptitud

Son los sitios destinados a la siembra de granos u otros, donde la aptitud agrícola del suelo es media o alta, por lo tanto el uso actual debe ser conservado e impulsado.

Lineamiento: Impulsar el desarrollo agrícola tecnificado.

En estas zonas se debe buscar la tecnificación de los sistemas de riego a fin de mejorar el rendimiento agrícola y disminuir el gasto de agua, así como también se debe promover la siembra de granos acorde con la aptitud del suelo y características climáticas, que permitan aprovechar al

máximo las propiedades y ventajas con que cuenta cada sitio y agricultor. Debe evitarse cualquier actividad que contravenga la actividad actual desarrollada.

Zonas agrícolas sin aptitud

Son sitios que por sus características la aptitud agrícola del terreno es baja o nula, por lo que su rendimiento es variable dependiendo de las condiciones de cultivo.

Lineamiento: Desarrollo de alternativas para la pérdida de suelos y mejorar el rendimiento agrícola, así como impulsar alternativas de uso acordes a la capacidad de la tierra.

Por sus características, los cultivos que cuenten con sistema de riego, pueden optar por usos alternos como los pastos inducidos para ganadería, que pueden tener buenos resultados en estos sitios bajo un correcto manejo. En parcelas que carezcan de un sistema de riego se deben promover sembradíos de bajo consumo de agua o usos alternos que mejoren su rendimiento. La silvicultura puede ser una buena opción dependiendo del tipo y profundidad del suelo. En casos donde las condiciones sean especialmente adversas la reforestación y considerar el pago por servicios ambientales pueden ser la mejor opción.

Corredor ripario

Es el área comprendida por el cauce del río y 50 m al margen de cada lado del mismo.

Lineamiento: Conservación de las áreas naturales y restauración de las afectadas por actividad antropogénica.

La finalidad de este corredor es la conservación y restauración de áreas naturales aledañas al río, ya que son sitios de recarga del acuífero esenciales para la preservación del río, su cauce y de la vida silvestre que habita o depende de él. Aquellos lugares donde el uso actual de suelo o características geomorfológicas no permitan establecer el área buffer, se deben respetar al menos diez metros a los márgenes del río o según se disponga del terreno, con el fin de evitar lo más posible los efectos erosivos. En estas unidades se puede hacer uso controlado de los recursos naturales, teniendo como primicia el mantener los atributos del sistema, tratando de evitar cualquier actividad que favorezca la impermeabilización del suelo y la evapotranspiración. Se permiten las actividades educativas, recreativas, científicas y de turismo alternativo.

Zonas de población

Estas zonas comprenden propiamente los asentamientos humanos actuales.

Lineamiento: Promover el desarrollo ordenado.

Se debe promover y fortalecer el crecimiento ordenado del área urbana y los pueblos con la finalidad de evitar desastres, tener una mejor calidad de vida y conservar los recursos naturales. Mejorar y cubrir al 100% los servicios de agua, luz, drenaje o fosa séptica (según sea el caso), infraestructura y vivienda, son metas que se deben alcanzar en estas zonas. Es importante tomar en cuenta las limitantes biofísicas (capacidad de uso del terreno y áreas naturales) y económicas que prevalecen en cada comunidad a fin de asegurar el bienestar social y la sustentabilidad.

Estrategias de Manejo Específicas

A continuación se plantean una serie de estrategias específicas para la solución de problemas y sus causas. Para cada una se describen una serie de objetivos que junto con las UM son necesarios para coadyuvar a un mejor desarrollo local sustentable.

Tabla 27 Estrategia para la problemática de disminución del nivel del manto freático y río.

Problema	Disminución del nivel del manto freático y río					UM donde aplica
Estrategia	Optimización del uso del agua		Línea estratégica: intervención o acción			
Objetivo general	Mejorar el aprovechamiento de agua en los diferentes sectores					
Proyecto/Acción	Objetivo específico	Metas	Responsable(s)	Instituciones involucradas	Plazo	
Revisión y actualización de la información del acuífero	Realizar monitoreos de nivel piezométrico	Base de datos actualizada con información sólida y confiable	CNA	CNA, IMTA	corto	Todas excepto CR.
	Revisar la base de datos sobre los aprovechamientos (pozos) dentro del acuífero y tipo de sistema de riego	Diagnóstico del estado actual del acuífero y sistemas de riego				N/A
Modernización de la infraestructura de riego e hidráulica	Gestionar recursos para la modernización y tecnificación de los sistemas de riego	Uso eficiente y disminución del volumen de agua utilizado en la agricultura	Habitantes, Municipio y CNA	CNA, SAGARPA	mediano	ZACA y ZASA
	Impulsar el uso de sistemas más eficientes de riego	Mantenimiento de un flujo constante de agua y el libre paso de la biodiversidad del río				
	Modificar los bordos sobre el río de manera que no se pierda la conectividad del mismo					CR
Establecer un comité técnico de aguas subterráneas (COTAS)	Involucrar a la población municipal en la toma de decisiones	Participación social con una población informada y tomada en cuenta en asuntos relacionados al acuífero	Habitantes, Municipio y CNA	CNA, Estado de Zacatecas y Municipio	corto	N/A
Establecer una comisión y/o comité de cuenca	Contar con un órgano de gestión de los recursos del río aun nivel municipal que permita atender los problemas y necesidades locales	Órgano descentralizado y participativo para el control del río y sus recursos naturales	Habitantes, Municipio y CNA	CNA, Estado de Zacatecas y Municipio	corto	N/A
	Regular el uso y extracción de recursos naturales del río					CR

Programa de capacitación para captación de agua de lluvia	Aprovechar este recurso en lugares donde escasea el agua	Uso del recurso agua de lluvia por la población	Habitantes, Municipio, CNA, IMTA, IEMAZ	SEMARNAT, CNA, IMTA y IEMAZ	corto	ZP
---	--	---	---	-----------------------------	-------	----

Tabla 28 Estrategia para la problemática de disminución de la cobertura vegetal.

Problema	Disminución de la cobertura vegetal					UM donde aplica
Estrategia	Reforestación		Línea estratégica: intervención o acción			
Objetivo general	Disminuir la superficie deforestada					
Proyecto/Acción	Objetivo específico	Metas	Responsable(s)	Instituciones involucradas	Plazo	
Recuperación de suelo desnudo	Identificar y reforestar puntos sin cobertura vegetal ni aprovechamiento productivo	Reforestación de las zonas con pérdida de vegetación y en parcelas abandonadas	Municipio, CONAFOR	SEMARNAT, IEMAZ	corto	Todas
	Evitar la erosión y pérdida de suelos					
Campaña de reforestación con participación social	Involucrar a la población e instituciones educativas a los programas de reforestación	Que la gente se apropie de las áreas verdes	Municipio, dirección de cultura, comunicación social, enlace educativo, desarrollo social y DIF municipal	IEMAZ, CONAFOR, SEMARNAT y COZCyT	corto	Todas
Monitoreo de las zonas reforestadas	Tener un control sobre las superficies forestadas	Seguimiento de las campañas de reforestación	Municipio, CONAFOR	SEMARNAT, IEMAZ, SAGARPA	mediano	
	Establecer tasas y porcentajes de supervivencia de árboles	Evidencia de éxito del programa				
	Identificar causas de mortalidad de árboles					
	Elaborar un reporte del programa					N/A
Establecer un área buffer sobre el río para la	Evitar la erosión y deformación del cauce del río	Conservación de un área de 10 a 50m de vegetación en los	Municipio, CNA	CONAFOR, SEMARNAT y	mediano	CR

conservación del ecosistema ripario		márgenes del río		IEMAZ		
	Prevenir inundaciones					ZP
	Conservar el hábitat de organismos acuáticos					CR.
	Regular las actividades extractivas y construcción de infraestructura					
Evitar la contaminación del agua						
Pago por servicios ambientales	Establecer una compensación económica a aquellas personas que decidan conservar áreas naturales a favor del río, especialmente a quienes poseen terrenos en zonas de recarga y quienes decidan acatar el área buffer.	Mayor participación social comprometida	Municipio, CNA y IEMAZ	CONAFOR, SEMARNAT	mediano	CR, ZNCA y ZNSCA

Tabla 29 Estrategia para la problemática de contaminación.

Problema:	Contaminación					UM donde aplica
Estrategia:	Gestión ambiental e infraestructura		Línea estratégica: gestión			
Objetivo general:	Promover el manejo adecuado de aguas residuales y residuos sólidos					
Proyecto/Acción	Objetivo específico	Metas	Responsable(s)	Instituciones involucradas	Plazo	
Construcción de plantas de tratamiento	Gestionar recursos para el financiamiento y construcción de las plantas	Tratamiento a todas las aguas residuales municipales	Dirección de agua potable y alcantarillado (Municipal), CNA	Municipio y CNA	corto	CR
	Designar el sitio más adecuado para la planta de tratamiento de agua con base en las características del sitio					
	Brindar capacitación sobre manejo de aguas residuales					N/A
Construcción de redes de drenaje por zonas	Identificar zonas de concentración poblacional	Aprovechamiento al 100% las plantas de tratamiento existentes y futuras	Dirección de agua potable y alcantarillado (Municipio), CNA	Municipio, CNA	Largo	ZP
	Conducir las aguas residuales de un grupo de pueblos hacia una misma planta de tratamiento	Cobertura al 100% del drenaje				N/A
	Eliminar las descargas al río o suelo					Todas
	Evitar la infiltración de contaminantes al acuífero					
Talleres de capacitación y educación ambiental en materia de residuos sólidos	Fomentar en la población el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos	Tener un municipio limpio con centros de población y áreas naturales libres de basura	Municipio, habitantes	IEMAZ, SEMARNAT, COZCYT	corto	ZP
	Evitar que se tire basura					
	Evitar que los residuos sólidos vayan a parar al drenaje y río					

Tabla 30 Estrategia para la problemática de modificación del cauce e hidrodinámica del río.

Problema	Modificación del cauce e hidrodinámica del río					UM en que aplica
Estrategia	Conservación de la conectividad y flujo de agua en el río		Línea estratégica: regulación y control			
Objetivo general	Sostener las funciones ecológicas del río					
Proyecto/Acción	Objetivo específico	Metas	Responsable	Instituciones involucradas	Plazo	
Establecer una comisión y/o comité de cuenca	Contar con un órgano de gestión de los recursos del río aun nivel municipal que permita atender los problemas y necesidades locales	Órgano descentralizado y participativo para el control del río y sus recursos naturales	Habitantes, Municipio y CNA	CNA, Estado de Zacatecas y Municipio	corto	CR
	Regular el uso y extracción de recursos naturales del río					
Restauración de espacios afectados derivados de la construcción de infraestructura sobre el río	Restablecer el cauce del río y zona riparia	Recuperación de los bancos erosionados o fragmentados y de los hábitats en el río	SCT, CNA	SEMARNAT, IEMAZ	corto	
Establecer un área buffer sobre el río para la conservación del ecosistema ripario	Evitar la erosión y deformación del cauce del río	Conservación de un área de 10 a 50m de vegetación en los márgenes del río	Municipio, CNA	CONAFOR, SEMARNAT y IEMAZ	mediano	
	Evitar la contaminación del agua					
	Conservar el hábitat de organismos acuáticos					
	Regular las actividades extractivas y construcción de infraestructura sobre el río					
	Prevenir inundaciones					Zonas de población

Tabla 31 Estrategia para la problemática de peces exóticos.

Problema	Peces exóticos					UM en que aplica
Estrategia	Reglamentación para la siembra de especies exóticas		Línea estratégica: regulación y control			
Objetivo general	Disminuir la competencia y depredación de especies nativas					
Proyecto/Acción	Objetivo específico	Metas	Responsable	Instituciones involucradas	Plazo	
Estudio sobre el consumo y aprovechamiento de especies forrajeras	Medir el costo-beneficio de la introducción de especies exóticas	Base de información que justifique la siembra de especies forrajeras	Gobierno municipal y estatal, SAGARPA.	UAZ, IEMAZ, COZCYT, SAGARPA y SEMARNAT	mediano	N/A
Reglamento interno de siembra de especies exóticas	Establecer normas que prohíban la introducción de especies exóticas en sistemas abiertos (ríos y arroyos)	Conservación de la biodiversidad nativa del río	Municipio, SEMARNAT, SAGARPA y IEMAZ.	Brazos del Aguanaval, UAZ, UANL, WWF.	mediano	N/A
Programa de cultivo de especies nativas para propósitos de repoblación y consumo local	Promover el aprovechamiento de las especies de peces nativas.	Disminución del consumo de especies exóticas e incrementar el consumo de las especies nativas	Gobierno municipal y estatal, SAGARPA.	Brazos del Aguanaval, SEMARNAT, WWF, UANL, UAZ.	mediano	CR

Discusión

Los resultados del presente trabajo intentan mostrar el significado de las diferentes piezas de la unidad funcional llamada cuenca, en donde existe una continua y desapercibida relación entre el componente social (humano) y el ecológico. Es a través del conocimiento de las múltiples relaciones dentro de un ecosistema que se pueden establecer estrategias para el aprovechamiento de sus atributos de una manera sustentable, así como para remediar daños causados por el uso no adecuado de los mismos.

Aunque el estudio de los diferentes atributos de un sistema o paisaje resulta importante para el conocimiento, por si solos aparentan ser una pieza más de un rompecabezas. El verdadero significado lo cobran cuando son unidas las piezas formando y dando sentido a una estructura dentro del paisaje. Leitão (2006) señala que la estructura del paisaje es una descripción de la distribución de energía, materiales y especies con relación al tamaño, número, tipos y configuraciones del ecosistema. El ejemplo más claro de esta relación en este trabajo es el de la agricultura.

La deforestación para establecer campos agrícolas por ejemplo, es uno de los disturbios más comunes que causa grandes pérdidas de cobertura vegetal (FISRWG, 1998). En la subcuenca Saín Alto, la agricultura comprende el 23.6% de la superficie deforestada y aunque parezca poco, a ello se suma la ganadería extensiva, la superficie siniestrada por incendios y otros, como la tala artesanal para leña. Como se advirtió en el diagnóstico, los principales efectos que trae consigo la pérdida de cobertura vegetal son la erosión (laminar, por surcos y la formación de cárcavas), se incrementa la superficie de inundación por avenidas del río, se incrementa el transporte de contaminantes a los cuerpos de agua, se erosionan y pierden estabilidad los bancos del río, hay pérdida de hábitat y se reduce la infiltración de agua al subsuelo (FISRWG, 1998). De acuerdo con el Plan Municipal de Gobierno (PMG), la deforestación ya es considerada un problema por las autoridades municipales.

La extracción, degradación o modificación de uno de los componentes de la subcuenca, sea éste físico o biológico, puede afectar su estructura y funciones de la misma manera en que se afecta a un ser vivo cuando se le retira uno de sus órganos o extremidades. Es decir que dejara de desempeñar ciertas funciones de manera eficiente o total, lo cual, por lo general se traduce en un

reacción en cadena que puede producir más de una falla en el sistema y a diferentes escalas (FISRWG, 1998).

En este caso está el problema de la sobreexplotación del acuífero. Por definición un acuífero es una formación geológica que contiene material saturado y suficientemente permeable para proveer de cantidades significativas de agua a pozos y manantiales (Oscar Meinzer citado en Price, 2003). Por lo tanto, su existencia se debe al tipo de roca y grado de porosidad que posee. El área donde se encuentra el acuífero y subcuenca Saín Alto, comprende rocas de tipo ígnea extrusiva, sedimentaria y suelo, la primera de baja o nula permeabilidad y las dos últimas de buena permeabilidad (SARH, 1977; CNA, 2003). Por lo tanto, esto significa que la pérdida de cobertura vegetal, compactación de suelo por exceso de ganadería extensiva, la pavimentación y construcción de áreas urbanas en áreas con roca sedimentaria y suelo, supone una disminución en la permeabilidad y cantidad de infiltración de agua al subsuelo y recarga del acuífero. Por supuesto, su conservación también depende de que la extracción de agua no sea superior a la recarga, por ello el tema de la sobreexplotación del acuífero es primordial.

De manera similar, la permeabilidad de la roca influye en el patrón de desecación del río (Lake, 2003), o dicho de otra manera, en que el río se comporte de manera intermitente o perene, así como también el flujo superficial constante depende del agua que le aporta el acuífero por medio de los manantiales. Es decir que, la sobreexplotación del acuífero repercute directamente sobre el flujo y nivel de agua en el río, que a su vez afecta directamente a la población que depende del río para regar sus cultivos y dar beber a su ganado, y se ven en la necesidad de construir bordos o cavar sobre el río para acumular agua y realizar sus actividades.

Por otro lado, la vida acuática (peces, insectos, invertebrados, plantas) no solo depende del agua del río para sobrevivir, sino también de su renovación constante que le permite mantener su calidad y oxigenación adecuada para sostener a las diferentes formas de vida. La pérdida de flujo en el río por desecación, provoca encharcamientos que pueden sostener solo a ciertas formas de vida lo suficientemente adaptadas y resistentes para resistir la eutroficación del agua, las altas temperaturas y la falta de oxígeno; desafortunadamente muchas de estas especies son de origen exótico, que compiten y depredan a las especies nativas.

Aunado a lo anterior, se encuentra la contaminación por las descargas de aguas residuales, las cuales se encuentran cargadas de altas concentraciones de materia orgánica y compuestos

químicos que deterioran la calidad del agua. La demanda bioquímica del oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), son los dos parámetros más utilizados para determinar el grado de contaminación de las aguas (ver Anexos I.3 y II.2). De acuerdo con Abarca (2007), las altas concentraciones de DBO, indican un alto consumo de oxígeno por bacterias y por ello un descenso en la cantidad del mismo. La poca disponibilidad de oxígeno en el agua, limita considerablemente la probabilidad de que muchos organismos sobrevivan y las posibilidades de anoxia (falta de oxígeno) aumentan conforme disminuye el flujo de agua y se incrementan los niveles de materia orgánica.

En la población, las aguas residuales afectan por la contaminación de cultivos, la pérdida de la pesca artesanal y de áreas naturales recreativas como en el caso de La Boquilla, donde los malos olores y la posibilidad de contraer enfermedades, evitan que los habitantes puedan disfrutar de estos espacios y aprovechar el agua de muchas maneras.

Por otra parte, aunque no se ahondó en el tema social, los resultados del análisis de población permitieron comprobar que la migración es un problema importante en el área de estudio. Aunque este fenómeno ha estado presente en el estado desde mucho tiempo, en el municipio de Saín Alto cobró importancia a partir del Censo de Población y Vivienda de 1995 (Moctezuma, 2011), un año después de la crisis en México, que lo llevó a la devaluación de su moneda. Los niveles de migración tanto en el estado como en el municipio son tales, que actualmente es ya considerado como un tema cultural y no solo económico (Mestries-Benquet, 2002; Moctezuma, 2011).

El repunte de la población en 2010, representa un factor de presión hacia el sistema social y natural que debe ser tomado con seriedad por las autoridades. Por un lado tienen el reto de poder brindar empleo y/o apoyo a toda esa gente inmigrante para que su fuente de ingresos sea redituable, y por el otro está la necesidad de tomar medidas que ayuden a mitigar el repentino incremento de las presiones (basura, aguas residuales, agricultura, deforestación, etc.) sobre el sistema natural que supone el crecimiento del número de habitantes.

De acuerdo con Mestries-Benquet (2002), la migración en el estado de Zacatecas se debe en gran parte a la carencia en la diversificación productiva, que se encuentra centrada en actividades extractivas primarias como la minería, agricultura y ganadería, sujetos a fluctuaciones constantes del mercado, rezagados en cuestión tecnológica y bajo condiciones agroecológicas desfavorables.

En este sentido, el presente trabajo es una herramienta útil que plantea nuevas alternativas para mejorar el uso de suelo actual (uso de acuerdo a la aptitud del terreno), la diversificación del mercado laboral local (a través del turismo alternativo), así como estrategias para mitigar los problemas que aquejan a la población y así poder incrementar su calidad de vida.

Así mismo, es importante mencionar, que así como los diferentes atributos del sistema natural y las actividades humanas están ligados entre sí, del mismo modo lo están el desarrollo sustentable y económico con la toma de medidas para la conservación ecológica, ya que para tener altos rendimientos agrícolas y ganaderos, hay que preservar los suelos fértiles evitando la erosión y construcción de infraestructura sobre ellos; y para lograr ser un atractivo turístico, primero hay que tomar medidas contra los diferentes problemas en el área. En este sentido, es indispensable involucrar a la población en futuros estudios y en la toma de decisiones, pues son ellos quienes a fin de cuentas deben acatar las normas y participar de manera conjunta con los tomadores de decisiones para lograr los objetivos de este y otros trabajos. La cooperación y adecuada distribución de responsabilidades entre los diferentes sectores, permitirá un desarrollo de actividades más adecuado y sencillo.

Recomendaciones para la aplicación de las estrategias de manejo:

1. **Problema:** Disminución del manto freático y nivel del río.

Estrategia: Optimización del uso del agua

Objetivo general: Mejorar el aprovechamiento de agua en los diferentes sectores

Proyecto(s) y/o Accione(s):

1.1. Revisión y actualización de la información técnica del acuífero

Se recomienda que la Comisión Nacional del Agua (CNA) realice una revisión y actualización de sus bases de datos sobre el número de pozos y la extracción de agua, para poder establecer la disponibilidad media anual de agua actual y determinar el estado en el que se encuentra el acuífero. Se recomienda que este trabajo se realice en el corto plazo.

Responsables e involucrados: CNA.

1.2. Modernización de la infraestructura de riego e hidráulica

Es necesario terminar con el riego por acequia e impulsar programas que permitan un cambio por un tipo de riego más directo (tubería, manguera, goteo) que minimicen la pérdida de agua por infiltración y evaporación. Se recomienda que el gobierno municipal y estatal junto con la SAGARPA, realice trabajos de gestión y difusión de los diferentes programas de apoyo que financian y brindan ayuda a agricultores que desean mejorar sus sistemas de riego. Se recomienda se realice en el mediano plazo (5 años).

Por otro lado, es necesario adecuar la infraestructura hidráulica sobre el río de manera que permita un flujo constante de agua aún durante la sequía.

Responsables e involucrados: Gobierno municipal y estatal, CNA, SAGARPA y agricultores.

1.3. Establecer un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS)

Es muy importante y necesaria la creación de un organismo de participación ciudadana como los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) para emprender proyectos de una manera conjunta con las autoridades, que permitan la conservación del acuífero. La negativa de algunos

pobladores contra iniciativas y programas, se debe en gran parte a la falta de comunicación entre ambas partes. Los COTAS favorecen la comunicación de información sobre el acuífero y su estado, a través de los mismos habitantes, indispensable para justificar las acciones de prevención y recuperación, a través de consensos. La instauración de este organismo puede hacerse en el corto plazo.

Responsables e involucrados: habitantes, el gobierno municipal y la CNA.

1.4. Establecer una comisión y/o comité de cuenca

Al igual que los COTAS, las Comisiones y Comités de Cuenca tienen el objetivo de involucrar a la sociedad en la toma de decisiones y elaboración de programas y proyectos hídricos, solo que a nivel de subcuenca y microcuenca hidrográfica respectivamente. Estos organismos permiten solucionar problemas específicos a nivel local que resultan difíciles de atender por los Consejos de Cuenca. Se recomienda la creación de estos organismos en el corto plazo. Los encargados de esto son los habitantes, el gobierno municipal y la CNA.

Responsables e involucrados: habitantes, municipio y CNA.

1.5. Programa de capacitación para captación de agua de lluvia

Este proyecto tiene como objetivo brindar a los pobladores sin acceso al agua o con insuficiencia de la misma, una herramienta para obtener la propia a través de las lluvias. La captación de agua permite al usuario almacenar este líquido ya sea para uso personal o algún otro (riego de huertos), sin costo alguno más que la inversión inicial en el equipo.

De ser posible es recomendable realizar estos programas en el corto plazo. Los organismos relacionados al tema son la CNA, IMTA y IEMAZ, así como también es necesaria la participación de los habitantes y el municipio.

2. Problema: Disminución de la cobertura vegetal

Estrategia: Reforestación

Objetivo general: Disminuir la superficie deforestada

Proyecto(s) y/o Accione(s):

2.1. Recuperación de suelo desnudo

Este proyecto debe ser con la responsabilidad de ir más allá de solo plantar árboles, tal y como lo expresa el nombre, recuperar el suelo a través de diferentes actividades para reducir la erosión. Se trata de que de una manera organizada y planeada, se ubiquen puntos de mayor prioridad (parcelas abandonadas, áreas con erosión y zonas de recarga del acuífero), de ser posible georeferenciar los puntos y ubicarlos espacialmente en un mapa para llevar un control de la plantación y otras actividades.

La plantación de árboles debe ser preferentemente en los meses de mayor humedad o previo a ellos (marzo-junio). De ser fechas tempranas a las lluvias, debe procurarse regarlos periódicamente hasta el comienzo de las lluvias, para asegurar su supervivencia. En las zonas más áridas, puede hacerse uso de técnicas para ahorrar y aprovechar el agua al máximo. Un tubo de PVC con grava agujerado en el fondo puede ser enterrado a la altura de la raíz del árbol, dejando el otro extremo sobre la tierra para verter agua y asegurar que esta llega a la raíz, evitando que la humedad se quede en la superficie y un mayor gasto de líquido. Este tipo de proyectos pueden realizarse en un corto plazo

Responsables e involucrados: habitantes, municipio, CONAFOR y SEMARNAT.

2.2. Campaña de reforestación con participación social

En apoyo al proyecto anterior, es importante involucrar a la población en actividades ambientales como programas de reforestación que ayuden a crear un vínculo entre la sociedad y el medio ambiente. Se recomienda establecer convenios con las instituciones educativas del municipio como primarias, secundarias y prepas. Otras como el Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas (IEMAZ), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el Consejo Zacatecano de Ciencia y Tecnología (COZCyT) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se encuentran ampliamente involucrados en el tema y pueden ayudar en la planificación y desarrollo de estas actividades. Una parte importante, es que los responsables de la campaña brinden un reporte del trabajo realizado a la sociedad con el fin de compartir los resultados del esfuerzo realizado, de manera de seguir incentivando a la continuación de estos programas.

Este proyecto tiene la ventaja de estar totalmente relacionado al anterior, por lo que pueden realizarse a la par en un corto plazo y eficientizar el trabajo.

Responsables e involucrados: habitantes, instituciones educativas, municipio, CONAFOR, SEMARNAT, IEMAZ y COZCYT.

2.3. Monitorización de las zonas de reforestación

Es recomendable realizar seguimiento a las zonas reforestadas a fin de tener un control de las áreas y conocimiento del éxito o fracaso de la actividad. En cada evaluación se contabilizan el número de árboles y se miden las tallas alcanzadas. Con esto se pueden sacar tasas de mortalidad, supervivencia y crecimiento promedio anual del árbol. Esto sirve para identificar zonas que tienen menor o mayor desarrollo de árboles, aquellas que necesiten mayor atención para garantizar el crecimiento e identificar amenazas. Se sugiere establecer convenios con instituciones como SEMARNAT, CONAFOR, SAGARPA y IEMAZ que pueden ofrecer apoyo y asesorías al respecto.

Lo anterior no solo es recomendable, si no también necesario para aquellos quienes decidan incursionar en la silvicultura y puedan tener mejores resultados.

Responsables e involucrados: municipio, SEMARNAT, CONAFOR, SAGARPA y IEMAZ. Esta actividad se puede desarrollar en el mediano plazo una vez que se haya iniciado la reforestación.

2.4. Establecer un área buffer sobre el río para la conservación del ecosistema ripario

Una de los problemas importantes en el área de estudio es la erosión del suelo, la cual se debe en su mayoría a la deforestación a raíz de la agricultura. Con base en esto, se recomienda la instauración de un área buffer de 10 a 50 m a cada lado de los márgenes del río, según las condiciones del terreno y la disponibilidad del mismo. Los buffers impiden la pérdida de suelo e incrementa la biodiversidad y calidad visual del paisaje. Una distancia de 50 m puede ayudar a evitar la erosión, contaminación del agua, sedimentación (azolve) del río e inundaciones.

Responsables e involucrados: propietarios, CNA, CONAFOR y SEMARNAT. Se considera que puede establecerse en el mediano plazo.

2.5. Pago de servicios ambientales

Se recomienda establecer convenios con instituciones como la UAZ, SEMARNAT, CONAFOR y IEMAZ, y gestionar recursos ante el gobierno estatal para estudiar la posibilidad de establecer el pago por servicios ambientales, a personas con propiedades sin alteración natural y a quienes

decidan restaurar y conservar sus terrenos, en favor de la preservación del río y el recurso agua, que sirve para riego de cientos de hectáreas de cultivos, tanto en el municipio de Saín Alto como en el vecino (Río Grande).

Responsables e involucrados: habitantes, municipio, UAZ, SEMARNAT, IEMAZ, CNA y gobierno estatal. Por lo complejo del proyecto se plantea en un mediano plazo.

3. Problema: Contaminación

Estrategia: Gestión ambiental e infraestructura

Objetivo general: Promover el manejo adecuado de aguas residuales y residuos sólidos

Proyecto(s) o Accione(s):

3.1. Construcción de plantas de tratamiento

El gobierno municipal en conjunto con las autoridades del agua están encargados de la gestión ante el gobierno del estado, de una planta de tratamiento en las diferentes descargas de aguas residuales, especialmente en la de La Boquilla (cabecera municipal), ya que es un foco de contaminación considerable para el río, lo cual afecta a la vida acuática y a la población. Se recomienda realizar la construcción de esta obra en un corto plazo.

Responsables e involucrados: municipio, CNA y gobierno del estado.

3.2. Construcción de una red de drenaje por zonas

Debido a que existen ya varios puntos de descarga en el municipio y solo existe una planta de tratamiento que es insuficiente, se propone que el gobierno municipal y estatal en conjunto con la CNA, desarrollen una red de drenaje que permita conectar los ductos de aguas residuales de diferentes centros de población de una zona. Un ejemplo sería la zona de Saín Alto. Una vez construida la planta de tratamiento, pueden hacerse obras que conecten el drenaje de Emiliano Zapata, La Y griega, Atotonilco, Miguel Hidalgo y pueblos circunvecinos hacia la planta de tratamiento de la cabecera municipal. De esta manera se eliminan las descargas, no se contamina al río y se aprovecha al máximo la planta tratadora.

Responsables e involucrados: gobierno municipal, CNA y gobierno estatal. La obra se plantea a largo plazo (10 años).

3.3. Talleres de capacitación y educación ambiental en materia de residuos sólidos

Esta propuesta consiste en involucrar a la sociedad en el cuidado del medio ambiente y áreas urbanas libres de basura a través de programas y talleres de capacitación periódica en conjunto con instituciones educativas y el IEMAZ sobre el manejo de residuos sólidos que permita fomentar en la población el aprovechamiento y correcta disposición de la basura en los diferentes centros de población. Se recomienda comenzar con estas actividades en el corto plazo.

Responsables e involucrados: habitantes, instituciones educativas locales y IEMAZ.

4. Problema: Modificación del cauce e hidrodinámica del río

Estrategia: Conservación de la conectividad y flujo de agua en el río

Objetivo general: Sostener las funciones ecológicas del río

Proyecto(s) o Accione(s):

4.1. Establecer una comisión y/o comité de cuenca

Se sugiere que la comisión de cuenca quede a cargo de la supervisión, administración del uso y aprovechamiento de los recursos naturales, como un órgano descentralizado de la CNA que permita un mejor manejo y atención de los recursos naturales del río. Esto puede realizarse en el corto plazo con ayuda de la CNA.

Responsables e involucrados: habitantes, municipio y CNA.

4.2. Restauración de espacios afectados derivados de la construcción de infraestructura sobre el río y actividades productivas

En esta propuesta se sugiere establecer comunicación con la CNA para dar aviso de afectaciones sobre el río a causa de la ejecución de obras de infraestructura hidráulica, vial y urbana, como la de la ampliación del Puente Atotonilco, donde se modificó el cauce del río y no se realizaron obras de restablecimiento para el mismo, ocasionando eutroficación del agua en esa zona. Se recomienda que se realicen trabajos en un corto plazo.

Responsables e involucrados: Comité de Cuenca, CNA y en el caso particular de la obra del puente, puede estar involucrada la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) por la naturaleza de la afectación.

5. Problema: Peces exóticos

Estrategia: Reglamentación para la siembra de especies exóticas

Objetivo general: Disminuir la competencia y depredación de especies nativas

Proyecto(s) o Accione(s):

5.1. Estudio sobre el consumo y aprovechamiento de especies forrajeras

Este trabajo se propone con el objetivo de evaluar el costo beneficio de la siembra de especies de peces para consumo humano. Debido a la gran afectación que tiene la introducción de estos organismos en el río y las especies nativas, se hace necesario investigar si realmente la gente se ve beneficiada con este tipo de recursos como para justificar su siembra. De no ser así, es recomendable evitar este tipo de actividades en beneficio de la conservación de la biodiversidad autóctona. Se sugiere que la dirección de desarrollo social municipal en conjunto con la SAGARPA, coordinen este estudio en el mediano plazo. Otra opción es invitar a la Universidad Autónoma de Zacatecas a través de alguna de sus instituciones de las ciencias sociales a realizar un estudio al respecto.

Responsables e involucrados: municipio, SAGARPA y la UAZ.

5.2. Reglamento Interno para la siembra de especies exóticas

Se sugiere al gobierno municipal en conjunto con SEMARNAT, SAGARPA y IEMAZ, elaborar una norma o reglamento que prohíba la siembra de especies exóticas en sistemas abiertos como los ríos o arroyos, a fin de evitar la propagación de éstas. Con esto se espera poder limitar la siembra de estos organismos a bordos y represas sin conexión con el río, para evitar la competencia y depredación con especies nativas. Este proyecto puede realizarse en el mediano plazo.

Responsables e involucrados: Municipio, SEMARNAT, SAGARPA y IEMAZ.

5.3. Programa de cultivo de especies nativas para propósitos de repoblación y consumo local

Se recomienda desarrollar un programa a nivel local en el que se promueva el repoblamiento, uso y aprovechamiento de peces nativos, con el que se pueda recuperar la pesca artesanal y se aprenda a valorar este tipo de recursos locales. Este tipo de programas pueden ser desarrollados en el mediano plazo por gobierno municipal en conjunto con instituciones educativas como la UAZ, COZCyT, UANL, del sector ambiental como el IEMAZ, SEMARNAT y SAGARPA e incluso las ONG's como Brazos del Aguanaval.

Responsables e involucrados: municipio, UAZ, COZCyT, UANL, IEMAZ, SEMARNAT, SAGARPA y Brazos del Aguanaval.

Literatura citada

- Abarca, F. J. (2007). Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. En Ó. Sánchez, M. Herzing, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (págs. 113-143). México, D.F.: INE-SEMARNAT.
- Albanil-Encarnación, A., Pascual-Ramírez, R., & Lobato-Sánchez, R. (2011). *Reporte del Clima en México*. Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Gerencia de Meteorología y Climatología; Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Andrade H. M., Morales-Abril, G., & Hernández-Yáñez, A. (1999). *Guía de Análisis de Impactos y sus Fuentes en Áreas Naturales*. The Nature Conservancy.
- Castelle, A. J., Johnson, A. W., & Conolly, C. (1994). Wetland and Stream Buffer Size Requirements - A Review. *J. Environ. Qual.*, 23, 878-882.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). (2003). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, acuífero (3216) Saín Alto, Zacatecas*. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas. Zacatecas: CNA.
- CNA (2005). *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México: SEMARNAT.
- CNA (28 de Agosto de 2009a). ACUERDO por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos. *Diario Oficial*.

- CNA (2009b). *Reactivación de redes de monitoreo piezométrico y calidad del agua en el acuífero: Saín Alto, Zacatecas*. Monitoreo Piezométrico y Calidad del Agua, Ingeniería y Gestión Hídrica, Departamento de Aguas Subterráneas, Zacatecas: Comisión Nacional del Agua.
- CNA (2010). *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Programación, Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua. México: SEMARNAT.
- Contreras-Balderas, S., Almada-Villela, P., Lozano-Vilano, M. D., & García-Ramírez, M. E. (2003). Freshwater Fish at Risk or Extinct in México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 241-251.
- De la Lanza, E. G. (2007). Recursos Hidrológicos de México. En F. J. Abarca, & M. Herzing, *Manual para el Manejo y Conservación de los Humedales de México*. Phoenix, Arizona, E.U.A.: PRONATURA Noreste, SEMARNAT, North American Wetland Conservation Council, Convención RAMSAR, TNC, Society of Wetlands Scientist, Comité Pigua, Ducks Unlimited of Mexico, Arizona Game and Fish, Fish and Wildlife Service.
- De Miguel-Fernández, C., & Vázquez-Taset, Y. M. (2006). Origen de los Nitratos (NO₃) y Nitritos (NO₂) y su Influencia en la Potabilidad de las Aguas Subterráneas. *Minería y Geología*, 22(3), 9.
- Diario Oficial de la Federación. Ley de Aguas Nacional (LAN). (1992). Última reforma publicada D.O.F. 18-04-2008). México, D.F.
- Enríquez-Enríquez, E. D., Koch, S. D., & Gonzáles-Elizondo, M. S. (2003). Flora y Vegetación de Sierra de Órganos, Municipio de Sombrerete, Zacatecas. *Acta Botánica Mexicana*, 64, 45-89.
- Fernández-Hernando, P. (2009). El Agua, Fuente de Vida y Problemas. *Vida Científica, Nueva época*(2), 57-62.
- Fischer, W. D. (1999). *Técnicas para la formulación de políticas en zonas costeras*. Mexicali, Baja California, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Fischer, R. A., & Fischenich, J. C. (2000). *Design Recommendations for Riparian Corridors and Vegetated Buffer Strips*. Ecosystem Management and Restoration Research Program. U.S. Army Corps of Engineers.
- FISRWG. (1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. USA: Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 15 Federal Agencies of the U.S. gov't.
- Flores-Crespo, J., & Flores-Crespo, R. (2003). Monogéneos, Parásitos de Peces en México: Estudio Recapitulativo. *Téc Pecu Méx*, 41(2), 175-192.

- Gobierno Municipal de Saín Alto. (2010). *Plan Municipal de Gobierno*. Subdirección de Desarrollo Económico y Social, Saín Alto, Zacatecas.
- Gómez-Orea, D. (2004a). *Recuperación de Espacios Degradados* (Vol. 1). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Havel, J. E., Eunmi Lee, C., & Vander Zanden, M. J. (2005). Do Reservoirs Facilitate Invasions Into Landscapes. *Bioscience*, 55(6), 518-525.
- Howard, A. D. (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretation a Summation. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 51(11), 2246-2259.
- INEGI. (2004). Guía para Interpretación de Cartografía, Edafología. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. (2005a). Guía para la Interpretación de Cartografía. *Topografía*. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. (2005b). Guía para la Interpretación de Cartografía. *Uso Potencial del Suelo*. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. (2005c). Guía para la Interpretación de Cartografía. *Geología*. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. (2010b). *Red Hidrográfica Escala 1:50,000, Edición 2.0*. Documento Técnico Descriptivo de la Red Hidrográfica Escala 1:50,000, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Dirección General de Geografía y Medio Ambiente, Aguascalientes.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera Actualización 2007*. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103, FAO, Roma.
- Leitão, B. A., Miller, J., Ahern, J., & McGarigal, K. (2006). *Measuring Lanscapes: a planners handbook*. USA: Island Press.
- Mendoza-Alfaro, R. E., Koleff-Osorio, P., Ramírez-Martínez, C., Álvarez-Torres, P., Arroyo-Damián, M., Escalera-Gallardo, C., y otros. (2011). La evaluación de riesgos por especies acuáticas exóticas invasoras: una visión compartida para Norteamérica. *Ciencia Pesquera*, 19(2), 65-75.
- Mestries-Benquet, F. (2002). El rancho se nos llenó de viejos: crisis del agro y migración internacional en Zacatecas. *Estudios Agrarios*(19), 81-136.
- Moctezuma-Longoria, M. (2011). Saín Alto, Zacatecas. Etnografía de un Circuito Migrante. En M. Moctezuma-Longoria, *La transnacionalidad de los sujetos. Dimensiones, metodologías y orácticas convergentes de los migrantes en Estados Unidos* (págs. 193-224). México: Miguel Ángel Porrúa.

- Ortiz-Lozano, L. D., Escofet-Giansone, A., Castro, J. L., & Leyva-Aguilera, C. (2000). *Problemática Ambiental, Actores y Conflictos de Uso en Barra del Tordo, Tamalipas*. Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Administración Integral del Ambiente, Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California.
- Ortofotos digitales. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Escala 1:20,000. México. INEGI. 1992. Claves de imagen: F13B25C, F13B25E, F13B25F, F13B26A, F13B26B, F13B26D, F13B26E, F13B35C, F13B36A, F13B36B. Resolución 1.5-2.0. Datum ITRF92.
- Pérez-Munguía, R., Pineda-López, R., & Medina-Nava, M. (2007). Integridad biótica de ambientes acuáticos. En O. Sanchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (1 ed., págs. 71-112). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Price, M. (2003). *Agua Subterránea*. México, D.F., México: Limusa.
- Rosgen L., D. (1994). A Clasification of Natural Rivers. *Elsevier (CATENA)*(22), 169-199.
- SARH. (1977). Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en el Estado de Zacatecas. Consultec Ingenieros Asociados S. C. (págs. 1-6.11). México, D.F. SARH.
- SARH. (1981). Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en la Región de Saín Alto, Zacatecas. Técnicas Asesores y Constructores S. A. (págs. 1-6.6). México. SARH
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). (1980). Norma Mexicana NMX-AA-003-1980. *Aguas Residuales-Muestreo*. México, D.F., México: Dirección General de Normas.
- SEFOA. (2000). Estudio de Evaluación de la Disponibilidad de Agua Subterránea en las Zonas El Palmar y Saín Alto en el Estado de Zacatecas. Contrato SEFOA 005/00. Consultores en Agua Subterránea, S. A.
- SEMARNAT. (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. *Diario Oficial*.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana, NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, págs. 1-77.
- SEMARNAT. (2012). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. *Diario Oficial*, pág. 296.
- Solís-Carlos, F., Lozano Vilano, M. L., García Ramírez, M. E., & Contreras, J. A. (11 de Marzo de 2009). Estudio Taxonómico y Distribucional de la Ictiofauna de Áreas Selectas en el N del Estado, Zacatecas, México. San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México.

Sorensen, J. C., McCreary, S. T., & Brandani, A. (1992). *Costas*. Rhode Island: United States Agency for International Development, Coastal Resources Center.

Toledo, O. A. (2006). *Agua, Hombre y Paisaje* (1 ed.). (R. M. Lalli, Ed.) México, México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.

Verril, A. E. (1869). On the Parasitic Habits of Crustacea. *The American Naturalist*, 3(5), 139-250.

Wenger, S. (5 de Marzo de 1999). A Review of the Scientific Literature on Riparian Buffer Width, Extent and Vegetation. 59. Athens, Georgia, U.S.A.: Institute of Ecology.

Wang, L., Lyons, J., & Kanhel, P. (2001). Impacts of Urbanization on Stream Habitat and Fish Across Multiple Spatial Scales. *Environmental Management*, 28(2), 255-266.

Citas Web

Camacho-Manríquez, J., Esquivel de la Riva, J. M., & Ramírez Román, J. (2009). *Enciclopedia de los Municipios de México*. (C. N. Gobernación, Ed.) Recuperado el 11 de Noviembre de 2010, de Enciclopedia de los Municipios de México: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/zacatecas/municipios/32040a.htm>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), The Nature Conservancy - Programa México (TNC), Pronatura. (2007). Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. *Escala 1: 1000000*. (C. T. CONABIO, Ed.) D.F., México, México. Recuperado el 12 de 10 de 2012, de Catálogo de metadatos geográficos: www.conabio.gob.mx/informacion/gis/schemas/fgdc/fgdc-std-001-1998-xsd

Hernandez, I. (06 de Marzo de 2011). *Info Rural*. (I. Zacatecas, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Info Rural: http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=71508

INEGI. (8 de Marzo de 2010a). *Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Saín Alto, Zacatecas*. Recuperado el 12 de Febrero de 2011, de Pagina Oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>

INEGI. (2011). *Censos y Censos de Población y Vivienda*. Recuperado el 13 de Agosto de 2011, de Instituto Nacional de Geografía y Estadística: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

Martínez, V. (22 de Mayo de 2011). *Info Rural*. (NTRZacatecas.com, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Infor Rural: http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=75491

Ortega, S. (28 de abril de 2011). *Infor Rural*. (NTRZacatecas.com, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Info Rural:

http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=73907

Perez, C. (15 de Febrero de 2013). *Info rural*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de Info rural:

<http://www.inforural.com.mx/spip.php?article115171>

Pinedo, R. (29 de Mayo de 2010). *Info Rural*. (E. S. Zacatecas, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Info Rural:

http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=59780

Ruiz-Perdomo, J. C., Milán-Cárdenas, M., & Murguía-Cruz, B. (Marzo de 2010). Folleto Sobre Seguridad y Uso del Amoniaco. *Redvet*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2012, de Revista Electrónica de Veterinaria: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/>

X. Discusión General

El presente trabajo es una contribución al conocimiento físico, biológico y socioeconómico de la sub-cuenca Saín Alto, Zacatecas. En este estudio se buscó la integración de información que permitiera desarrollar estrategias de manejo de manera lógica para los problemas y condiciones que prevalecen en el área de estudio, todos ellos encaminados en promover el desarrollo sustentable y conservación del río. La conservación de este río es importante en el contexto local y regional por la biodiversidad nativa que alberga y en lo socioeconómico por ser la principal fuente de agua para riego de un amplio sector poblacional, además de ser el mayor tributario del río Aguanaval.

La propuesta está basada en la premisa de que el manejo de ecosistemas comienza con el análisis y síntesis de la información existente y la generada, que permita diagnosticar la situación y ayude a definir el contexto natural, social y económico en que se circunscribe (Mass y Cotler, 2007). En concordancia con lo anterior, la metodología general empleada para el tratamiento y recuperación de espacios degradados (Gómez-Orea, 2004) permitió cumplir con lo planteado a través de la caracterización del sitio y entorno, en referencia a las características físicas (abióticas) y legales del suelo, y las características ecológicas (bióticas) y sociales, respectivamente. A esto se sumó la identificación de problemas y sus causas, lo cual se hizo con base en la metodología de Andrade et al. (1999) para el análisis de impactos y sus fuentes que sirvió como una parte integradora del trabajo.

El manejo de escalas fue un factor importante en el resultado final, ya que el río como ecosistema cumple con múltiples funciones a múltiples escalas (FISRWG, 1998), por lo tanto el manejo realizado debe de contemplar al menos un par de éstas (Mass, 2007). En este contexto, las dos escalas utilizadas en el presente estudio (área de influencia y área de intervención) permitieron un mejor análisis e integración de la información. La primera, una escala gruesa (área de influencia) sirvió para entender la importancia de los atributos del sistema físico en relación con la distribución de la biodiversidad y el uso de suelo dentro del paisaje. Este resultado es de suma importancia dado que es un primer acercamiento y una buena base para un futuro ordenamiento del territorio municipal.

La segunda, una escala local (área de intervención) en la que se identificó y evidenció la problemática mediante trabajo de campo. Esto último, sirvió como base para la integración de la

información a través del análisis y evaluación de problemas sustentado en los resultados de la caracterización, de manera que se establece un marco lógico de relaciones entre el sistema natural-problemas-causas, y que equivale propiamente al diagnóstico. Poiani y Richter (2000) coinciden en que el diagnóstico y la evaluación del estado funcional de un área de conservación representan una parte crítica del trabajo, mismos que permiten generar fundamentos para establecer las estrategias de manejo.

Cabe señalar que un objetivo de manejar la escala más pequeña (área de intervención) para el diagnóstico, fue la intención de incluir la percepción de la gente sobre la problemática del río, así como el uso y conocimiento que tienen de los recursos naturales y biodiversidad del mismo, a través de métodos sociales como cuestionarios y entrevistas; en este sentido, el mejor lugar es donde se concentra la mayor población, biodiversidad y volumen de agua. Sin embargo, la falta de tiempo y recursos impidió que esta fase se llevara a cabo durante este proyecto. Por esta razón, la identificación de problemas se basó en la información bibliográfica existente, evidencias de campo y lo expresado por habitantes de diferentes poblados en pláticas informales durante la realización del trabajo de campo y el pilotaje del cuestionario, lo que permitió un acercamiento importante, no solo con los habitantes del municipio sino también con las autoridades municipales y estatales e instituciones del sector. Esto además favoreció la identificación de actores en el tema y conocer la opinión y percepción de algunos de ellos sobre los problemas.

Por tanto, el diagnóstico se puede dividir en dos secciones principales: 1) el análisis del medio biofísico (geología, edafología, topografía, ecología, socioeconomía, etc.) que es propiamente una descripción del estado del sistema; y 2) la evaluación y priorización de problemas que corresponde a lo que son las presiones que se ejercen sobre el mismo. A partir de esto, se desarrollaron las estrategias encaminadas a un mejor desarrollo socioeconómico relacionado al uso de recursos naturales y a la conservación de los mismos (Andrade et al., 1999). En este sentido, se plantearon unidades de manejo (UM) que se derivan propiamente de la caracterización y diagnóstico del sistema biofísico, enfocadas a la ordenación de actividades antrópicas acordes a la aptitud natural del terreno y estrategias de manejo específicas, como resultado de la evaluación de problemas, con la finalidad de solucionar los mismos.

Este trabajo también busca complementar y hacer sinergia con otros trabajos como el Plan Municipal de Gobierno (PMG) 2010-2013, éste aunque es similar, se enfoca más a un desarrollo

meramente socioeconómico y carece de una visión integral de las características del sistema, su relación con las actividades productivas y los problemas.

Por otra parte, existen muchos puntos importantes dentro del PMG que van acordes a la presente propuesta, por ejemplo, dentro de sus misiones plantean *“una política especial de rescate, preservación y concientización social del variado y rico entorno ecológico”*, así como también promueven el apego y desarrollo de actividades productivas que cuiden los recursos naturales, la flora y fauna silvestres y el desarrollo ordenado. En este sentido, este trabajo contribuye al conocimiento de la biodiversidad del área, principalmente la relacionada al río. Este aspecto resulta fundamental en el ámbito de la conservación y manejo, ya que es a partir de la comprensión de las funciones del sistema y sus relaciones que se puede planear de mejor manera el uso y aprovechamiento de recursos ecológicos. Los insectos por ejemplo, se observó que la diversidad de estos era mayor en los lugares con mayores porcentajes de vegetación riparia, seguramente por la cantidad de detritus que aporta la hojarasca y ramas que caen al agua.

La distribución de peces en el río, es un referente de diferentes situaciones que se encuentran presentes. La presencia de peces exóticos por ejemplo, está determinada por los reservorios artificiales como producto de los programas de siembra de especies para consumo humano. Estos organismos son introducidos sin tomar en cuenta las enfermedades, competencia y depredación que causan a la comunidad de peces nativa y al ecosistema. Una interrogante aquí sería si ¿el porcentaje de personas que consumen este producto justifica que lo siembren?

Por otra parte, la mayoría de especies nativas parece verse afectada por las descargas de aguas residuales. En la zona que comprende desde Miguel Hidalgo hasta La Boquilla, podemos encontrar a las seis especies nativas que habitan el río, a partir de la descarga la diversidad disminuye, lo cual se atribuye a las altas concentraciones de compuestos como el NH_3 , NO_2 , DQO, etc. que de acuerdo a las pruebas fisicoquímicas ahí prevalecen. Es a partir de El Alamillo donde nuevamente comienza a incrementarse la diversidad a tres especies, posiblemente a la capacidad de autodepuración del río y es hasta la zona de Saín Bajo que nuevamente encontramos a la mayoría de las especies nativas. Este tipo de comportamiento de la biodiversidad los hace funcionar como biomonitores de la calidad ambiental del río y por tanto como una herramienta para el manejo.

Otro aspecto muy importante en el que se coincide, es el alto valor del recurso agua y potencial turístico del municipio. Esto es muy importante, ya que para plantear alternativas de desarrollo

sustentable es fundamental que primeramente los habitantes y principalmente el gobierno, reconozcan el valor de sus recursos naturales para después apropiarse de ellos. En acuerdo con lo anterior, el desarrollo turístico de tipo alternativo (ecológico, rural, aventura) es posiblemente una de las actividades productivas con mayor potencial en la zona por su localización y riqueza natural.

Además, un aspecto importante es que el Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2011-2016, también contempla al turismo alternativo dentro de sus estrategias para un desarrollo sustentable, por lo tanto es de esperar que este tipo de actividades reciban el impulso que merecen por parte del estado. Otro factor importante que puede influir, es que en el municipio vecino se encuentra el área natural protegida (ANP) de nivel federal Sierra de Órganos a no más de 40 minutos de camino, por lo que la posibilidad de plantear el desarrollo de un corredor turístico que conecte a Sombrerete con Saín Alto es muy alta.

Una discrepancia que se encontró con respecto al PMG fue el número de pozos destinados a la actividad agrícola, en él se citan un total de 49, mientras que en el presente estudio y con base en los datos de la CNA hasta el 2010, el número asciende a 56. Al respecto, existen tres explicaciones posibles, una de ellas es la falta de actualidad en los datos, errores en el registro, o que el municipio lleve su propio registros en cuanto a este tipo de aprovechamientos.

El tema de los aprovechamientos y la sobreexplotación del acuífero es algo que necesita esclarecerse, ya que de acuerdo a los resultados del último trabajo de la CNA (2009a), denominado *Reactivación de Redes de Monitoreo Piezométrico y Calidad del Agua del Acuífero Saín Alto (RRMPCAAS)*, las cifras del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) publicadas en el Diario Oficial (DOF) en 2009, no concuerdan con la disponibilidad real. Esto se debe a que los datos publicado en el REPDA no eran actuales, pues las estimaciones se hicieron con datos de la CNA del 2003, es decir una diferencia de seis años entre ambos trabajos, en los que ha aumentado el número de pozos y por consiguiente la extracción. Además, fue justo en 2009 que se tuvo un incremento considerable en el número de pozos, por lo que es lógico esperar que existan diferencias entre ambos diagnósticos.

Por lo tanto, es muy importante y fundamental que las autoridades en la materia y el municipio hagan un esfuerzo en la actualización y/o revisión de los datos del acuífero, pues existen discrepancias entre tres de los principales trabajos de la zona PMG, el REPDA y la RRMPCAAS, en temas como el número de pozos y abatimiento del manto freático. Debido a esto y al enorme

gasto que representa la agricultura para el recurso agua, no es recomendable autorizar nuevos aprovechamientos para este fin hasta no esclarecer el estado del acuífero.

Por otra parte, según PED, Zacatecas ocupa el lugar 27 de 32 en el tratamiento de aguas residuales. Para mejorar esto, una estrategia que se plantea tanto en el PED como en el PMG y que es reafirmada por el presente trabajo, es la urgente necesidad de gestionar recursos para construir plantas de tratamiento de aguas residuales. Para el municipio de Saín Alto, esto es una situación primordial debido a la situación en que se encuentra la descarga de la cabecera municipal y los efectos potenciales a la salud que puede traer por compuestos como nitritos (NO_2) y amoníaco (NH_3). Estudios al respecto (De Miguel-Fernández y Vázquez-Taset, 2006; Fernández-Hernando, 2009; Ruiz-Perdomo et al., 2010), mencionan que los NO_2 pueden llegar a causar intoxicaciones severas en animales y enfermedades en humanos, como la metahemoglobinemia y cáncer, especialmente en niños pequeños y madres embarazadas.

Aunque las concentraciones actuales para ambos compuestos no son muy altas para tales efectos de manera inmediata, la exposición prolongada o consumo continuo de estos por medio del agua de pozos contaminados o el río, puede traer afectaciones a la larga (Fernández-Hernando, 2009).

Otros parámetros químicos como la DQO y los SST sobrepasan los límites máximos permisibles (320 y 150 mg/L respectivamente) establecidos por la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFDMA) (CNA, 2009b) para un cuerpo de agua de tipo A, en la descarga de La Boquilla. Con base en esto, el municipio se haría acreedor a una multa, sin embargo, dado que no se tiene un monitoreo adecuado sobre esta descarga y otras por parte de las autoridades competentes, esta multa difícilmente llegará a aplicarse. Cabe señalar que la LFDMA exige además hacer monitoreos regulares para asegurar la veracidad de la información.

Aunado a lo anterior, las leyes en materia de aguas residuales no favorecen la conservación del río, ya que tanto la LFDMA como la NOM-001-SEMARNAT-1996 especifican que aquellos poblados o comunidades con igual o menor número de 2500 habitantes no serán sometidos a pago de cuotas por vertido de aguas residuales, ni están obligados a reportar los estándares de calidad por dichas descargas. Esto quiere decir que con excepción de Saín Alto, el resto de los poblados que tienen descargas al río no están obligados a dar tratamiento a sus aguas residuales y por tanto pueden seguir contaminando libremente.

Así mismo, la LFDMA no es clara en la manera en que son clasificados los tipos de cuerpos receptores y no discrimina entre la vida acuática que habita en ellos, ya que el único cuerpo de agua clasificado como tipo C (destinados a la protección de la vida acuática) para el estado de Zacatecas es una presa (José López Portillo), aun cuando la comunidad íctica en estos cuerpos de agua es principalmente de origen exótico. Esto hace pensar que más que la protección de la vida acuática lo importante es el volumen de agua que contienen y la cantidad de gente que utiliza el o los recursos (agua, peces u otros) del cuerpo receptor. Un ejemplo de esto es el río Santiago, el cual a diferencia del río Saín Alto transporta un mayor volumen y sustenta a una mayor población de usuarios; estos factores son determinantes para clasificar el río Santiago como tipo C, independientemente del valor que para la biodiversidad regional tiene el río y que quedo de manifiesto en este trabajo.

Es pertinente tomar en cuenta la relevancia de realizar y dar a conocer trabajos sobre la importancia socioeconómica y ecológica del río Saín Alto, pues de ello depende que sea considerado como un objeto de desarrollo y conservación importante, no solo a nivel municipal o estatal, sino también a nivel federal.

Por otra parte, a nivel federal el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) publicado en 2012, sitúa al municipio y subcuenca Saín Alto, dentro de la unidad ambiental biofísica (UAB) de Sierras y Llanuras del Norte de Zacatecas. En esta, se destaca la alta importancia de la actividad ganadera como eje rector de desarrollo, seguida de la agricultura. De acuerdo con su diagnóstico, el área presenta un alto índice de degradación de la vegetación y desertificación, y una degradación media de suelos. Esto coincide con los resultados de la priorización de los problemas y causas del presente trabajo, donde la disminución del manto freático y río, y la pérdida de cobertura vegetal son los dos problemas más importantes presentes, seguidos de la erosión.

Entre las estrategias que se citan en dicho documento y que son relevantes por su congruencia con la presente propuesta, están el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la protección y restauración de ecosistemas, el apoyo al turismo, la consolidación de la gestión de la calidad del agua e impulsar el ordenamiento territorial municipal. Esta última, es muy importante para el territorio de Saín Alto por dos factores principales: 1) porque en términos generales hasta el día de hoy, la actividad agrícola ha mantenido un patrón de distribución acorde a la aptitud y

características del terreno dentro del paisaje y aún posee grandes extensiones naturales; 2) porque dos de los problemas que más afectan al río y en general al municipio son la pérdida de cobertura vegetal y la erosión, este último como efecto del primero y que se debe al asentamiento de poblados y a la agricultura.

XI. Conclusiones Generales

Los resultados del análisis y caracterización morfológica del Río Saín Alto demuestran que los cambios en el cauce son debidos principalmente a las actividades agrícolas y pecuarias, así como a los asentamientos urbanos adyacentes.

Tres zonas son distinguidas en el Río Saín Alto de acuerdo con el gradiente de altura, tipo de sustrato, riqueza y distribución de la biodiversidad, las cuales se denominan como cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. La zona más importante por su biodiversidad es la cuenca media.

En el río Saín Alto, los cambios en la riqueza y distribución de la comunidad íctica demostraron estar asociados con el factor altitud, así como con el incremento en los niveles de flujo o descarga hidráulica.

Con fundamento en los resultados del análisis químico realizado a las diferentes descargas en el Río Saín Alto, se encontró que las aguas residuales de la cabecera municipal exceden los límites máximos permisibles establecidos por la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua(LFDMA), para la demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos (SST) totales en un cuerpo de agua de tipo A.

En apego a los límites máximos permisibles establecidos por la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua para la demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales de una descarga a un cuerpo de agua de tipo C, y los resultados de los análisis químicos obtenidos en el presente proyecto, las condiciones actuales del Río Saín Alto en las áreas de descargas de aguas residuales, no son adecuadas para el desarrollo de la vida acuática.

Basado en el análisis y comparación de la información disponible de la Comisión Nacional del Agua, se considera que en acuerdo con el último reporte, el estado actual del acuífero en la subcuenca del Río Saín Alto es sobreexplotado.

De acuerdo con el análisis de población, el número de habitantes del municipio de Saín Alto ha permanecido constante desde 1995 debido a la migración, no obstante en la tasa de crecimiento poblacional para el año 2010 ya se observa el retorno de la población que migro a Estados Unidos en ese periodo.

En la subcuenca del río Saín Alto, el análisis de la distribución de la actividad agrícola a través del paisaje permitió evidenciar que, el desarrollo y la distribución espacial de dicha actividad se encuentran en función de dos factores principales: la topografía y la geología del terreno.

Con base en los atributos que determinan la capacidad de uso de la tierra para el desarrollo de actividades agrícolas (topografía, geología y suelo), sólo el 36.41% del área tiene una aptitud de media a alta, mientras que el 63.59% del área de cuenca en el río Saín Alto tiene una aptitud baja o nula.

Los resultados de la valoración global del río Saín Alto atendiendo a sus atributos de contribución, rareza, calidad y carisma, señalaron a este sistema como un objeto de alto nivel para la conservación.

En acuerdo con lo establecido por la CONABIO (2009) y la suma de características como el alto índice de población, la biodiversidad y cantidad de agua que se concentran en el área delimitada como de intervención, se confirmó la importancia del Río Saín Alto como un sitio prioritario para la conservación.

La evaluación de los problemas y causas fundamentada en los resultados de la caracterización del sitio y entorno de la subcuenca, permiten una priorización congruente de los problemas en el área de estudio; sin embargo, aún es necesaria la participación ciudadana para establecer medidas a través de un consenso social.

La priorización y solución de problemas, considerando a éstos como una red causa-efecto, facilitará la solución de los mismos a través de medidas de retroalimentación y multidirección.

La problemática existente en la subcuenca del Río Saín Alto es un reflejo de la incapacidad de las autoridades en materia de agua y recursos naturales, de dar seguimiento y resguardo a los bienes propiedad de la nación, así como la falta de un organismo rector a nivel municipal en el contexto ambiental.

Las estrategias que se presentan permitirán la solución de los problemas en un esquema de corresponsabilidad, que es una oportunidad para el trabajo colaborativo entre las instituciones de gobierno y la sociedad informada.

El desarrollo del turismo alternativo y ganadería intensiva son las dos actividades productivas con mayor potencial en el área de estudio, considerando la baja vocación del suelo para el desarrollo de actividades agrícolas.

Es de fundamental y de prioritaria importancia para el desarrollo socioeconómico del municipio de Saín Alto, la realización de un ordenamiento territorial con el objetivo de asegurar la conservación de los recursos naturales y de sus procesos funcionales.

Con este trabajo se pretende contribuir al desarrollo regional del Estado de Zacatecas, a través de un instrumento de planeación y gestión ambiental que permita el uso adecuado del río y sus recursos en beneficio de las comunidades bióticas y humanas que de él dependen.

Finalmente, en acuerdo con el diagnóstico establecido, se considera que el estado actual de conservación del río es alto, debido principalmente a que los problemas presentes se encuentran de manera puntual y aún son reversibles.

XII. Literatura Citada

Abarca, F. J. (2007). Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. En Ó. Sánchez, M. Herzing, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (págs. 113-143). México, D.F.: INE-SEMARNAT.

Albanil-Encarnación, A., Pascual-Ramírez, R., & Lobato-Sánchez, R. (2011). *Reporte del Clima en México*. Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Gerencia de Meteorología y Climatología; Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua (CNA).

Andrade-Hernández, M., Morales-Abril, G., & Hernández-Yáñez, A. (1999). *Guía de Análisis de Impactos y sus Fuentes en Áreas Naturales*. The Nature Conservancy.

Benez, M. C., Kauffer Michel, E. F., Soares Moares, D., & Álvarez Gordillo, G. (2010). El estudio de las percepciones de la gestión de la calidad del agua, una herramienta para fortalecer la participación pública en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. *Región y Sociedad*, XXII(47).

- Birkel Dostal, C. (3 de Mayo de 2007). Delimitación Empírica para Áreas Prioritarias para el Manejo del Recurso Hídrico en Costa Rica. *Reflexiones*, *II*(86), 39-49.
- Bomford, M., Barry, S. C., & Lawrence, E. (2010). Predicting establishment success for introduced freshwater fishes: a role for climate matching. *Biological Invasions*, *12*(8), 2559-2571.
- Bond, C. E. (1996). *Biology of Fishes* (2 ed.). USA: Thomson Learning.
- Leitão, B. A., Miller, J., Ahern, J., & McGarigal, K. (2006). *Measuring Lanscapes: a planners handbook*. USA: Island Press.
- Burr, B. M. (1976). A review of the mexican stoneroller *Campostoma ornatum*, Girard (Pisces: Cyprinidae). *Transactions of the San Diego Society of Natural History*, *18*, 127-143.
- Carrasco-Espinoza, M. C., Pineda-López, R., Pérez-Munguía, R., Roitmand-Genoud, P. M., García, A. A., & Turclote-Proulx, P. (2008). *Integridad Biótica y su Aplicación a una Propuesta de Gestión para los Ríos Tomebamba y Yanuncay, en Cuenca-Ecuador*. Tesis para obtener el grado de Maestra en Gestión Integrada de Cuencas, Universidad Autónoma de Queretaro, Queretaro.
- Castelle, A. J., Johnson, A. W., & Conolly, C. (1994). Wetland and Stream Buffer Size Requirements - A Review. *J. Environ. Qual.*, *23*, 878-882.
- Castillo-Rivera, M., & Zárata-Hernández, R. (2001). Patrones Espacio-Temporales de la Abundancia de Peces en la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Hidrobiológica*, *11*(001), 75-84.
- Cech, J. J., Mitchell, S. J., Castleberry, D. T., & McEnroe, M. (1990). Distribution of California Stream Fishes: influence of environmental temperature and hypoxia. *Environmental Biology of Fishes*, *29*, 95-105.
- Chun, S. N., Cocherell, S. A., Cocherell, D. E., Miranda, J. B., Jones, G. J., Graham, J., y otros. (2011). Displacement, velocity preference, and substrate use of three native California stream fishes in simulated pulsed flows. *Environmental Biology of Fishes*, *90*, 43-52.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). (2003). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, acuífero (3216) Saín Alto, Zacatecas*. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas. Zacatecas: CNA.
- CNA (2005). *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. México: SEMARNAT.
- CNA (2007). *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua. México, D.F.: SEMARNAT.
- CNA (2008). *Programa Nacional Hídrico*. Coyoacan, México, D.F.: SEMARNAT.

- CNA (2009a). *Reactivación de redes de monitoreo piezométrico y calidad del agua en el acuífero: Saín Alto, Zacatecas*. Ingeniería y Gestión Hídrica, Departamento de Aguas Subterráneas. Zacatecas: Comisión Nacional del Agua.
- CNA (2009b). *Ley Federal de Derechos: Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales*. Última reforma publicada en el D.O.F. el 13 de noviembre del 2008. Coyoacan, México, D.F.: SEMARNAT.
- CNA (2010a). *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Programación, Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua. México: SEMARNAT.
- CNA (2010b). *Plan de Manejo Integral de los Acuíferos de Calera, Chupaderos y Aguanaval*. Comisión Nacional del Agua, Coordinación del Área Técnica. Zacatecas: Ingeniería y Gestión Hídrica.
- CNA (2011). *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua. México, D.F.: SEMARNAT.
- Contreras-Balderas, S. (1978). Speciation aspects and man made community composition in Chihuahuan Desert Fishes. En R. H. Wauer, & D. H. Riskind, *Transactions of the Symposium of the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and México*. (págs. 405-431). U.S. Natl. Park. Serv. Trans. Proc. Ser 3.
- Contreras Balderas, S., Lozano Vilano, M. D., & García Ramirez, M. E. (1998). *Banco de datos de la ictiofauna del Río Bravo desde 1902 a 1992 en la colección ictiológica de la UANL*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas., Laboratorio de Ictiología, Zoología de Vertebrados. México, D.F.: CONABIO.
- Contreras-Balderas, S., Almada-Villela, P., Lozano-Vilano, M. D., & García-Ramírez, M. E. (2003). Freshwater Fish at Risk or Extinct in México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 241-251.
- Contreras-Balderas, S., Lozano-Vilano, M. L., & García-Ramírez, M. E. (2005). Historical Changes in the Index of Biological Integrity for the Lower Río Nazas, Durango, México. *American Fisheries Society*, 45, 225-237.
- Darlington, P. J. (1957). *Zoogeography: the geographical distribution of animals*. New York, N.Y., U.S.A.: NY, John Wiley and Sons.
- De la Lanza, E. G. (2007). Recursos Hidrológicos de México. En F. J. Abarca, & M. Herzing, *Manual para el Manejo y Conservación de los Humedales de México*. Phoenix, Arizona, E.U.A.: PRONATURA Noreste, SEMARNAT, North American Wetland Conservation Council, Convencion RAMSAR, TNC, Society of Wetlands Scientist, Comité Pigua, Ducks Unlimited of Mexico, Arizona Game and Fish, Fish and Wildlife Service.

- De Miguel-Fernández, C., & Vázquez-Taset, Y. M. (2006). Origen de los Nitratos (NO₃) y Nitritos (NO₂) y su Influencia en la Potabilidad de las Aguas Subterráneas. *Minería y Geología*, 22(3), 9.
- Diario Oficial de la Federación. Ley de Aguas Nacionales (LAN) (1992). Última reforma publicada en el D.O.F. 18-04-2008. México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación (28 de Agosto de 2009). ACUERDO por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos. México, D.F.
- Domínguez-Domínguez, O., Vila, M., Pérez Rodríguez, R., Remón, N., & Doadrio, I. (2011). Complex evolutionary history of the mexican stoneroller *Campostoma ornatum* (Girard 1856) Actinopterygii: Cyprinidae. *BMC Evolutionary Biology*, 11(153), 1-20.
- Dudley, R. K., & Matter, W. J. (Marzo de 2000). Effects of Small Green Sunfish (*Lepomis cyanellus*) on recruitment of Gila Chub (*Gila intermedia*) in Sabino Creek, Arizona. *The Southwestern Naturalist*, 45(1), 24-29.
- Enríquez-Enríquez, E. D., Koch, S. D., & Gonzáles-Elizondo, M. S. (2003). Flora y Vegetación de Sierra de Órganos, Municipio de Sombrerete, Zacatecas. *Acta Botánica Mexicana*, 64, 45-89.
- Facey, D. E., & Grossman, G. D. (1990). Metabolic Cost of Maintaining Position for Four North American Stream Fishes: Effects of Season and Velocity. *Physiological Zoology*, 63(4), 757-776.
- Fernández-Hernando, P. (2009). El Agua, Fuente de Vida y Problemas. *Vida Científica, Nueva época*(2), 57-62.
- Fischer, W. D. (1999). *Técnicas para la formulación de políticas en zonas costeras*. Mexicali, Baja California, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Fischer, R. A., & Fischenich, J. C. (2000). *Design Recommendations for Riparian Corridors and Vegetated Buffer Strips*. Ecosystem Management and Restoration Research Program. U.S. Army Corps of Engineers.
- FISRWG. (1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. USA: Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 15 Federal Agencies of the U.S. gov't.
- Flores-Crespo, J., & Flores-Crespo, R. (2003). Monogéneos, Parásitos de Peces en México: Estudio Recapitulativo. *Téc Pecu Méx*, 41(2), 175-192.
- Frimpong, E. A., & Angermeier, P. L. (2010). Trait-Based Approaches in the Analysis of Stream Fish Communities. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes*:

concepts, approaches and techniques. (págs. 109-135). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.

García, D. (2006). La Escala y su Importancia en el Análisis Espacial. *Ecosistemas*, 15(3), 7-18.

Gido, K. B., Propst, D. L., & Molles, M. C. (1997). Spatial and temporal variation of fish communities in secondary channels of the San Juan River, New Mexico and Utah. *Environmental Biology of Fishes*, 49, 417-434.

Gobierno del Estado de Coahuila. (2002). *Plan de Manejo del Área de protección de Recursos Naturales del Río Sabinas*. Coahuila, México.

Gobierno del Estado de Zacatecas. (2011). *Plan Estatal de Desarrollo (PED)*. Zacatecas, México.

Gobierno Municipal de Saín Alto. (2010). *Plan Municipal de Gobierno*. Subdirección de Desarrollo Económico y Social, Saín Alto, Zacatecas.

Gómez-Orea, D. (2004a). *Recuperación de Espacios Degradados* (Vol. 1). Madrid, España: Mundi-Prensa.

Gómez-Orea, D. (2004b). Estrategia Nacional del Agua. *VII Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)*. Madrid: Fundación CONAMA.

Grossman, G. D., Ratajczak, R. E., Farr, M. D., Wagner, M. C., & Petty, J. T. (2010). Why There Are Fewer Fish Upstream. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes: Concepts, Approaches, and Techniques* (págs. 63-81). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.

Havel, J. E., Eunmi Lee, C., & Vander Zanden, M. J. (2005). Do Reservoirs Facilitate Invasions Into Landscapes. *Bioscience*, 55(6), 518-525.

Hendrickson, D. A., Minckley, W. L., Miller, R. R., Siebert, D. J., & Minckley, P. H. (1980). Fishes of the Río Yaqui Basin, México and United States. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 15, 65-106.

Henríquez-Ruíz, C. (2009). El proceso de urbanización en la cuenca del río Chillán y su capacidad adaptativa ante precipitaciones extremas. *Estudios Geográficos*, 70(266), 155-179.

Hocutt, C. H., & Stauffer, J. R. (1980). Biological Monitoring of Fish. (C. H. Hocutt, & J. R. Stauffer, Jr., Edits.) *Lexinton Books, Lexinton. Mass.*

Howard, A. D. (1967). Drainage Analysis in Geologic Interpretation a Summation. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 51(11), 2246-2259.

Hugueny, B., Oberdorff, T., & Tedesco, P. A. (2010). Community Ecology of River Fishes: A Large-Scale Perspective. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes:*

- concepts, approaches and techniques* (págs. 29-62). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.
- INEGI. (2004). Guía para Interpretación de Cartografía. *Edafología*. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. (2005a). Guía para la Interpretación de Cartografía. *Topografía*. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. (2005b). Guía para la Interpretación de Cartografía. *Uso Potencial del Suelo*. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. (2005c). Guía para la Interpretación de Cartografía. *Geología*. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. (2010b). *Red Hidrográfica Escala 1:50,000, Edición 2.0*. Documento Técnico Descriptivo de la Red Hidrográfica Escala 1:50,000, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Dirección General de Geografía y Medio Ambiente, Aguascalientes.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera Actualización 2007*. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103, FAO, Roma.
- Johnson, D. E. (2000). *Métodos multivariados al análisis de datos*. México, D.F., México: International Thomson Editores.
- Johnson, P. T., P.T.J., Olden, J. D., & Vander Zanden, M. J. (2008). Dam Invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. *Front. Ecol. Environ.*, 6(7), 357-363.
- Lake, P. S. (2003). Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48, 1161-1172.
- Lozano-Vilano, M. L., García-Ramírez, M. E., & De la Maza-Benignos, M. (2009). Índice biológico de Integridad Histórico (IBIh) e Índice de Similaridad de Sitios de Jaccard. En M. De la Maza-Benignos, *Los Peces del Río Conchos* (págs. 139-174:198). Alianza WWF-FGRA y Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Lyons, J., Gutiérrez-Hernández, A., Díaz-Pardo, E., Soto-Galera, E., Medina-Nava, M., & Pineda-López, R. (2000). Development of a Preliminary Index of Biotic Integrity (IBI) Based of Fish Assemblages to Asses Ecosystem Condition in the Lakes of Central Mexico. *Hidrobiología*, 418, 57-72.
- Lyons, J., Navarro-Perez, S., Cochran, P. A., Santana C., E., & Guzman-Arroyo, M. (1995). Index of biotic Integrity Based on Fishe Assemblages for the Conservation of the Streams and Rivers in West Central Mexico. *Conservation Biology*, 9(3), 569-584.
- Mass, M., & Cotler, H. (2007). Protocolo para el Manejo de Ecosistemas en Cuencas Hidrográficas. En H. Cotler, *El Manejo Integral de Cuencas en México* (Segunda ed., págs. 41-57). México,

- D.F., México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
- Mass, J. M. (2007). La Investigación de Procesos Ecológicos y el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Un Análisis del Problema de Escalas. En H. Cotler, *El Manejo Integral de Cuenca en México* (Segunda ed., págs. 65-78). México, DF, México: SEMARNAT (INE).
- Mendoza-Alfaro, R. E., Koleff-Osorio, P., Ramírez-Martínez, C., Álvarez-Torres, P., Arroyo-Damián, M., Escalera-Gallardo, C., y otros. (2011). La evaluación de riesgos por especies acuáticas exóticas invasoras: una visión compartida para Norteamérica. *Ciencia Pesquera*, 19(2), 65-75.
- Mercado-Silva, N., Lyons, J., Díaz-Pardo, E., Gutiérrez-Hernandez, A., Ornelas García, C. P., Pedraza-Lara, C., y otros. (2006). Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, Central Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*.
- Mestries-Benquet, F. (2002). El rancho se nos llenó de viejos: crisis del agro y migración internacional en Zacatecas. *Estudios Agrarios*(19), 81-136.
- Miller, R. R., Minckley, W. L., Norris, S. M., & Hall Gach, M. (2005). *Freshwater Fishes of Mexico* (1 ed.). Chicago, Illinois, United States of America: The University of Chicago Press.
- Moctezuma-Longoria, M. (2011). Saín Alto, Zacatecas. Etnografía de un Circuito Migrante. En M. Moctezuma-Longoria, *La transnacionalidad de los sujetos. Dimensiones, metodologías y orácticas convergentes de los migrantes en Estados Unidos* (págs. 193-224). México: Miguel Ángel Porrua.
- Myers, G. S. (1938). Fresh-water fishes and West Indian zoogeography. *Annual Report Smithsonian Institution*, 92, 339-364.
- Myers, G. S. (1951). Fresh-water fishes and East Indian zoogeography. *Stanford Ichthyological Bulletin*, 4, 11-21.
- Myrick, C. A., & Cech, J. J. (2000). Swimming Performances of Four California Stream Fishes: temperature effects. *Environmental Biology of Fishes*, 58, 289-295.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World* (Fourth ed.). Edmonton, Alberta, Canada: John Wiley and Sons.
- Olden, J. D., & Kennard, M. J. (2010). Intercontinental Comparison of Fish Life History Strategies along a Gradient of Hydrologic Variability. En K. B. Gido, & D. A. Jackson, *Community Ecology of Stream Fishes: concepts, approaches and techniques*. (págs. 83-107). Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, Symposium 73.
- Olden, J. D., & Poff, N. L. (2005). Long-term trends of native and non-native fish faunas in the America Southwest. *Animal Biodiversity and Conservation*, 28(1), 75-89.

- Olden, J. D., Poff, N. L., & Bestgen, K. R. (2006). Life-History Strategies Predict Fish Invasions and Extirpations in the Colorado River Basin. *Ecological Monographs*, 76(1), 25-40.
- Ortiz-Lozano, L. D., Escofet-Giansone, A., Castro, J. L., & Leyva-Aguilera, C. (2000). *Problemática Ambiental, Actores y Conflictos de Uso en Barra del Tordo, Tamalipas*. Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Administración Integral del Ambiente, Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California.
- Ortofotos digitales. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Escala 1:20,000. México. INEGI. 1992. Claves de imagen: F13B25C, F13B25E, F13B25F, F13B26A, F13B26B, F13B26D, F13B26E, F13B35C, F13B36A, F13B36B. Resolución 1.5-2.0. Datum ITRF92.
- Osmond, C. B., Björkman, O., & Anderson, D. J. (1980). *Physiological Processes y Plant Ecology*. New York: Springer-Verlag.
- Pearsons, T. N., & Li, H. W. (1992). Influence of Habitat Complexity on Resistance to Flooding and Resilience to Stream Fish Assemblages. *Transactions of the American Fisheries Society*, 121, 427-436.
- Pérez-Munguía, R., Pineda-López, R., & Medina-Nava, M. (2007). Integridad biótica de ambientes acuáticos. En O. Sanchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (1 ed., págs. 71-112). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Poiani, K., & Richter, B. (Trabajo no publicado). Paisajes Funcionales y la Conservación de la Diversidad. *Documentos de Trabajo para la Ciencia de la Conservación*, 12.
- Price, M. (2003). *Agua Subterránea*. México, D.F., México: Limusa.
- Price, P. W. (1997). *Insect Ecology* (3 ed.). New York, U.S.A.: Jhon Wiley and Sons, Inc.
- Quist, M. C., Rahel, F. J., & Hubert, W. A. (2005). Hierarchical faunal filters: an approach to assessing effects of habitat and nonnative species on native fishes. *Ecology of Fresh Water Fish*, 14, 24-39.
- Root, R. B. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37(4), 317-349.
- Rosgen L., D. (1994). A Clasificación of Natural Rivers. *Elsevier (CATENA)*(22), 169-199.
- Salas-Martínez, M. G. (1971). Ictiofauna del Complejo de Cuencas Nazas, Aguanaval, Parras y del Chorro de los Estados de Durango, Zacatecas y Coahuila, México. *Tesis para obtener el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas*, 1-101. San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México: FCB, UANL (Inédita).

- Sanchez, O. (2007). Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En O. Sanchez, M. Herzing, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (1 ed., págs. 11-36). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- SARH. (1977). *Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en el Estado de Zacatecas*. Consultec, Ingenieros Asociados, S.C. México: SARH.
- SARH. (1981). *Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en la Región de Saín Alto, Zacatecas*. Técnicas Asesores y Constructores, S.A. México: SARH.
- Schmitter-Soto, J. J., Ruiz-Cauich, L. E., Herrera, R. L., & Gonzáles-Solís, D. (2011). An Index of Biotic Integrity of Shallow Streams of the Hondo River Basin, Yucatan Peninsula. *Science of the Total Environment*, 409, 844-852.
- Schönhuth, S., Blum, M. J., Lozano-Vilano, L., Neely, D. A., Varela-Romero, A., Espinosa, H., y otros. (2011). Inter-basin exchange and repeated headwater capture across the Sierra Madre Occidental inferred from the phylogeography of Mexican stonerollers. *Journal of Biogeography*, 38, 1406-1421.
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). (25 de Marzo de 1980). Norma Mexicana NMX-AA-003-1980. *Aguas Residuales-Muestreo*. México, D.F., México: Dirección General de Normas.
- SEFOA. (2000). Estudio de Evaluación de la Disponibilidad de Agua Subterránea en las Zonas El Palmar y Saín Alto en el Estado de Zacatecas. Contrato SEFOA 005/00. Consultores en Agua Subterránea, S. A.
- SEMARNAT. (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. *Diario Oficial*.
- SEMARNAT. (30 de Diciembre de 2010). Norma Oficial Mexicana, NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, págs. 1-77.
- SEMARNAT. (7 de Septiembre de 2012). Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. *Diario Oficial*, pág. 296.
- Shiklomanov, I. A. (1999). World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. *Summary* (pág. 28). Prepared in the Framework of the IHP UNESCO.: State Hydrological Institute. Russia.

- Solís-Carlos, F., Lozano Vilano, M. L., García Ramírez, M. E., & Contreras, J. A. (11 de Marzo de 2009). Estudio Taxonómico y Distribucional de la Ictiofauna de Áreas Selectas en el N del Estado, Zacatecas, México. San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México.
- Sorensen, J. C., McCreary, S. T., & Brandani, A. (1992). *Costas*. Rhode Island: United States Agency for International Development, Coastal Resources Center.
- Stanford, J. A., & Pool, G. C. (1996). A protocol for ecosystem management. *Ecological Applications*, 6, 741-744.
- Tansley, A. G. (1935). Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology*, 16(3), 284-307.
- Tedesco, P., & Hugueny, B. (2006). Life history strategies affect climate based spatial synchrony in population dynamics of West African freshwater fishes. *OIKOS*, 115, 117-127.
- Toledo, O. A. (2006). *Agua, Hombre y Paisaje* (1 ed.). (R. M. Lalli, Ed.) México, México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
- Trautman, M. B. (1981). *The Fishes of Ohio*. (Revisada ed.). Columbus, Ohio, U.S.A.: Ohio State University Press.
- Trujillo Jimenez, P., Lopez Lopez, E., Díaz Pardo, E., & Camargo, J. A. (2010). Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, Mexico: influence of abiotic factors and biotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20, 457-469.
- Varela-Romero, A., & Hendrickson, D. A. (2009). Peces Dulceacuicolas. En F. E. Molina-Freaner, & T. R. Van Devender, *Diversidad Biológica de Sonora* (págs. 339-356). México, D.F.: UNAM.
- Verril, A. E. (1869). On the Parasitic Habits of Crustacea. *The American Naturalist*, 3(5), 139-250.
- Wang, L., Lyons, J., & Kanhel, P. (2001). Impacts of Urbanization on Stream Habitat and Fish Across Multiple Spatial Scales. *Environmental Management*, 28(2), 255-266.
- Wenger, S. (5 de Marzo de 1999). A Review of the Scientific Literature on Riparian Buffer Width, Extent and Vegetation. 59. Athens, Georgia, U.S.A.: Institute of Ecology.
- Winemiller, K. O., & Rose, K. A. (1992). Patterns of life-history diversification in the North American fishes: implication of population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49, 2196-2218.

Citas Web

- Camacho-Manríquez, J., Esquivel de la Riva, J. M., & Ramírez Román, J. (2009). *Enciclopedia de los Municipios de México*. (C. N. Gobernación, Ed.) Recuperado el 11 de Noviembre de 2010, de Enciclopedia de los Municipios de México: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/zacatecas/municipios/32040a.htm>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), The Nature Conservancy - Programa México (TNC), Pronatura. (2007). Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. *Escala 1: 1000000*. (C. T. CONABIO, Ed.) D.F., México, México. Recuperado el 12 de 10 de 2012, de Catálogo de metadatos geográficos:

www.conabio.gob.mx/informacion/gis/schemas/fgdc/fgdc-std-001-1998-xsd

Hernandez, I. (06 de Marzo de 2011). *Info Rural*. (I. Zacatecas, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Info Rural:

http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=71508

INEGI. (8 de Marzo de 2010a). *Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Saín Alto, Zacatecas*. Recuperado el 12 de Febrero de 2011, de Pagina Oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía:

<http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>

INEGI. (2011). *Censos y Conteos de Población y Vivienda*. Recuperado el 13 de Agosto de 2011, de Instituto Nacional de Geografía y Estadística:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

Martínez, V. (22 de Mayo de 2011). *Info Rural*. (NTRZacatecas.com, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Infor Rural:

http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=75491

Ortega, S. (28 de abril de 2011). *Infor Rural*. (NTRZacatecas.com, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Info Rural:

http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=73907

Perez, C. (15 de Febrero de 2013). *Info rural*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de Info rural:

<http://www.inforural.com.mx/spip.php?article115171>

Pinedo, R. (29 de Mayo de 2010). *Info Rural*. (E. S. Zacatecas, Ed.) Recuperado el 17 de 07 de 2011, de Info Rural:

http://www.inforural.com.mx/noticias.php?&id_rubrique=389&id_article=59780

Ruiz-Perdomo, J. C., Milán-Cárdenas, M., & Murguía-Cruz, B. (Marzo de 2010). *Redvet*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2012, de Revista Electrónica de Veterinaria:

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/>

XII. Anexos

Anexo I

Método

I.1. Identificación del tipo de río (morfología).

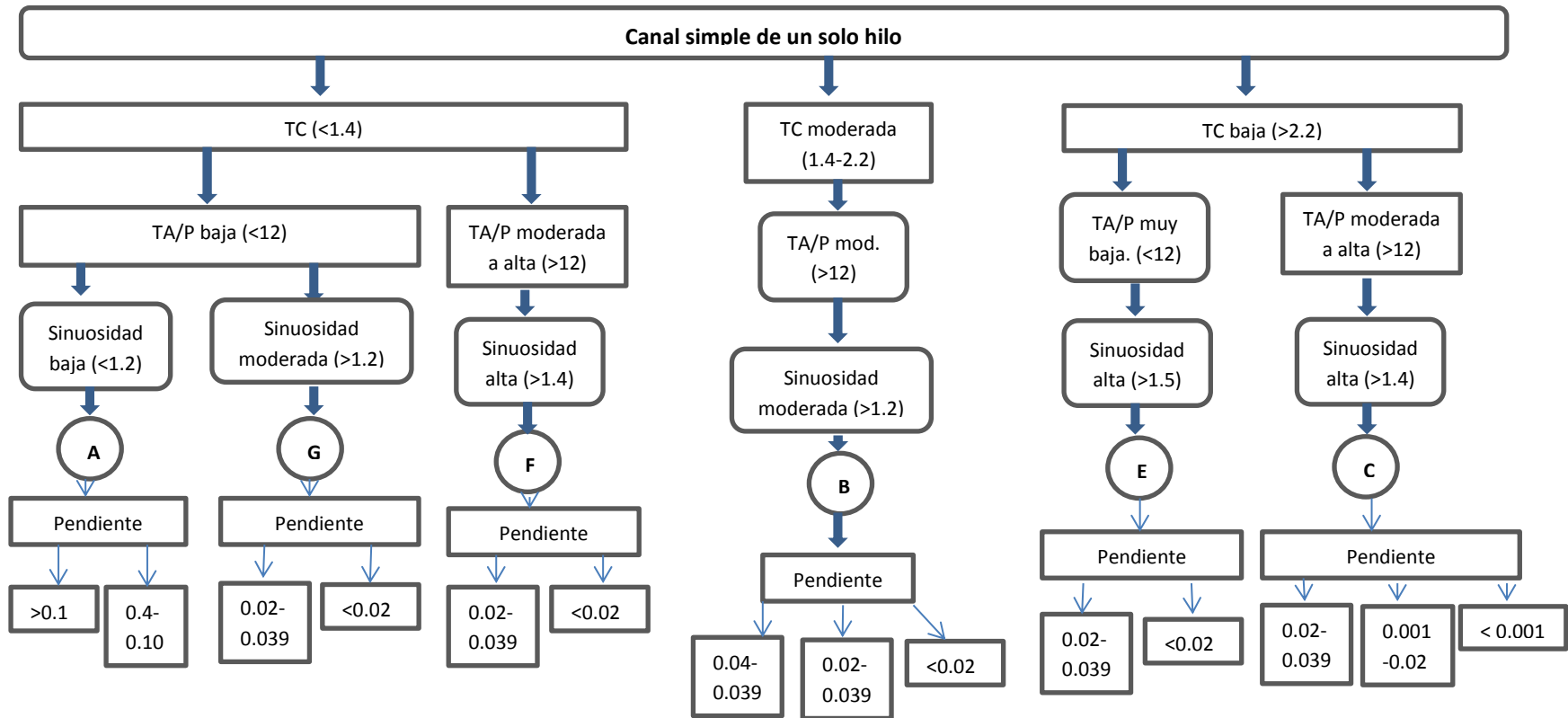


Figura 1 Claves de identificación para los tipos de río (Tomado de Rosgen 1994).

I.2. Tipos de sustrato.

Los diferentes tipos de sustrato fueron determinados a vista, considerando tamaños de grano como los abajo ilustrados.



Figura 2 Cama roca o tepetate



Figura 3 Rocas



Figura 4 Canto rodado (Guijarros)



Figura 5 Grava



Figura 6 Arena



Figura 7 Limo o arcilla

I.3. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a la DBO₅ y DQO.

Tabla 1 Escala de clasificación de la calidad del agua para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (CNA, 2005).

Criterio	Clasificación	Color
$DBO_5 \leq 3$	Excelente No contaminada	Azul
$3 < DBO_5 \leq 6$	Buena Calidad Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
$6 < DBO_5 \leq 30$	Aceptable Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
$30 < DBO_5 \leq 120$	Contaminada Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Naranja
$DBO_5 > 120$	Fuertemente Contaminada Aguas superficiales con fuerte impacto de aguas residuales crudas, municipales y no municipales	Rojo

Tabla 2 Escala de clasificación de la calidad del agua para la demanda química de oxígeno (DQO) (CNA, 2005).

Criterio	Clasificación	Color
$DQO \leq 10$	Excelente No contaminada	Azul
$10 < DQO \leq 20$	Buena Calidad Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	Verde
$20 < DQO \leq 40$	Aceptable Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
$40 < DQO \leq 200$	Contaminada Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Naranja
$DQO > 200$	Fuertemente Contaminada Aguas superficiales con fuerte impacto de aguas residuales crudas, municipales y no municipales	Rojo

I.4. Sistema de clasificación de unidades terrestres con aptitud agrícola.

La capacidad de uso y aptitud agrícola de la tierra fue valorada con base en la descripción de las características para la topografía, geología (INEGI, 2005a, 2005c), edafología (INEGI, 2004; IUSS grupo de trabajo WRB, 2007) y pendientes (INEGI, 2005b).

Tabla 3 Características del terreno tomadas en cuenta para la determinación de la capacidad de uso y aptitud agrícola del terreno.

Topografía			Geología		Edafología		
Relieve	Clase	Pendiente (%)	Capacidad de uso	Tipo de roca	Clase	Tipo de suelo	Clase
Lomerío	Buena	0-2	Muy buena	Sedimentaria	Buena	Fluvisol	Buena
Meseta	Mala	2-6	Buena	Suelo	Buena	Leptosol	Mala
Valle	Buena	6-12	Media	Ígnea extrusiva	Mala	Luvisol	Buena
		>12	Nula			Fozem	Buena
						Regosol	Mala

Nota: la clase representa la aptitud de cada característica del terreno para el uso de tipo agrícola.

Tabla 4 Sistema de clasificación unidades con aptitud agrícola en el área de intervención.

	Relieve	Pendiente	Roca	Suelo	Aptitud
1	Valle y lomerío	0-6	sedimentaria/suelo	fluvisol/luvisol/fozem	Alta
2	Valle y lomerío	6-12	sedimentaria/suelo	fluvisol/luvisol/fozem	Media
3	Valle y lomerío	12-20	sedimentaria/suelo	fluvisol/luvisol/fozem	Nula
4	Valle y lomerío	0-6	Ígnea extrusiva	fluvisol/luvisol/fozem	Media
5	Valle y lomerío	6-12	Ígnea extrusiva	fluvisol/luvisol/fozem	Baja
6	Valle y lomerío	12-20	Ígnea extrusiva	fluvisol/luvisol/fozem	Nula
7	Valle y lomerío	0-6	sedimentaria/suelo	Leptosol/regosol	Media
8	Valle y lomerío	6-12	sedimentaria/suelo	Leptosol/regosol	Baja
9	Valle y lomerío	12-20	sedimentaria/suelo	Leptosol/regosol	Nula
10	Valle y lomerío	0-6	Ígnea extrusiva	Leptosol/regosol	baja
11	Valle y lomerío	6-12	Ígnea extrusiva	Leptosol/regosol	Nula
12	Valle y lomerío	12-20	Ígnea extrusiva	Leptosol/regosol	Nula
13	Meseta	0-6	sedimentaria/suelo	fluvisol/luvisol/fozem	Media
14	Meseta	6-12	sedimentaria/suelo	fluvisol/luvisol/fozem	Baja
15	Meseta	12-20	sedimentaria/suelo	fluvisol/luvisol/fozem	Nula
16	Meseta	0-6	Ígnea extrusiva	fluvisol/luvisol/fozem	Baja
17	Meseta	6-12	Ígnea extrusiva	fluvisol/luvisol/fozem	Baja
18	Meseta	12-20	Ígnea extrusiva	fluvisol/luvisol/fozem	Nula
19	Meseta	0-6	sedimentaria/suelo	Leptosol/regosol	Baja
20	Meseta	6-12	sedimentaria/suelo	Leptosol/regosol	Nula
21	Meseta	12-20	sedimentaria/suelo	Leptosol/regosol	Nula
22	Meseta	0-6	Ígnea extrusiva	Leptosol/regosol	Baja
23	Meseta	6-12	Ígnea extrusiva	Leptosol/regosol	Nula
24	Meseta	12-20	Ígnea extrusiva	Leptosol/regosol	Nula

I.6. Cuestionario

El siguiente cuestionario fue utilizado (pilotaje) durante la etapa del análisis social del presente trabajo.



Localidad: _____ Fecha: _____

I. Perfil Social

De las siguientes preguntas, escriba o subraye la respuesta correcta según sea el caso.

1.- Sexo: a) Mujer b) Hombre

2.- Edad: _____

3.- ¿Usted nació en el municipio de Saín Alto, Zacatecas?

a) Si (pase a la pregunta 5) b) No

4.- ¿Cuál es su lugar de nacimiento? _____

5.- ¿Ha vivido en alguna otra comunidad además de la actual?

a) si b) no (pase a la pregunta 7)

6.- ¿Cuántos años lleva usted viviendo en la comunidad? _____

7.-Hasta qué grado cursó sus estudios:

a) Primaria b) Secundaria c) Preparatoria d) Universidad e) Posgrado

f) ninguno

8.- ¿A qué se dedica? _____

9.- ¿Tiene algún otro trabajo además del anterior? a) si ¿Cuál? b) no

II. Actividades Agrícolas (solo para agricultores).

10.- ¿Cuántas hectáreas tiene de sembradío? _____

11.- ¿Siembra el total de esas hectáreas? a) si b) no ¿Por qué?

12.- ¿Qué tipo de sembradío es?

a) temporal (pase a la sección II) b) riego

13.- ¿Cuántas veces al año suele sembrar?

a) una b) dos c) tres

14.- ¿De dónde viene el agua que usa para regar?

a) pozo b) noria c) manantial d) río e) otro ¿Cuál? _____

15.- ¿De qué manera obtiene el agua?

a) bomba eléctrica b) bomba de gasolina c) bomba hidráulica

d) canal por gravedad e) entubada por gravedad

16.- ¿Cuántas horas usa el agua cuando riega su(s) parcela(s)?

a) 1hra b) 2hras c) 3hras d) 4hras e) 5hras f) más de 5 hras

17.- ¿A qué hora del día riega?

a) 7-10 am b) 10 am-1 pm c) 1 pm – 4 pm d) 4 pm – 7 pm

e) 7 pm – 10 pm

III. Servicios

18.- ¿Tiene usted acceso a agua entubada? a) Si (pase a la pregunta 21) b) No

19.- ¿De dónde viene el agua que usa en las labores y servicios de su casa?

a) Río b) Pozo c) Manantial d) Noria

e) Otro ¿Cuál? _____

20.- ¿De qué manera recibe el agua? a) Pipa b) Canal c) Acarreo

d) Otro (especifique) _____

21.- ¿Su casa cuenta con drenaje? a) Si (pase a la sección IV) b) No

22. ¿Señale en cuál de las siguientes opciones es donde vierten las aguas residuales domésticas?

a) al río b) fosa séptica c) a la calle d) Otro ¿Cuál? _____

IV. El río.

23.- ¿Conoce usted el río que pasa por su comunidad? a) Sí b) No (fin del cuestionario)

24.- ¿Sabe cómo se llama el río? a) Sí ¿Cómo? _____ b) No

25.- ¿Sabe usted donde nace el río? a) Sí ¿Donde? _____ b) No

26.- ¿Conoce por cuáles pueblos o rancherías pasa?

a) Sí ¿Cuáles? _____

b) No (pase a la pregunta 29)

27.- ¿Conoce cuál es el número de habitantes de esos pueblos y ranchos?

b) No

34.- ¿En su opinión cuales han sido o son las causas de esos cambios?

- a) avenidas del río b) construcciones sobre el río c) la ganadería e) descargas de drenaje f) la agricultura g) Otras ¿Cuáles? _____

V. Peces.

35.- ¿Conoce si hay peces en el río?

- a) Si b) No

36.- ¿Usted pesca?

- a) Si mencione el nombre del pez o peces si lo(s) conoce:

b) No (fin del cuestionario).

37.- ¿En cuál de los siguientes sitios suele pescar?

- a) presa ¿Cuál? _____ b) el río ¿Cuál? _____ c) ambos

38.- ¿Conque fin, usted práctica la pesca?

- a) consumo b) diversión c) alimentar animales d) Otro ¿Cuál? _____

39.- Cómo pescador, ¿ha notado alguno de los siguientes cambios en los peces del río?

- a) hay más peces b) hay menos peces d) hay más tipos de peces
e) hay menos tipos de peces f) tienen parásitos g) están deformes
h) ninguno de los anteriores (fin del cuestionario) i) otro ¿Cuál? _____

40.- ¿Desde cuándo ha notado esos cambios?

- a) 1 año b) 2 años c) 3 años d) 4 años e) 5 años f) más de 5 años

41.- Con base en su opinión, ¿cuáles son las causas de esos cambios?

- a) escases de agua b) contaminación c) avenidas del rio d) Otra(s) ¿Cuáles?
- _____

VI. Percepciones.

Del siguiente recuadro por favor escoja el número que mejor represente su opinión sobre cada una de las siguientes afirmaciones y colóquelo al final de cada una de ellas.

1	totalmente en desacuerdo
2	en desacuerdo
3	ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	de acuerdo
5	totalmente de acuerdo

- 42.- El río es muy importante para mí _____
- 43.- El río es una fuente de vida y de recursos para animales y pobladores _____
- 44.- Necesito del agua del río para regar mis cultivos y/o realizar mis actividades diarias _____
- 45.- Las condiciones del río no han cambiado desde que tengo memoria _____
- 46.- Es importante conservar el río, así como a todos los animales y plantas que habitan o dependen de él _____
- 47.- Considero que la conservación del río es un asunto de las autoridades y no mía _____
- 48.- Estoy dispuesto a realizar acciones para mantener el río en buen estado _____
- 49.- Tengo derecho a usar toda el agua del río que yo quiera _____
- 50.- La contaminación del río es algo que no me interesa _____
- 51.- No me afecta si el río se seca _____

Por último, ¿quisiera agregar algún comentario con respecto al cuestionario o el río?

¡Muchas gracias por su colaboración, disposición y tiempo!

I.7. Compilación fotográfica del método



Figura 8 Fijación de muestras de agua para análisis fisicoquímico en laboratorio.



Figura 9 Toma de características morfológicas del río.



Figura 10 Medidor de múltiples parámetros fisicoquímicos Hydrolab Scout 2.



Figura 11 Recolección de peces con chinchorro.



Figura 12 Medición de parámetros fisicoquímicos.



Figura 13 Medición de la velocidad de corriente para determinar gasto.

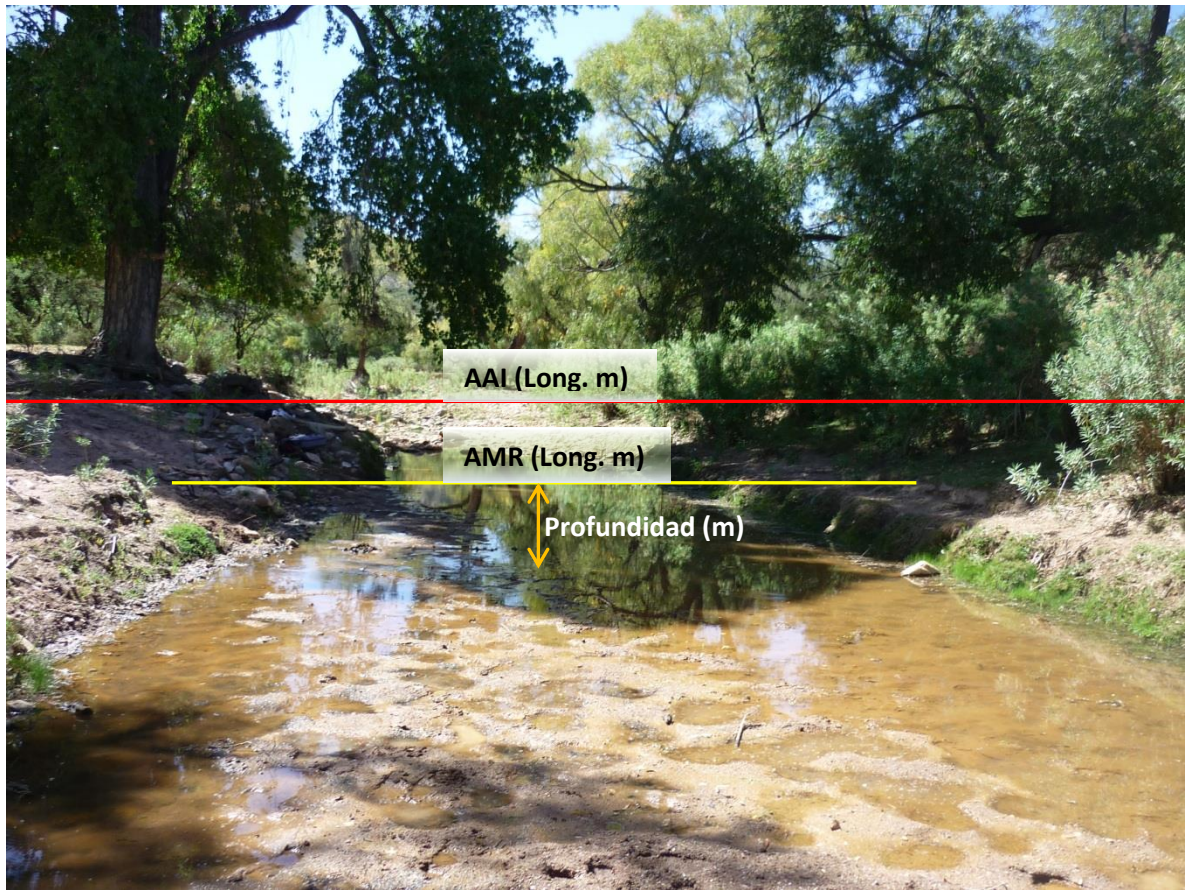


Figura 14 Variables tomadas en campo para la identificación de tipo de río. AMR = ancho de la máxima ribera, AAI = ancho del área de inundación.

Anexo II

Resultados

II.1. Morfología del cauce del río

Tabla 1 Características morfológicas del Río Saín Alto en diferentes puntos de muestreo a través de su trayectoria.

Sitio	Coordenadas (UTM)	Topografía		Tipos de Sustratos (%)					Tipo de Hábitat (%)				
		Nombre	X/Y	Altura msnm	Pendiente (%)	Arena	Grava	Guijarro	Roca	Cama Roca	Poza	Rabión	Escalón
Luis Moya (río arriba)	0657241, 2608729			2247	---	---	---	88	12	12	88	---	
Luis Moya	0659079, 2608567			2200	2.54	80	---	20	---	15	85	---	
Luis Moya (río abajo)	0661001, 2607632			2174	1.21	14	25	60	---	1	39	59.5	1.5
Los Sauces	0663239, 2606777			2142	1.33	97	---	---	1	2	97	2	1
El Lindero	0665629, 2607509			2113	1.16	---	---	36.5	30	33.5	81	19	---
El Varal	0667411, 2608088			2100	0.69	70	---	30	---	---	70	30	---
Camino a Emiliano Zapata	0670232, 2607658			2079	0.74	20	---	80	---	---	50	50	---
Emiliano Zapata (Orilla)	0671537, 2607458			2073	0.46	100	---	---	---	---	100	0	---
Emiliano Zapata	0673743, 2607599			2064	0.41	15	---	50	---	35	63	37	---
Puente Atotonilco	0677176, 2606641			2034	0.84	---	70	30	---	---	70	30	---
La Boquilla	0679984, 2608207			2025	0.28	90	---	10	---	---	75	25	---
El Castro	0681756, 2609652			2003	0.96	26	---	74	---	---	16	82.5	1.5
El Alamillo	0682882, 2611122			1981	1.17	100	---	---	---	---	70	30	---
Huajota	0684792, 2612540			1962	0.79	5	93	2	---	---	93	7	---
La Laborcita	0689471, 2615009			1935	0.52	80	---	20	---	---	80	20	---
La Fracción	0692527, 2617176			1920	0.41	100	---	---	---	---	82	18	---

II.2. Calidad y fisicoquímica del agua del Río Saín Alto.

Tabla 2 Parámetros de la calidad del agua del Río Saín Alto y descargas de aguas residuales (CNA, 2011).

		Localidades y puntos de muestreo								
		Luis Moya ^D	Los Sauces	Puente Atotonilco ^{AD}	Puente Atotonilco ^{DD}	La Boquilla ^{AD}	La Boquilla ^D	El Castro	Arroyo Barrancas ^D	La Laborcita
Muestreo	Fecha	18-oct-11	18-oct-11	18-oct-11	18-oct-11	18-oct-11	18-oct-11	18-oct-11	18-oct-11	18-oct-11
	Hora	08:55	10:15	10:47	11:47	12:58	12:58	15:38	16:45	17:36
Variable/Fecha de análisis		19-oct-11	19-oct-11	19-oct-11	19-oct-11	19-oct-11	19-oct-11	19-oct-11	19-oct-11	19-oct-11
pH en campo (Unidad)		6.63	6.85	7.21	7.21	7.21	6.89	7.57	7.79	7.41
pH en laboratorio (Unidad)		8.4	8.3	8.6	8.6	8.8	8.5	8.9	9	9.4
Temperatura de campo (°C)		17.31	12.99	19.34	19.34	18.06	21.61	19.53	21.15	23.3
Temperatura ambiente (°C)		18	23	24	24	26	26	26	25	25
Sólidos Sedimentables (ml/l)		0.2	0	0.2	0.1	<0.1	0.4	<0.1	0.1	0.1
O.D. (mg/l)		1.81	11.11	8.48	11.51	13.13	0	2.88	4.24	12.52
D.B.O. (mg/l)		94.53	1.83	1.61	4.04	1.53	101	3.73	25.55	2.02
D.Q.O. (mg/l)		116.48	24.96	29.12	41.6	29.12	457.6	33.28	141.44	20.8
Nitrógeno (mg/l)	NH3	17.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	21.26	1.72	54.37	<0.1
	NO2	<0.01	<0.01	0.01	0.012	0.01	<0.01	0.2	<0.01	<0.01
	NO3	2.2	1.1	1.7	0.3	0.2	2	1.2	0.8	0.8
Fosforo (mg/l)	PO4 (Total)	-	0.27	0.2	0.12	0.33	13	2.56	26.6	0.26
	PO4 (Orto)	18.76	<0.01	<0.01	0.06	0.05	8.33	0.69	10.47	0.18
Turbiedad (U.T.N.)		39.3	2.04	2.67	4.84	8.86	44	2.07	28.8	16.48
Dureza	Ca (mg/l)	226.32	150.88	113.16	113.16	103.73	113.16	130.13	198.03	113.16
	Mg (mg/l)	39.6	20.74	13.2	7.54	32.06	18.86	22.63	28.93	30.17
	Total (mg/l)	265.92	171.62	126.36	120.7	135.79	132.02	152.76	226.32	143.33
Color (Pt-Co)		200	20	30	40	30	>200	40	30	50
Boro (mg/l)		<0.02	<0.02	0.03	0.04	0.03	<0.02	0.03	<0.02	<0.02

Variable		Luis Moya ^D	Los Sauces	Puente Atotonilco ^{AD}	Puente Atotonilco ^{DD}	La Boquilla ^{AD}	La Boquilla ^D	El Castro	Arroyo Barrancas ^D	La Laborcita
Sulfatos (mg/l)		42	39	25	21	28	38	26	72	29
Calcio (mg/l)		90.52	60.35	45.26	45.26	41.49	45.26	52.05	79.2	45.26
Magnesio (mg/l)		9.5	4.92	3.16	1.8	7.69	4.52	5.43	6.78	7.2
Cloruros (mg/l)		5.88	6.8	5.89	4.99	9.07	19.05	14.97	59.89	11.79
Alcalinidad (CaCO3) (mg/l)	Total	370.83	149.35	198.46	192.83	233.24	284.9	247.5	557.53	224.03
Solidos (mg/l)	SST	220	23	29	31	34	164	31	64	30
	SDT	427	182	240	343	380	452	398	988	429
Conductividad (micromhs/cm)		830	350	440	410	510	710	540	1340	490
Coliformes filtro x membrana	Totales	4x10 ⁷	360	2000	1.96x10 ⁵	4000	1.96X10 ¹⁴	10000	4x10 ⁷	6000
	Fecales	4x10 ⁶	200	200	22400	1200	1.4x10 ⁶	200	8x10 ⁶	400
Sodio (mg/l)		36.34	5.98	43.24	41.86	47.15	80.96	54.28	134.32	47.38
Potasio (mg/l)		25.35	3.9	3.12	3.12	5.46	10.14	7.02	34.32	7.8
Carbonatos (mg/l)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mg/l)		397.11	143.27	200.59	192.4	233.35	315.23	253.82	581.34	229.26

II.3. Fauna

Tabla 3 Familias de insectos e invertebrados acuáticos recolectadas en el río Saín Alto.

Orden	Familia	Nombre común
Ephemeroptera	Tricorythidae	Pequeño trepador
Ephemeroptera	Baetidae	Bétido
Odonata	Coenagrionidae	Caballito del diablo
Odonata	Cordulegastridae	Libélula
Odonata	Aeshnidae	Libélula
Odonata	Lestidae	Caballito del diablo
Odonata	Libellulidae	Libélula
Odonata	Gomphidae	Libélula
Hemiptera	Corixidae	Lanchero
Hemiptera	Belostomatidae	Chinche gigante o asesina
Hemiptera	Guerridae	Caminadores de agua
Hemiptera	cf Veliidae	Caminadores de piernas cortas
Hemiptera	Notonectidae (Notonectinae)	Nadadores boca arriba
Hemiptera	Naucoridae (Ambrysinae)	Gateador
Hemiptera	Mesoveliidae	
Hemiptera	(N/D)	
Trichoptera	Leptoceridae	
Trichoptera	cf Rhyacophilidae	
Trichoptera	Hydroptilidae (Hydroptilinae)	
Trichoptera	(N/D)	
Coleoptera	Gyrinidae	
Coleoptera	Hydrophilidae (Hydrophilinae)	
Coleoptera	Dytiscidae	
Diptera	(N/D)	
Annelida (Hirudinea)	(N/D)	Sanguijuela
Platyhelminthes: Turbellaria	(N/D)	Planaria
Mollusca (Gastropoda)	(N/D)	Caracol

N/D = No determinado.

Tabla 4 Composición taxonómica, categorías ecológicas, biogeográficas y de conservación del componente de peces en el Río Saín Alto, Zacatecas, México

Familia	Género	Especie	Origen Zoogeográfico	Afinidad Ecológica	Estatus Zoogeográfico	Gremio Alimenticio	Posición en la Columna de Agua	Status NOM-059
Cyprinidae	<i>Campostoma</i>	<i>ornatum</i> (Girard)	Neártica	Primaria	Nativa	Herbívoro	Béntico	
Cyprinidae	<i>Gila</i>	<i>conspersa</i> (Garman)	Neártica	Primaria	Nativa	Omnívoro	Media agua	Amenazada
Cyprinidae	<i>Notropis</i>	<i>nazas</i> (Meek)	Neártica	Primaria	Nativa	Insectívoro	Media agua	
Catostomidae	<i>Catostomus</i>	<i>nebuliferus</i> (Garman)	Neártica	Primaria	Nativa	Detritívoro	Béntico	Amenazada
Characidae*	<i>Astyanax</i>	<i>mexicanus</i> (De Filippi)	Neotropical	Primaria	Nativa	Omnívoro	Media agua	
Percidae	<i>Etheostoma</i>	<i>pottsi</i> (Girard)	Neártica	Primaria	Nativa	Insectívoro	Béntico	Amenazada
Cyprinidae	<i>Cyprinus</i>	<i>carpio</i> (Linnaeus)	Paleártica	Primaria	Exótica	Omnívoro	Béntico	
Poeciliidae	<i>Gambusia</i>	<i>affinis</i> (Baird y Girard)	Neotropical	Secundaria	Exótica	Insectívoro	Superficie	
Centrarchidae	<i>Lepomis</i>	<i>cyanellus</i> (Rafinesque)	Neártica	Primaria	Exótica	Carnívoro	Media agua	
Centrarchidae	<i>Lepomis</i>	<i>macrochirus</i> (Rafinesque)	Neártica	Primaria	Exótica	Carnívoro	Media agua	
Centrarchidae	<i>Micropterus</i>	<i>salmoides</i> (Lacepède)	Neártica	Primaria	Exótica	Carnívoro	Media agua	
Cichlidae	<i>Tilapia</i>	sp.	Etiópica	Secundaria	Exótica	Omnívoro	Media agua y Béntico	

* Nuevo registro.

Tabla 5 Presencia-ausencia por evento de muestreo y localidad en el río Saín Alto, Zacatecas, México

Localidad	Cuenca Alta				Cuenca Media				Cuenca Baja			
	ALM	LS	EZ	MH	PA	SA	LB	EC	EA	CB	SB	LL
Fecha del Muestreo	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct	may/oct
<i>C. ornatum</i>						X	X	X		X		X
<i>G. conspersa</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>N. nazas</i>			X		X	X	X				X	X
<i>C. nebuliferus</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>A. mexicanus</i>				X		X						
<i>E. pottsi</i>					X	X	X	X				
<i>C. carpio</i>							X	X				
<i>G. affinis</i>											X	X
<i>L. cyanellus</i>										X	X	X
<i>L. macrochirus</i>										X		X
<i>M. salmoides</i>											X	
<i>Tilapia sp.</i>								X	X			

Tabla 6 Avifauna terrestre y asociada al río en Saín Alto, Zacatecas, México

Familia	Genero	Especie	Nombre común	Estatus NOM-059
Accipitridae	<i>Accipiter</i>	<i>cooperii</i>	Gavilán de cooper	Protección especial (Pr)
Accipitridae	<i>Parabuteo</i>	<i>unicinctus</i>	Aguililla rojinegra	Protección especial (Pr)
Accipitridae	<i>Circus</i>	<i>cyaneus</i>		
Accipitridae	<i>Accipiter</i>	<i>striatuss</i>	Gavilan pecho rufo	Protección especial (Pr)
Alcedinidae	<i>Ceryle</i>	<i>alcyon</i>		
Alcedinidae	<i>Chloroceryle</i>	<i>americana</i>		
Anatidae	<i>Anas</i>	<i>clypeata</i>		
Anatidae	<i>Anas</i>	<i>platyrhynchos</i>	Pato mexicano	Amenazada (A)
Charadriidae	<i>Charadrius</i>	<i>vociferus</i>		
Emberizidae	<i>Spizella</i>	<i>passerina</i>		
Mimidae	<i>Toxostoma</i>	<i>curvirostre</i>		
Parulidae	<i>Parula</i>	<i>pitiayumi</i>	Parula	Protección especial (Pr)
Picidae	<i>Melanerpes</i>	<i>aurifrons</i>		
Scolopacidae	<i>Gallinago</i>	<i>delicata</i>		
Tyrannidae	<i>Tyrannus</i>	<i>couchii</i>		
Tyrannidae	<i>Sayornis</i>	<i>phoebe</i>		
Tyrannidae	<i>Empidonax</i>	<i>occidentalis</i>		
Tyrannidae	<i>Pyrocephalus</i>	<i>rubinus</i>		

II.4. Problemas y sus causas

Tabla 7 Resultados de la ponderación de los problemas y sus causas.

Problemas/Causas	Unidades con el problema	Unidades con la causa	Contribución del problema	Contribución de la causa	Valor del problema
Disminución del nivel del manto freático	4		3		
Sobreexplotación por pozos de riego y urbanos		2		4	
Construcción de bordos y canales de riego		1		2	85.5
Extracción de agua del río por bombeo o pipas		1		1.5	
Temporadas de estiaje y sequías		4		2	
Disminución de la cobertura vegetal nativa	12		2.5		
Pastoreo de ganadería extensiva		8		2	
Expansión de los poblados		7		1.5	56.3
Agricultura		12		4	
Fragmentación y pérdida de hábitat en el río	3		1.5		
Construcción de bordos y canales de riego		3		2	
Construcción de puentes y caminos sobre o en los márgenes del río		1		0.75	
Extracción de arena y/o piedra		1		1.5	46.3
Sedimentación		3		1.5	
Pérdida de cobertura vegetal en los bancos		2		1.5	
Descargas de aguas residuales urbanas		3		3	
Erosión de los bancos del río	3		1.5		
Pastoreo de ganadería extensiva		3		2	
Construcción de puentes y caminos sobre o en los márgenes del río		2		1.5	42.8
Expansión de los poblados		3		3	
Agricultura		3		3	
Contaminación	9		2		
Descargas de aguas residuales urbanas		3		4	
Lavado de coches sobre el río		1		0.75	42
Disposición inadecuada de contenedores de herbicidas		2		0.75	
Disposición inadecuada de desechos sólidos		8		1.5	
Modificación del cauce e hidrodinámica del río	3		2		
Avenidas del río por lluvias torrenciales y eventos naturales		1		0.75	
Construcción de puentes y caminos sobre o en los márgenes del río		1		1	37.5
Construcción de bordos y canales de riego		3		3	
Extracción de arena y/o piedra		1		1.5	
Especies exóticas	3		1.5		
Manejo incompatible de especies		3		3	13.5
Eutroficación	3		0.75		
Construcción de bordos y canales de riego		1		1.5	
Descargas de aguas residuales urbanas		3		3	13.5
Pastoreo de ganadería extensiva		3		1.5	

Tabla 8 Se describen los diferentes sectores que perciben el problema, ubicación espacial de donde se origina la causa, factores que dan origen o por los que se origina la causa y medios por los cuales se identificó el problema.

Problemas y sus causas	Sector que percibe el problema	Ubicación espacial y origen de la fuente	Factores que generan la fuente	Fuente de Información
Disminución de la cobertura vegetal nativa	Gubernamental y Académico			
Pastoreo de ganadería extensiva		Interno antropogénico	Falta de programas y capacitación de producción intensiva en zonas áridas	Evidencia de campo
Expansión de los poblados		Interno antropogénico	Falta de un programa de ordenamiento territorial y ecológico a nivel regional y local	Evidencia de campo y digital (ortofotos)
Agricultura		Interno antropogénico	Falta de un programa de ordenamiento territorial y ecológico a nivel regional y local	Evidencia de campo y digital (ortofotos)
Fragmentación y pérdida de hábitat en el río	Académico			
Construcción de bordos y canales de riego		Interno antropogénico	Infraestructura necesaria para el riego de cultivos	Evidencia de campo y platicas con los pobladores
Construcción de puentes y caminos sobre el río		Interno antropogénico	Infraestructura necesaria para la comunicación vial	Evidencia de campo
Extracción de arena y/o piedra		Interno antropogénico	Falta de autoridades e incumplimiento de las leyes y normas que regulan el uso adecuado de los recursos naturales	Evidencia de campo y platicas con los pobladores
Sedimentación		Interno antropogénico	Falta de programas de manejo y educación ambiental agrícolas y ganaderos.	Evidencia de campo y platicas con los pobladores
Perdida de cobertura vegetal en los bancos		Interno antropogénico	Falta de programas de manejo y educación ambiental, agrícolas y ganaderos.	Evidencia de campo
Descargas de aguas residuales urbanas		Interno antropogénico	Falta de una planta de tratamiento de aguas residuales	Evidencia de campo, platicas con los pobladores e información del sector gubernamental
Contaminación	Agrícola, rural y gubernamental			
Descargas de aguas residuales urbanas		Interno antropogénico	Falta de una planta de tratamiento de aguas residuales	Evidencia de campo, platicas con los pobladores e información de sector gubernamental.
Lavado de coches sobre el río		Interno antropogénico	Falta de conocimiento sobre las repercusiones sobre el río o cultura	Evidencia de campo
Disposición inadecuada de contenedores de herbicidas		Interno antropogénico	Falta de un programa de manejo y capacitación sobre el uso de estas sustancias, así como de su posterior tratamiento y disposición	Evidencia de campo
Disposición inadecuada de desechos sólidos		Interno antropogénico	Falta de programas de educación ambiental en los diferentes instituciones y niveles educativos, así como de responsabilidad y conocimiento en los adultos sobre el tema.	Evidencia de campo, pilotaje de encuestas y platicas con los pobladores
Disminución del nivel del manto freático y río	Agrícola, rural y gubernamental			
Sobreexplotación por pozos		Interno antropogénico	Incumplimiento de las leyes y normas que regulan la extracción de agua en pozos agrícolas.	Información del sector gubernamental
Construcción de bordos y canales de riego		Interno antropogénico	Infraestructura necesaria para el riego de cultivos	Evidencia de campo y platicas con los pobladores

Problemas y sus causas	Sector que percibe el problema	Ubicación espacial y origen de la fuente	Factores que generan la fuente	Fuente de Información
Extracción de agua del río por bombeo o pipas		Interno antropogénico		Evidencia de campo
Temporadas de estiaje y sequías		Externo natural	Factores climáticos	Platicas con los pobladores e información del sector gubernamental
Modificación del cauce e hidrodinámica del río	Agrícola y rural			
Avenidas del río por lluvias torrenciales y eventos naturales		Externo natural	Factores climáticos	Platicas con los pobladores y evidencia de campo
Construcción de puentes y caminos sobre el río		Interno y externo antropogénico	Infraestructura necesaria para la comunicación vial	Evidencia de campo
Construcción de bordos y canales de riego		Interno antropogénico	Infraestructura necesaria para el riego de cultivos	Evidencia de campo y platicas con los pobladores
Extracción de arena y/o piedra		Interno antropogénico	Falta de autoridades e incumplimiento de las leyes y normas que regulan el uso adecuado de los recursos naturales	Evidencia de campo y platicas con los pobladores
Peces Exóticos	Académico			
Manejo incompatible de especies		Externo antropogénico	Falta de conocimiento sobre las repercusiones de esta actividad e irresponsabilidad por parte de las autoridades	Evidencia de campo
Eutroficación	Rural y Académico			
Construcción de bordos y canales de riego		Interno antropogénico	Infraestructura necesaria para el riego de cultivos	Evidencia de campo y platicas con los pobladores
Descargas de aguas residuales urbanas		Interno antropogénico	Falta de una planta de tratamiento de aguas residuales	Evidencia de campo, platicas con los pobladores e información del sector gubernamental
Pastoreo de ganadería extensiva		Interno antropogénico	No existen abrevaderos apropiados para el ganado	Evidencia de campo
Erosión de los bancos del río	Rural, académico y gubernamental			
Pastoreo de ganadería extensiva		Interno antropogénico	No existen abrevaderos apropiados para el ganado	Evidencia de campo
Construcción de puentes y caminos sobre el río		Interno antropogénico	Infraestructura necesaria para la comunicación vial	Evidencia de campo
Expansión de los poblados		Interno antropogénico	Falta de un programa de ordenamiento territorial y ecológico a nivel regional y local	Evidencia de campo y digital (ortofotos)
Agricultura		Interno antropogénico	Falta de un programa de ordenamiento territorial y ecológico a nivel regional y local	Evidencia de campo y digital (ortofotos)

Anexo III

Cartografía

III.1. Cartografía

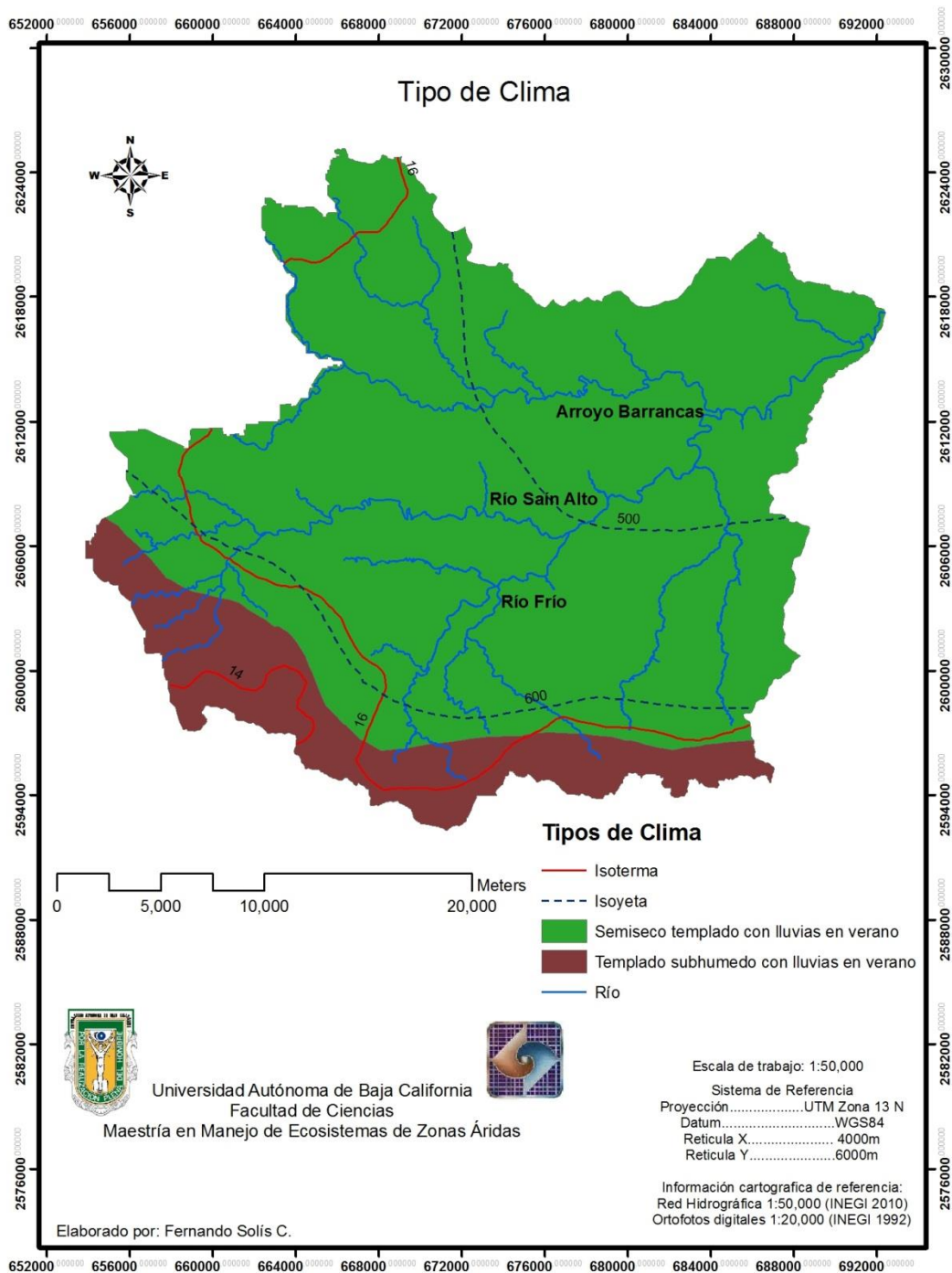


Figura 1 Mapa del tipo de clima en el área de estudio.

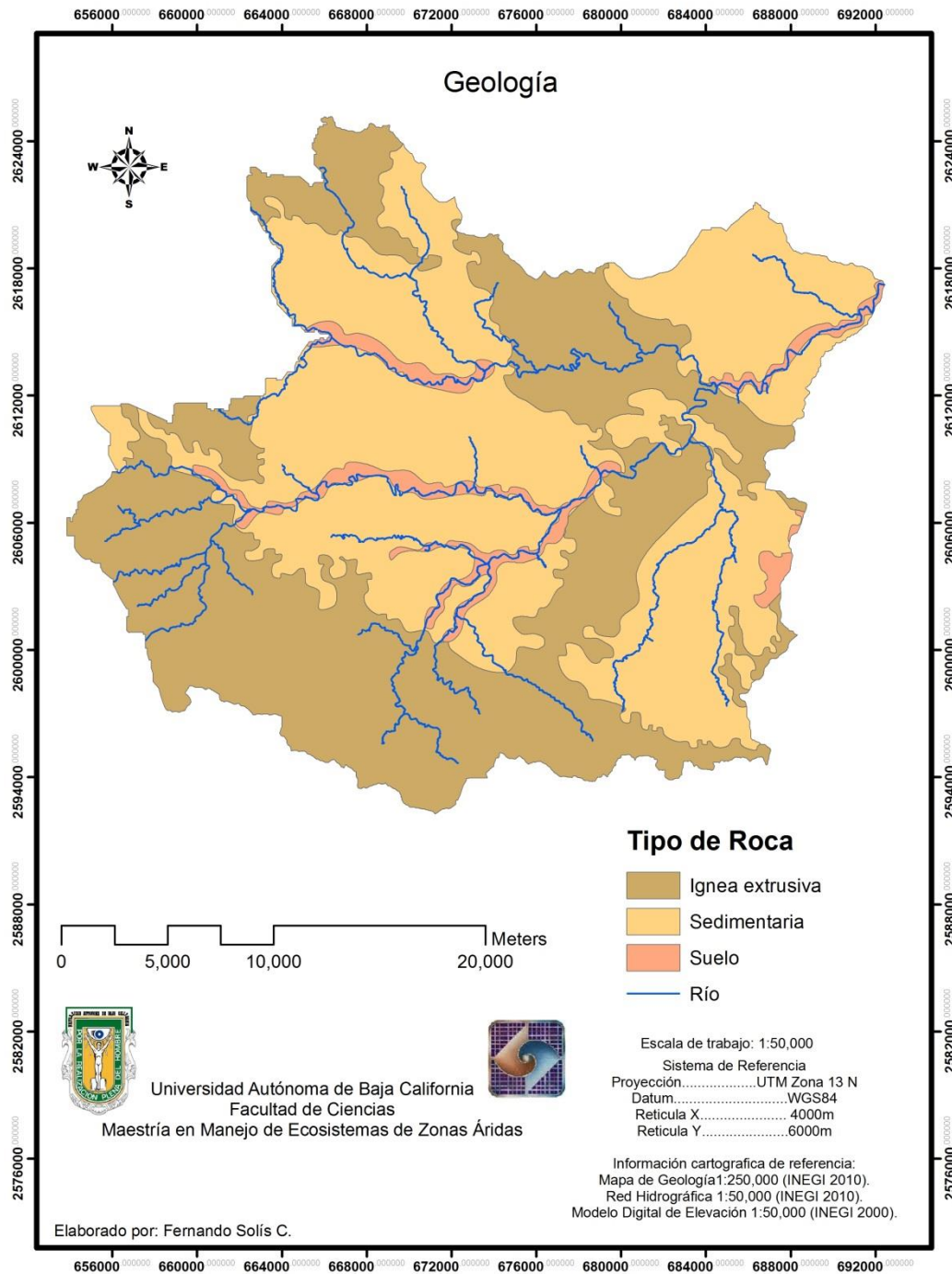


Figura 2 Mapa de la geología del área de estudio.

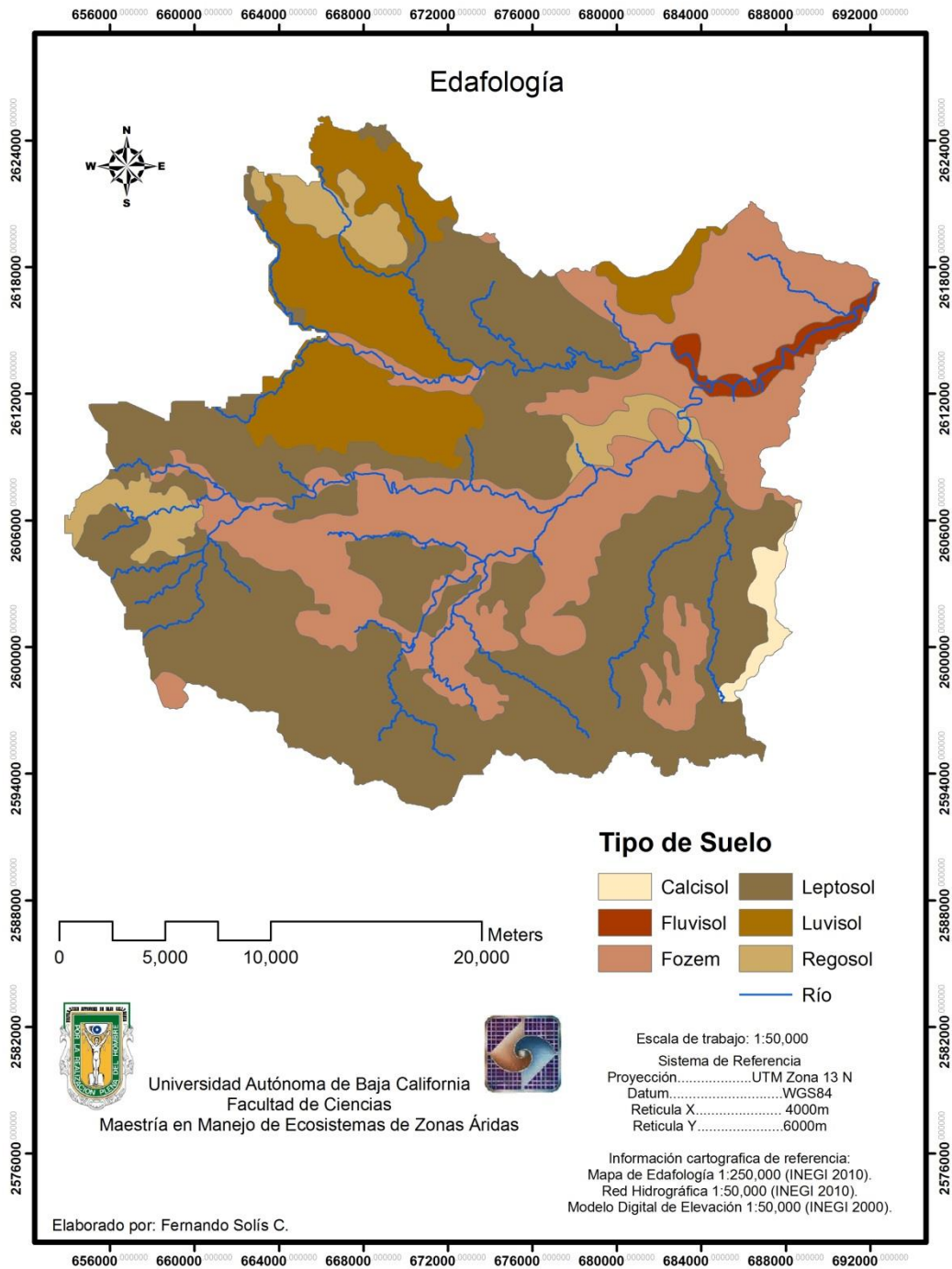


Figura 3 Mapa de la edafología del área de estudio.

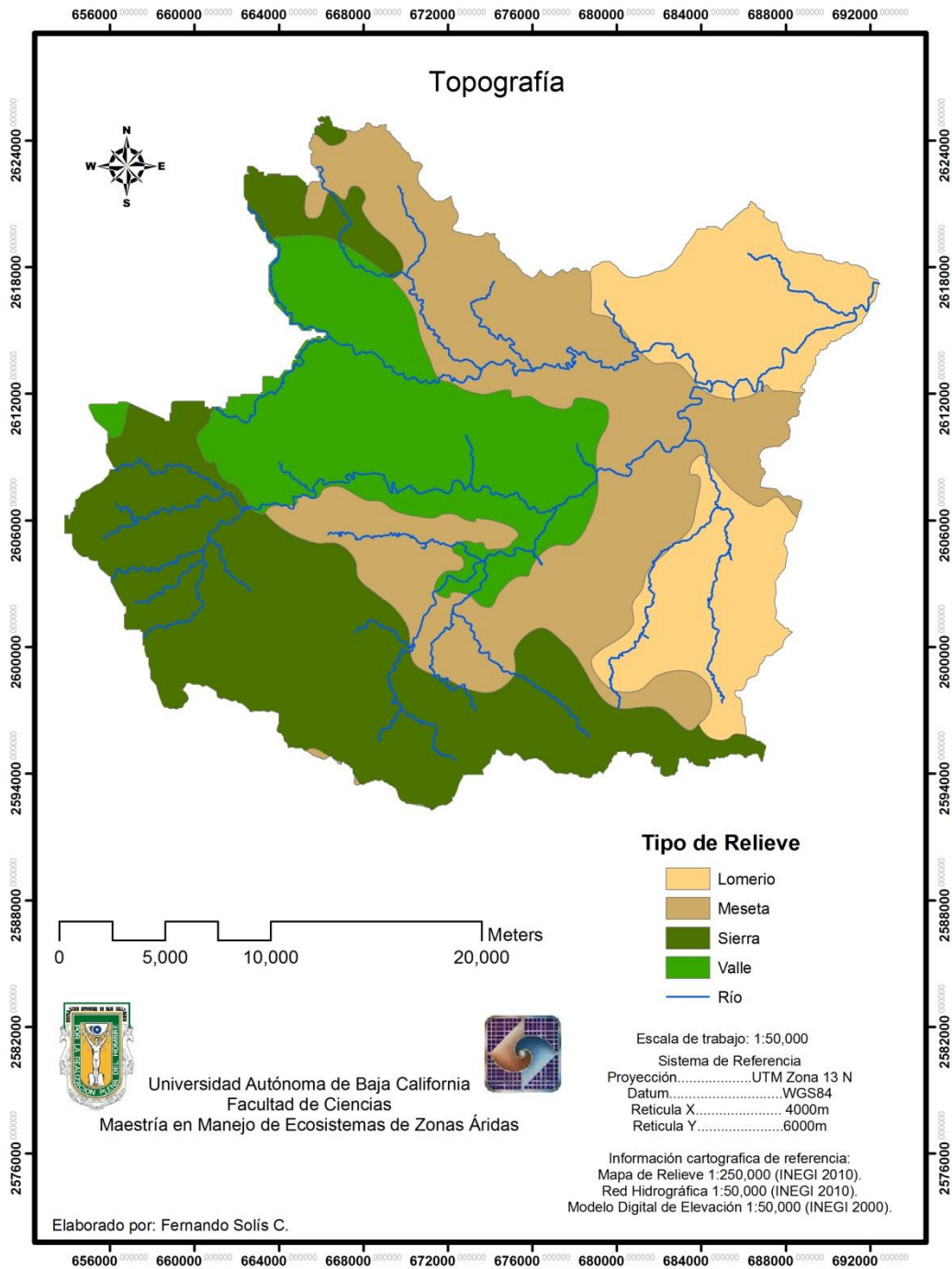


Figura 4 Mapa de la topografía del área de estudio.

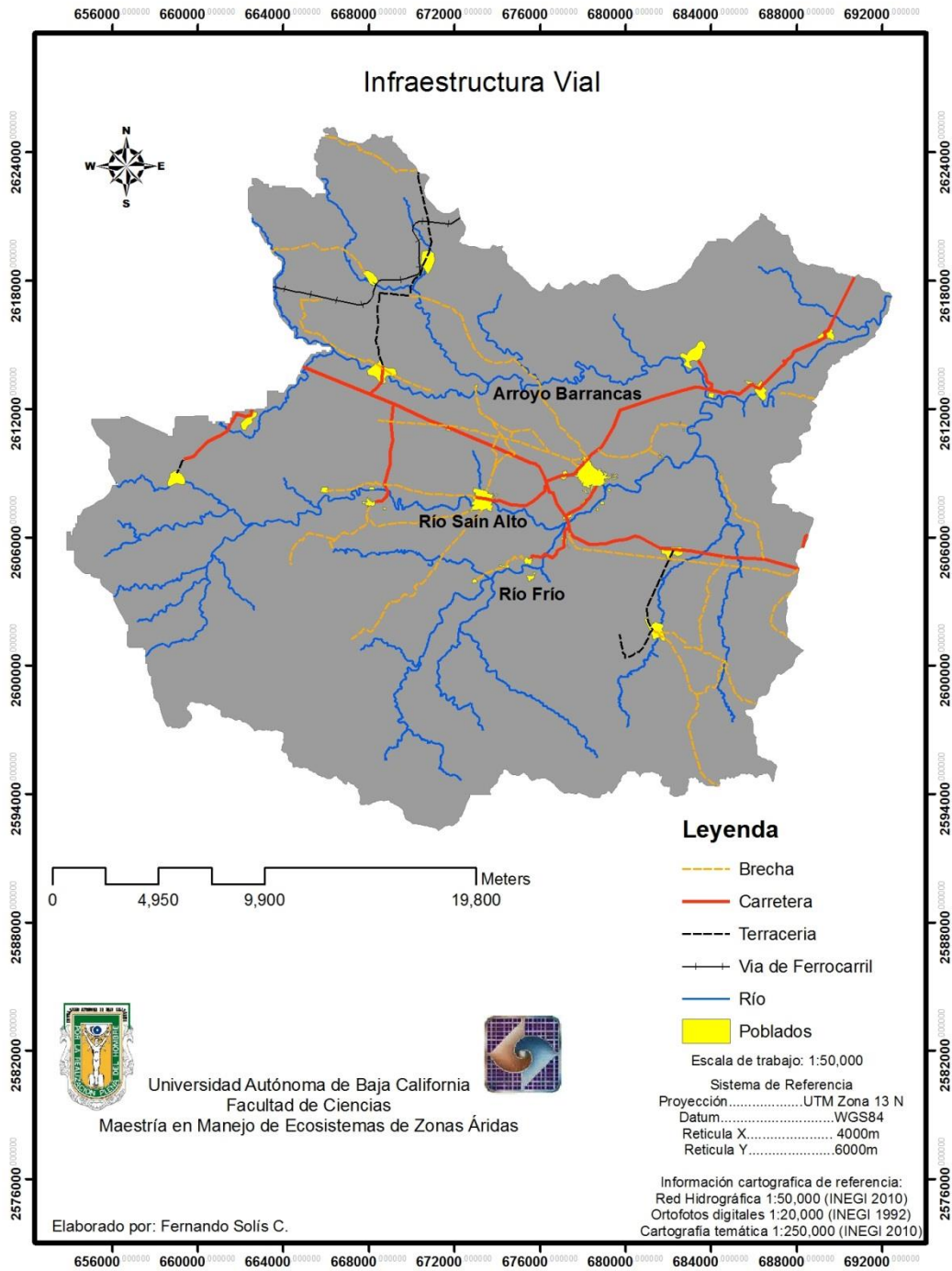


Figura 5 Mapa de infraestructura vial en el área de estudio.

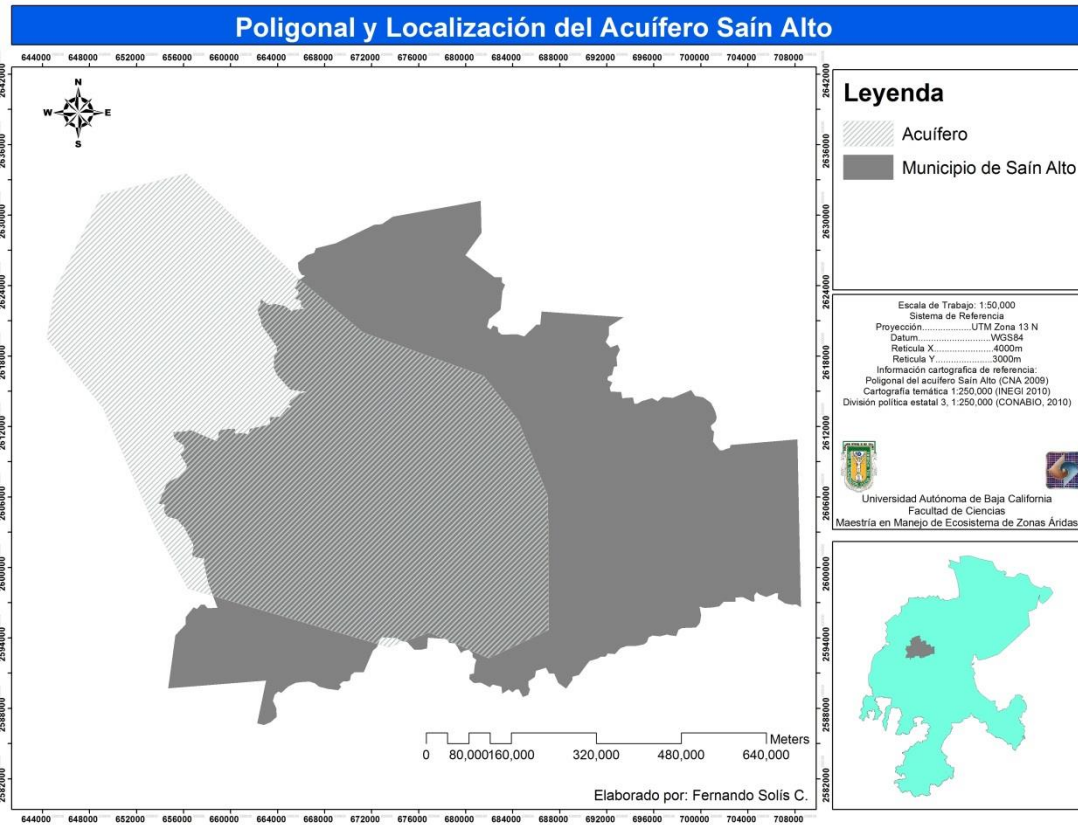


Figura 6 Mapa que muestra la poligonal que delimita el acuífero Saín alto y su ubicación espacial.

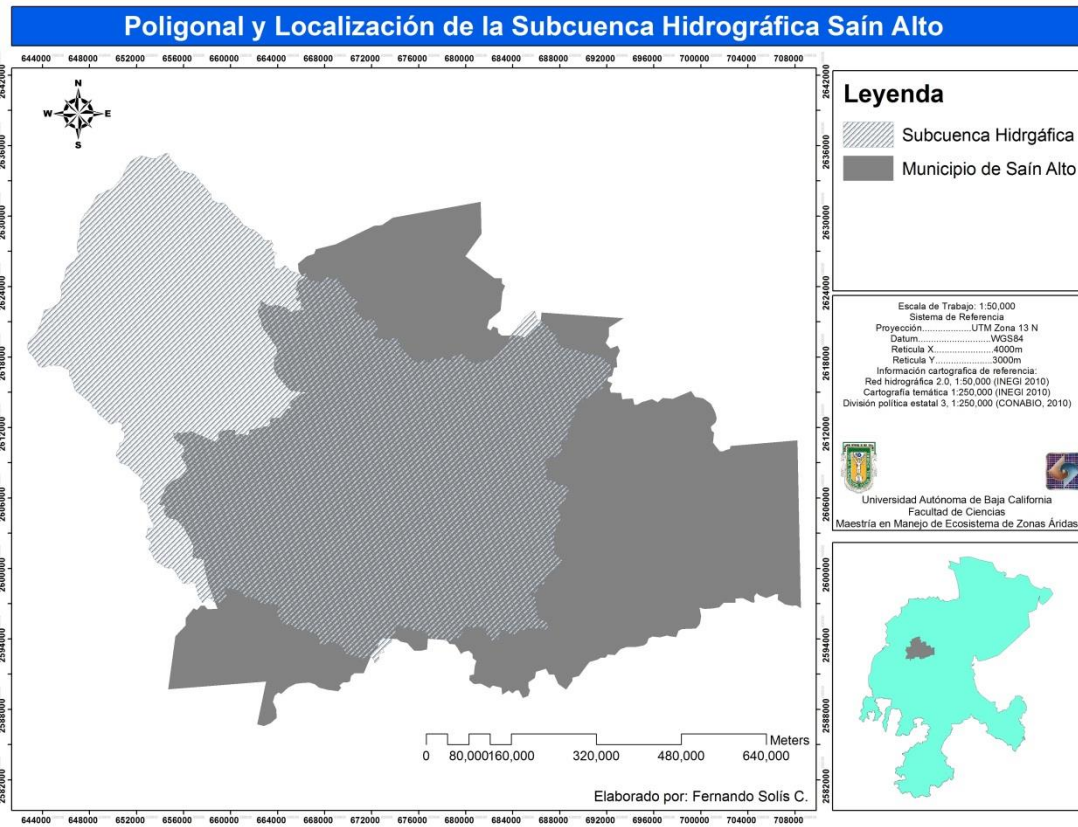


Figura 7 Mapa que muestra la poligonal que delimita la subcuenca hidrográfica Saín alto y su ubicación espacial.

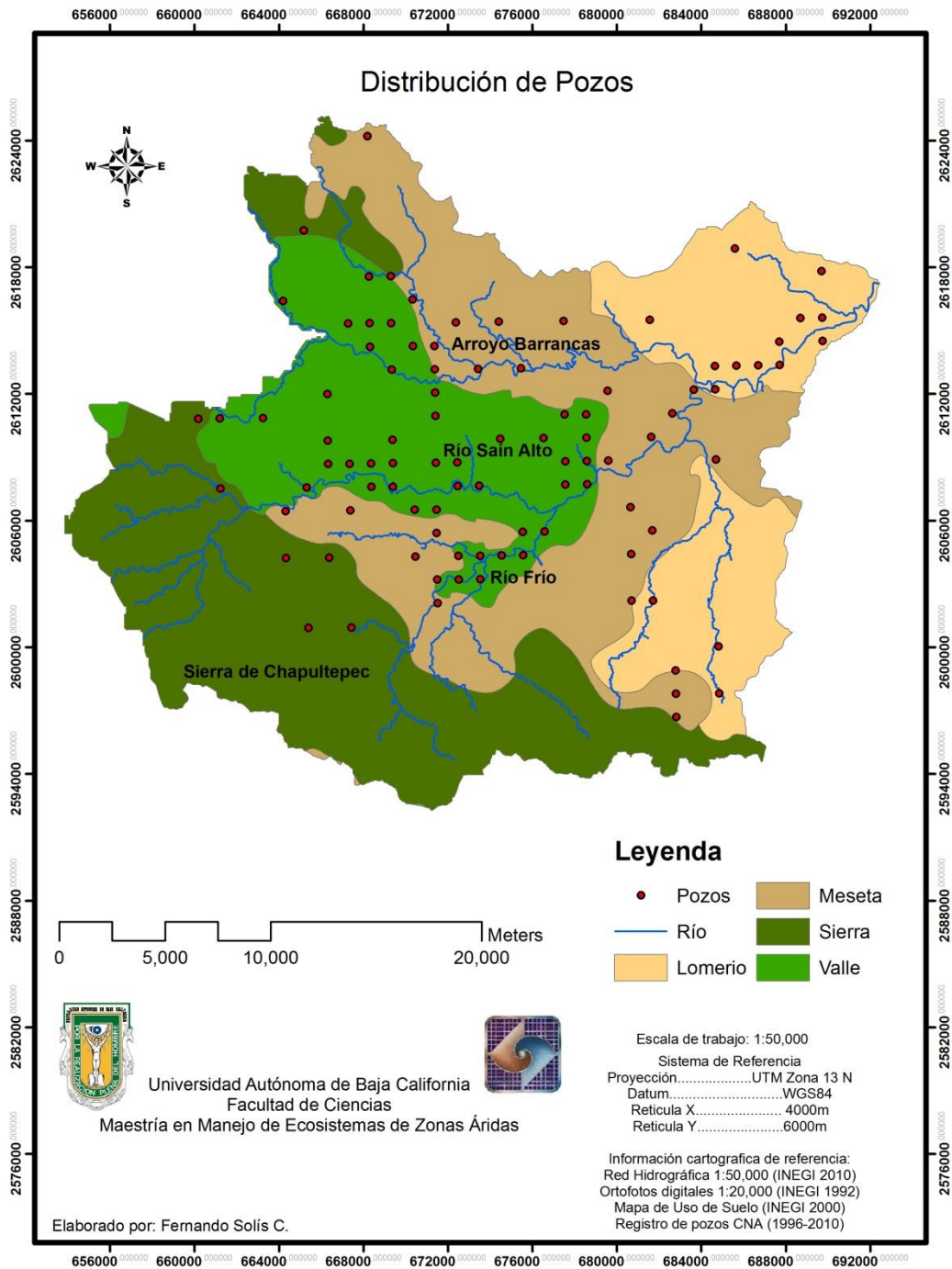


Figura 8 Mapa de distribución de pozos en el área de estudio.

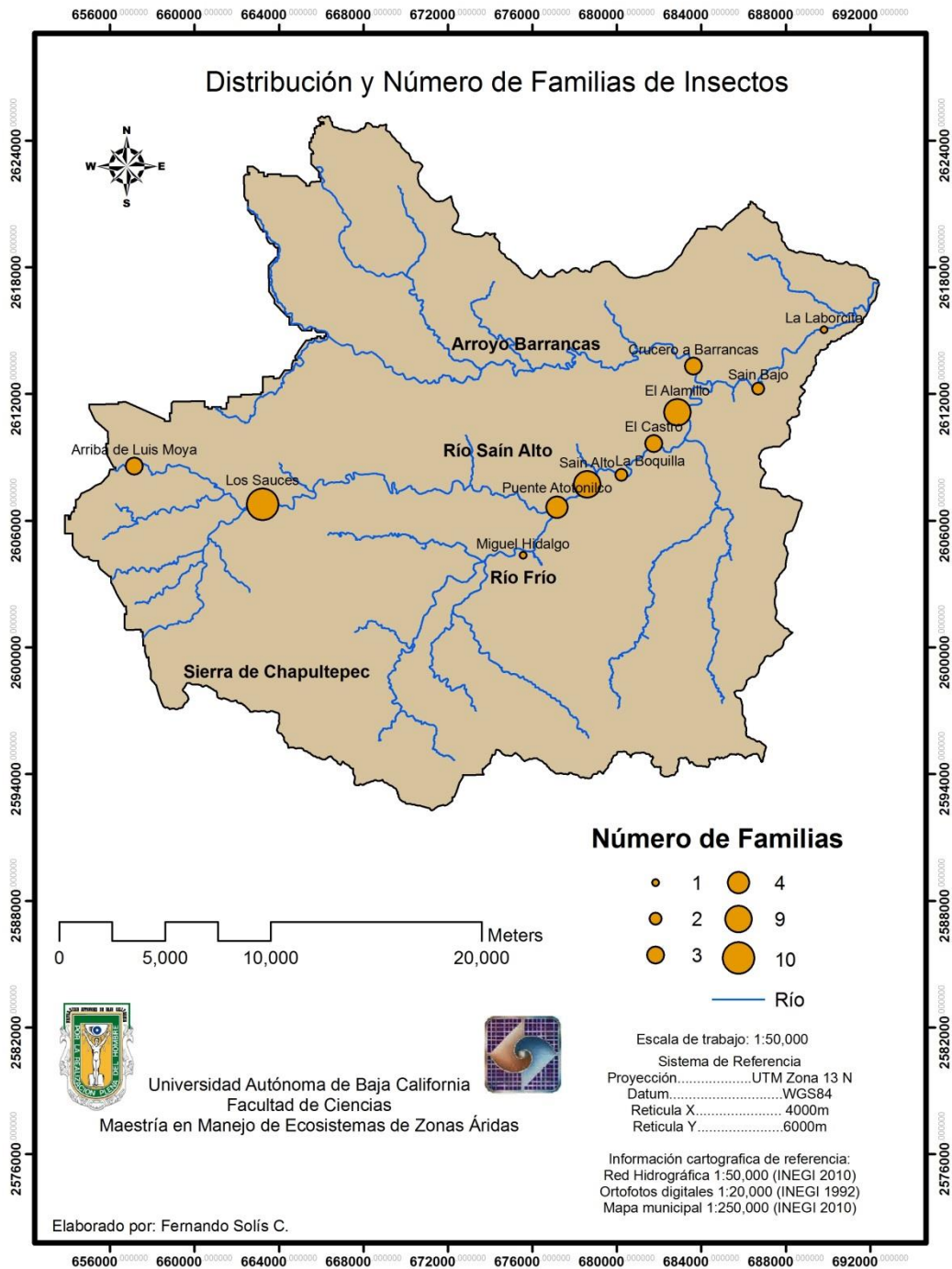


Figura 9 Mapa de la distribución y número de familias de insectos.

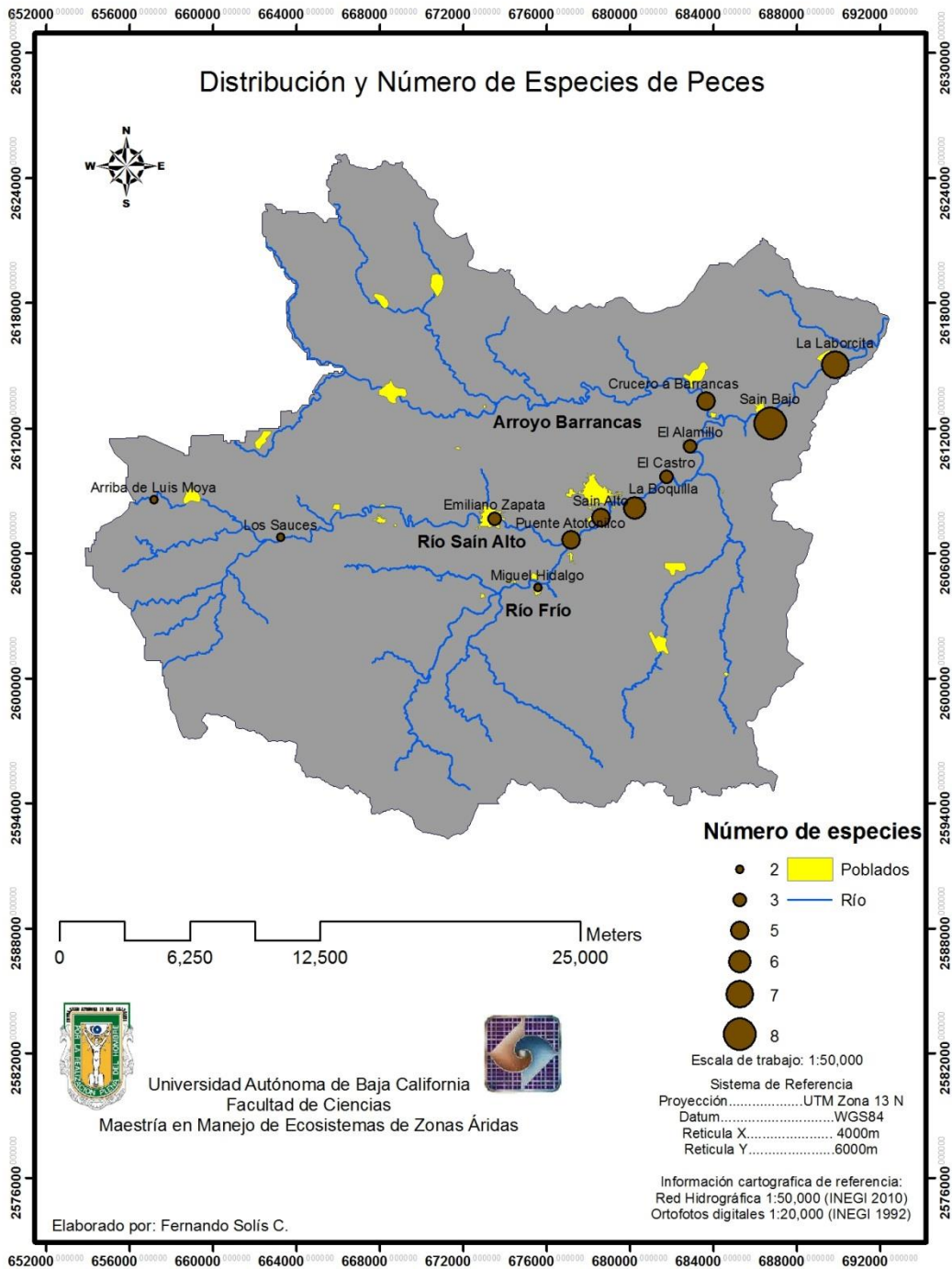


Figura 10 Mapa de la distribución y número de especies de peces.

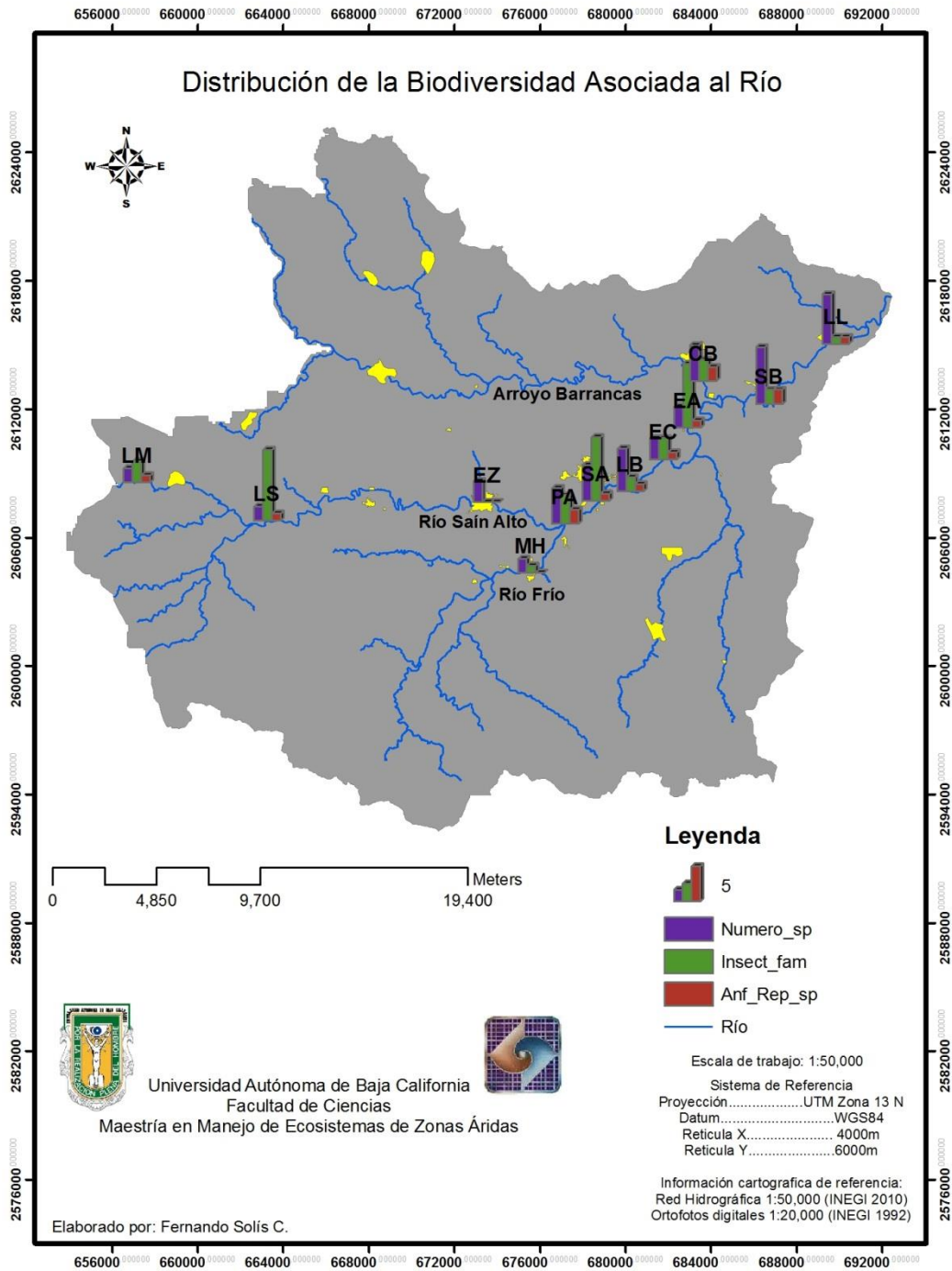


Figura 11 Mapa de distribución de la biodiversidad asociada al río.

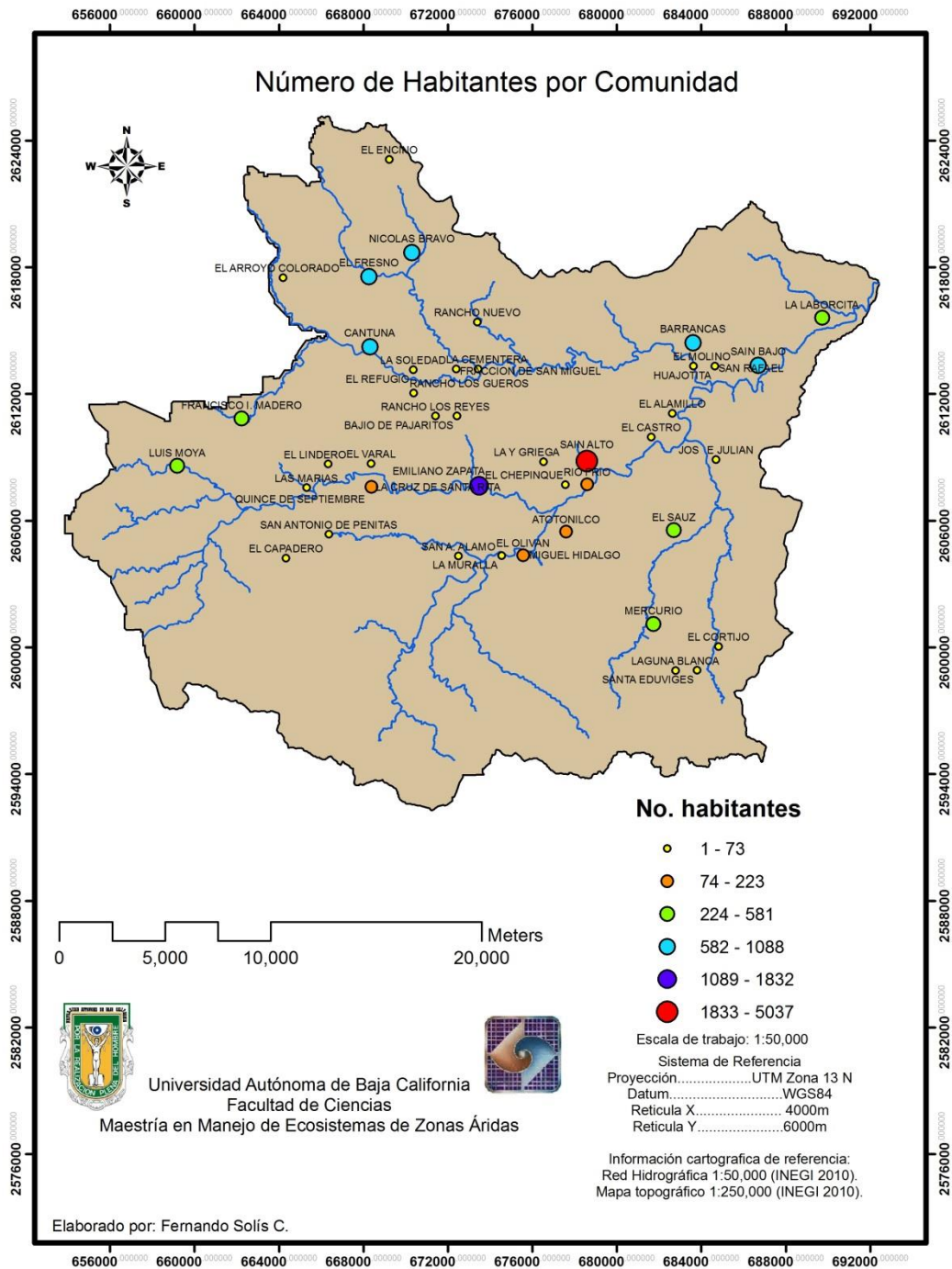


Figura 12 Mapa de distribución y número de habitantes por localidad en el área de estudio.

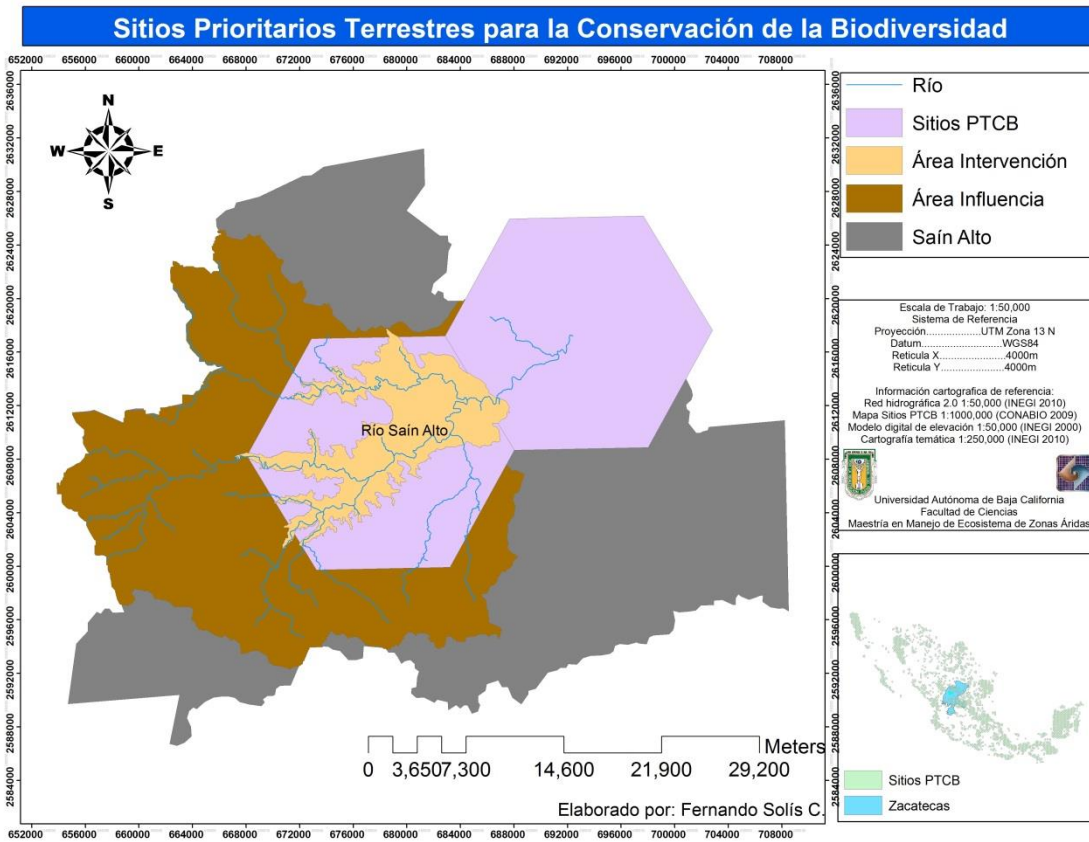


Figura 13 Mapa de Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad.

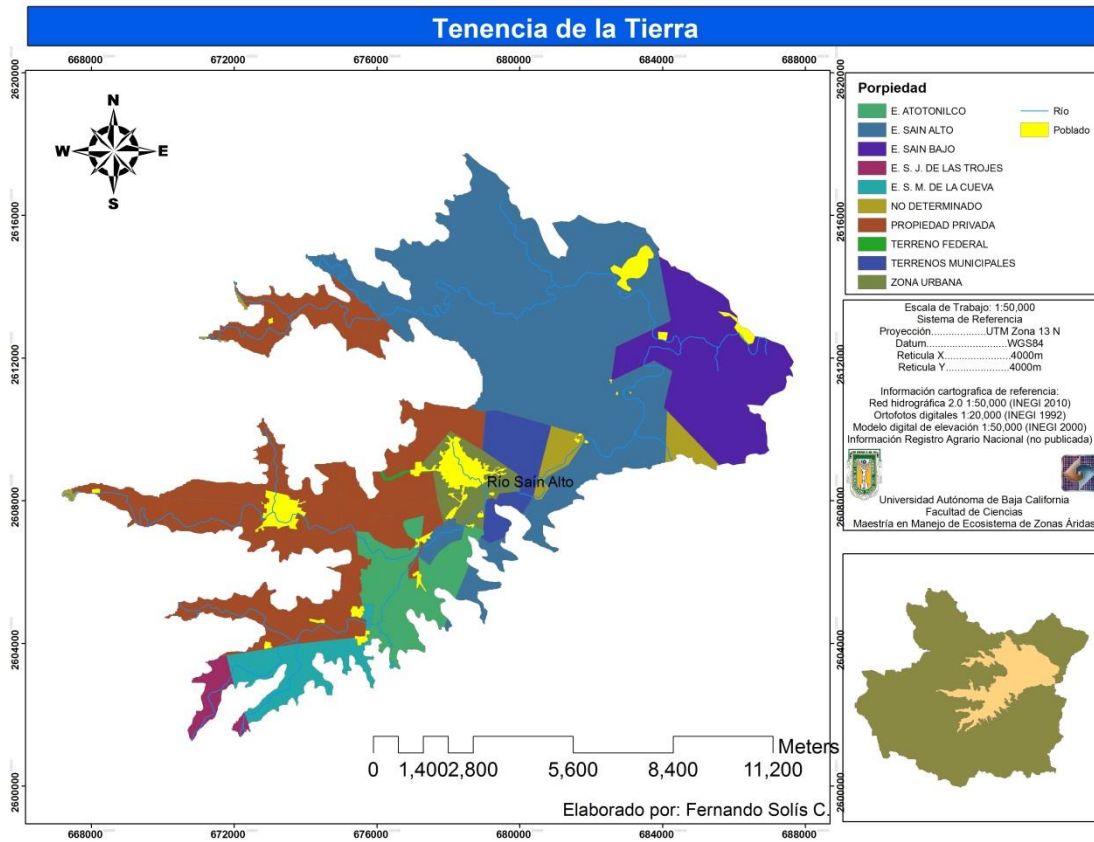


Figura 14 Mapa de la tenencia de la tierra en el área de intervención.

Anexo IV

Archivo fotográfico

IV. 1. Impactos



Figura 1 Cauce erosionado por asentamientos humanos a orillas del río en Luis Moya.



Figura 2 Acumulación de arena por erosión en Luis Moya.



Figura 3 Marca de nivel de agua alcanzado por desbordamiento del río. La vivienda en la foto se encuentra a aproximadamente 30 m del río, en la localidad de Luis Moya.



Figura 4 Descarga de aguas residuales en La Boquilla.

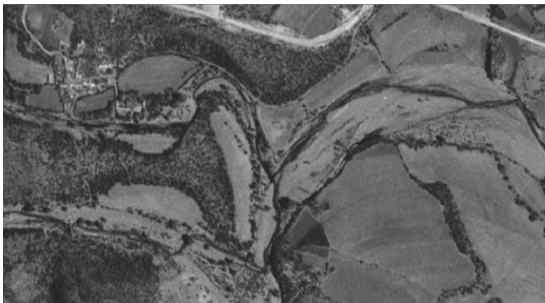


Figura 5 Junta del Río Saín Alto con el arroyo Barrancas (INEGI, 1992).



Figura 6 Junta del Río Saín Alto con arroyo Barrancas. En la parte superior derecha se observa como el río ha modificado su cauce y erosionado un parcela (Google earth, 2012).



Figura 7 Zona erosionada mencionada en la figura 6. Localidad Huajota.



Figura 8 Zona de alta erosión por pérdida de cobertura vegetal riparia, derivada del uso agrícola en la localidad de La Laborcita.



Figura 9 Ganadería extensiva sobre el río en la localidad de Arriba de Luis Moya



Figura 10 Bordo para irrigación sobre el arroyo Barrancas.



Figura 11 Aprovechamiento de arena en las inmediaciones del río.



Figura 12 Erosión y asentamientos humanos sobre el cauce del río en Miguel Hidalgo.



Figura 13 Pez exótico (*Lepomis cyanellus*).



Figura 14 Ejemplar de *Catostomus nebuliferus* fuertemente parasitado por anclas (*Lernea* sp.)



Figura 15 Excavación y extracción de agua sobre el cauce del río en la localidad de Luis Moya.



Figura 16 Modificación del cauce del río por obras de ampliación en el puente Atotonilco.



Figura 17 Eutroficación del agua por modificación del cauce y vertido de aguas residuales en la localidad de Puente Atotonilco.



Figura 18 Disposición inadecuada de contenedores de herbicidas en La Boquilla.

IV.2. Fauna



Figura 19 Conchita de agua. Familia Gyrinidae.



Figura 20 Insecto de la familia Mesoveliidae.



Figura 21 Ejemplares de la familia Notonectidae.



Figura 22 Chinche gigante o asesina. Familia Belostomatidae.



Figura 23 Sanguijuela. Orden Annelida (Hydrudinea).



Figura 24 Planaria. Orden Platyhelminthes: Turbellaria.



Figura 25 Tortuga del fango (*Kinosternon integrum*).



Figura 26 Rana (*Lithobates montezumae*).



Figura 27 Lagartija (*Sceloporus magister*).



Figura 28 Lagartija (*Sceloporus jarrovi*).



Figura 29 Carpa mayran (*Gila conspersa*).



Figura 30 Sardinita mexicana (*Astyanax mexicanus*).



Figura 31 Matalote del nazas (*Catostomus nebuliferus*).



Figura 32 Roda piedras mexicano (*Campostoma ornatum*).



Figura 33 Nido con polluelo de *Sayornis nigricans*, en la localidad de Crucero a Barrancas

IV.3. Flora

Vegetación acuática y subacuática



Figura 34 *Chara* sp.



Figura 35 *Azolla* sp.



Figura 36 *Polygonum hydropiperoides*.



Figura 37 *Eleocharis montevidensis*.

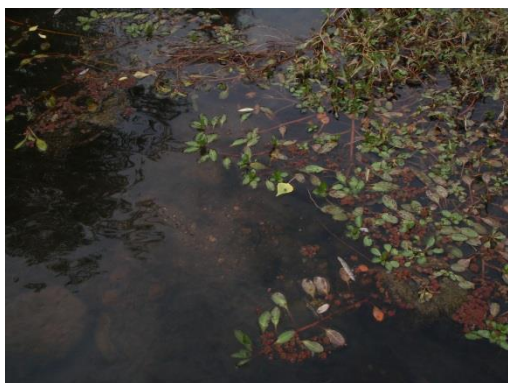


Figura 38 *Potamogeton* sp.



Figura 39 *Hydrocotyle ranunculoides*.



Figura 40 *Lemna gibba*.

Vegetación riparia



Figura 41 *Salix nigra*.

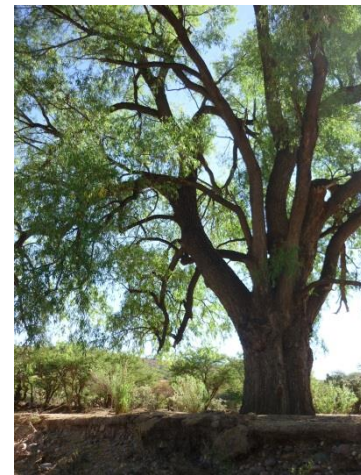


Figura 42 *Salix nigra*



Figura 43 *Populus sp.*



Figura 44 *Populus sp.*



Figura 45 *Muhlenbergia rigida*



Figura 46 *Baccharis salicifolia*



Figura 47 *Tagetes* sp.



Figura 48 *Baccharis salicifolia*

Otros tipos de vegetación



Figura 49 Pastizal



Figura 50 Matorral