



F U N D A C I O N
GONZALO RIO ARRONTE, I.A.P.

**Manejo del Agua en Cuencas Hidrográficas:
Desarrollo de Nuevos Modelos en México**

Propuesta de caudal ecológico en la cuenca San Pedro-Mezquital y su consideración en el estudio de disponibilidad de aguas superficiales

Octubre, 2009

WWF México. Programa Agua

RESUMEN EJECUTIVO

Al igual que en otros países del mundo, la proliferación de obras hidráulicas en México ha modificado las características hidrológicas de ríos y humedales, constituyendo en la actualidad una de las principales amenazas para la conservación de sus sistemas asociados como hábitat y especies.

La Alianza WWF-FGRA, coordina el desarrollo de nuevos modelos de manejo del agua en cuencas hidrográficas en el país, trabajando actualmente en tres cuencas prioritarias: río Conchos, ríos Copalita-Zimatán-Huatulco y el río San Pedro-Mezquital, la cual es un buen ejemplo de los cambios producidos por alteraciones hidrológicas.

Los nuevos escenarios normativos en México y el mundo orientan la política de aguas hacia la mejora y uso sostenible de los ecosistemas acuáticos, lo cual implica, en términos de gestión del agua, reservar una parte de los recursos para fines ambientales, aportando criterios específicos de cantidad y calidad, así como un enfoque particular hacia la conservación de las zonas riparias y planicies de inundación y sus valores sociales, que en conjunto permita valorar a los ríos como ecosistemas vivos y garantizar un balance sustentable en el uso del agua.

La propuesta del caudal ecológico en la cuenca del río San Pedro-Mezquital partió de una estimación hidrológica rápida, realizada a principios de 2008 y basada en las reglas de Tennant, que fue complementándose con la información de estudios específicos desarrollados por especialistas en ictiología, insectos acuáticos, calidad de agua, vegetación, hidráulica, hidrología y geomorfología, lo que permitió que a finales de 2008 se tuviera un mejor conocimiento del estado de conservación de los ríos de la cuenca, y a través de la metodología holística BBM incorporar el conocimiento multidisciplinario y el entendimiento de los procesos ecológicos, hidrológicos y geomorfológicos, para obtener una propuesta de caudal ecológico en 14 tramos representativos de la cuenca San Pedro-Mezquital.

Con la finalidad de evaluar las implicaciones que se tendrían en la cuenca por la implementación del caudal ecológico, se realizó un análisis de la disponibilidad del agua superficial, siendo necesario adaptar los resultados de la propuesta tanto en temporalidad como en espacio para realizar el análisis por cuencas, obteniendo como resultado que, con la implementación del caudal ecológico en la cuenca del río San Pedro-Mezquital existe disponibilidad en casi todas las cuencas, solamente la cuenca del río Poanas presenta déficit.

El costo anual de la implementación del caudal ecológico en la cuenca del río San Pedro-Mezquital, en términos de recursos hídricos, es de 49.2 hm³, como suma total del volumen requerido de cada una de las presas construidas en la cuenca.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN LA CUENCA SAN PEDRO-MEZQUITAL	2
2.1 Aproximación Metodológica para la Estimación de los Caudales Ecológicos	2
2.1.1. Evolución de un nuevo paradigma para el manejo de ríos	2
2.1.2. Tipos de métodos para el cálculo de caudales ecológicos	3
2.2. Aplicación de métodos en la cuenca del río San Pedro-Mezquital	4
2.2.1. Principios básicos	4
2.2.2. Aproximaciones metodológicas	6
2.2.3. Ámbito del Estudio de Caudales Ecológicos	7
2.2.4. Selección de Tramos de Estudio	7
2.2.5. Proceso de formulación de la propuesta	9
2.3. Resultados de Caudal Ecológico	11
3. LA DISPONIBILIDAD Y EL CAUDAL ECOLÓGICO	16
3.1. Justificación Legal	16
3.2. Incorporación del Caudal Ecológico en la Cuenca del San Pedro-Mezquital	17
3.3. Resultados de la Disponibilidad	19
4. EL CAUDAL ECOLÓGICO Y SU IMPLEMENTACIÓN	22
5. CONCLUSIONES	23
6. REFERENCIAS	25
ANEXOS	
Anexo 1 Participantes en el proceso de determinación de caudal ecológico	28
Anexo 2. Propuesta de caudal ecológico para cada sitio	30
Anexo 3. Ajuste de la disponibilidad por cuenca	116

1. INTRODUCCIÓN

El Fondo Mundial para la Naturaleza, WWF, por sus siglas en inglés, y la Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P (FGRA) establecieron una Alianza con el objetivo de desarrollar nuevos modelos de manejo del agua en cuencas hidrográficas en el país. Para ello se seleccionaron tres cuencas en las ecorregiones de trabajo de WWF: río Conchos en el programa Desierto Chihuahuense, ríos Copalita-Zimatán-Huatulco en la Sierra Costera de Oaxaca y como parte del Programa Bosques Mexicanos y el río San Pedro-Mezquital, en el programa Golfo de California.

Para la Alianza WWF-FGRA, el manejo integrado de cuencas es el proceso que coordina las acciones de conservación, manejo y desarrollo del agua, territorio y recursos relacionados, de los diferentes sectores presentes en una cuenca, para maximizar los beneficios económicos y sociales derivados de los recursos hídricos, de manera equitativa y preservando, y en su caso, restaurando los ecosistemas acuáticos.

De esta manera, este proyecto implica preservar o restaurar el funcionamiento natural de los ecosistemas acuáticos en una cuenca, incluyendo los humedales y los acuíferos relacionados, para asegurar el agua y los servicios ambientales de los que todos dependemos (WWF, 2006).

Un río proporciona servicios básicos a la sociedad y genera beneficios para las diferentes actividades económicas. Tal como ocurre con otros muchos ríos, el San Pedro-Mezquital es un buen ejemplo de los cambios previsibles producidos por la alteración hidrológica. En aquellos tramos sujetos a una mayor modificación de los caudales, el río se ha desecado, los problemas de contaminación se han agudizado y han desaparecido las especies autóctonas (peces, vegetación de ribera, etc.); los lechos de aguas bajas han sido colonizados por vegetación que reduce peligrosamente la capacidad de desagüe de los mismos o sufren de una desmedida extracción de materiales, mientras que las llanuras de inundación han sido ocupadas, en ocasiones con campos de cultivo, pero en otras con desarrollos urbanos irregulares de sólida implantación.

Sin embargo, el uso del agua en una cuenca se puede mantener un equilibrio entre la extracción de aguas subterráneas y superficiales y la conservación del ecosistema. En el caso del río San Pedro, en el conjunto de la cuenca existen ocho presas y numerosas derivadoras que permiten la regulación y disponibilidad de recursos hídricos en la parte alta, en el estado de Durango, en donde se presenta la mayor demanda de agua (volúmenes comprometidos superiores al 50% de las aportaciones naturales), como complemento, en la parte media y baja de la cuenca, donde las demandas son menores al 10% de sus aportes naturales, la conservación del régimen hidrológico permite la conservación de uno de los ecosistemas costeros más importantes para el país: Marismas Nacionales.

En este contexto “recuperar” los caudales ecológicos, significa contar con una herramienta de gestión, que aporta criterios específicos de cantidad y calidad del agua, determinados a partir del mejor conocimiento disponible, así como un enfoque particular hacia la conservación de las

zonas riparias y planicies de inundación y sus valores sociales. Todo en conjunto revalorizará a los ríos como ecosistemas vivos y garantizará un balance sustentable en el uso del agua.

La Ley de Aguas Nacionales LAN, en el artículo 3, fracción LIV, define al “uso ambiental” ó “uso para conservación ecológica” como “El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses..., que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema”. Así mismo, en el artículo 14 bis 4, fracción VII señala “el Ejecutivo Federal se asegurará que las concesiones y asignaciones de agua estén fundamentadas en la disponibilidad efectiva del recurso, (...) e instrumentará mecanismos para mantener o restablecer el equilibrio hidrológico de los ecosistemas vitales para el agua”.

Con el objetivo de dar cumplimiento a ésta disposición de la LAN, este estudio evalúa las condiciones ambientales de la cuenca San Pedro-Mezquital y define una propuesta de caudales para incorporarla en la evaluación de la disponibilidad del agua ya publicada, que permite mejorar las condiciones de la cuenca, y restablecer y mantener su equilibrio ecológico, al mismo tiempo que garantiza la disponibilidad del agua para el desarrollo de la región, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

2. DEFINICIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN LA CUENCA SAN PEDRO-MEZQUITAL

2.1 Aproximación Metodológica para la Estimación de los Caudales Ecológicos

2.1.1. Evolución de un nuevo paradigma para el manejo de ríos

A finales de los años 70 Donald Tennat después de 20 años de estudio, estableció un método que proponía que “para sostener condiciones biológicas óptimas en un río se debe proteger del 60-100% de su caudal promedio, pero para proporcionar un excelente hábitat únicamente del 30-50% del caudal podría ser necesario”. Durante los años 70-80 para justificar la importancia biológica de conservar agua en los ríos, se desarrollaron diferentes métodos enfocados a definir la mínima cantidad de agua que un río debería contener para protección de peces, ya que la biología aplicada de aquel entonces defendía que los caudales mínimos eran la principal limitante para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos. En este mismo periodo la investigación en ecología acuática empezó a desarrollar nuevas teorías ecológicas que diferían de esta concepción. Investigaciones de cientos de ríos en el mundo demostraron claramente que cuando uno o más aspectos de la hidrología son modificados en un ecosistema ribereño muchas especies son afectadas. Bajo este enfoque, en los años 90 se desarrollaron nuevas aproximaciones para abordar la conservación y restauración de ríos (Postel S., y Richter, B., 2003).

En 1992, científicos de Australia y Sudáfrica establecieron que estas nuevas aproximaciones deberían basarse en el régimen de caudales naturales, como guía para establecer las condiciones ambientales que mantienen a los ríos. En 1997, un grupo de científicos en Estados Unidos concluyó que el régimen de caudales naturales ofrece una receta probada en el tiempo para la protección y restauración de los ríos, que su integridad depende de esta dinámica natural y que

por lo tanto, son necesarias acciones coordinadas para proteger y restaurar este régimen (Postel S., y Richter, B., 2003).

Esta evolución del concepto de caudal ecológico ha desembocado al desarrollo de metodologías para llevar a la práctica la recuperación de estos criterios del régimen de caudales naturales, que son la forma de garantizar que el agua que la sociedad decide reservar para el ambiente cumple su función.

2.1.2. Tipos de métodos para el cálculo de caudales ecológicos

En el panorama internacional se cuenta actualmente con numerosas metodologías para calcular los caudales ecológicos que han sido clasificadas en los siguientes grandes tipos (Tharme, 2003; Dyson *et al.*, 2003; Dunbar *et al.*, 1998, etc.):

Métodos hidrológicos: Considerados los métodos de cálculo más simples, se basan en el estudio de series hidrológicas (a escala diaria, mensual o anual) mediante operaciones aritméticas más o menos complejas. Se trata de identificar parámetros hidrológicos con significado ecológico y geomorfológico. A pesar de que estos métodos se basan exclusivamente en información hidrológica, el estudio de casos en diferentes países ha revelado la existencia de valores convergentes para establecer los caudales ecológicos.

Métodos hidráulicos: Definen el caudal mínimo a partir del estudio de la relación entre algún parámetro hidráulico del río (perímetro mojado, velocidad, profundidad, etc.) y los caudales circulantes. En este caso se relaciona la geometría hidráulica del lecho con el hábitat físico para determinados organismos acuáticos. A partir de estudios de reconocimiento se establecen valores limitantes para la fauna acuática de las variables hidráulicas consideradas.

Métodos hidrobiológicos: Estas metodologías han sido desarrolladas para analizar las respuestas bióticas según los cambios incrementales de caudal. Se denominan también métodos de simulación de hábitat, y definen los caudales ecológicos a partir de un estudio exhaustivo de todos los factores y condicionantes del hábitat de una especie representativa del ecosistema fluvial. La idea de conservación de todo el ecosistema queda implícita por el supuesto “efecto paraguas” de conservar una especie exigente. El método hidrobiológico por excelencia es el IFIM (“Instream Flow Incremental Methodology”, Bovee, 1982) y su aplicación informatizada PHABSIM (Physical Habitat Simulation Methodology).

Métodos holísticos. Aunque a principios de los 90 no eran formalmente reconocidas, en la actualidad sus principios y métodos están emergiendo rápidamente en el ámbito internacional. Se trata de una aproximación global al sistema fluvial que incluye a todas sus formas de vida, así como al conjunto de procesos biológicos, físicos y químicos derivados de su propia organización estructural, funcional, espacial y temporal. La clave de su análisis radica en encontrar el papel que ejercen los caudales como soporte básico para todos los componentes o atributos del ecosistema fluvial, a partir del reconocimiento del régimen de caudales naturales.

Cada una de estas aproximaciones metodológicas presenta diferentes requerimientos, tanto en su aplicación como en los resultados obtenidos. En la Tabla 1 se muestra una comparación resumida entre los diferentes grupos de métodos.

Este desarrollo metodológico resulta de la evolución del conocimiento y los conceptos y técnicas de análisis relacionadas con los caudales ecológicos. Así por ejemplo, a la luz de múltiples experiencias internacionales se pueden diferenciar métodos cuyo enfoque, análisis y resultados han quedado superados, métodos que son claramente insuficientes para garantizar la conservación de un río (aproximaciones parciales basadas en el caudal mínimo y una sola especie). En cambio, los métodos de más reciente implantación adoptan el “enfoque por ecosistemas”, prestan atención prioritaria a los procesos naturales esenciales de los ecosistemas e incorporan en mayor o menor grado los componentes del régimen natural de caudales (caudal mínimo con su variación estacional, unido a un régimen de crecidas).

2.2. Aplicación de métodos en la cuenca del río San Pedro-Mezquital

2.2.1. Principios básicos

Para la determinación del caudal ecológico se establecieron los siguientes principios:

- Las propuestas de caudales ambientales deberán incluir adecuadamente los elementos y aspectos del régimen hidrológico responsables en última instancia de cumplir las funciones ecológicas de los ecosistemas. Entre los diferentes elementos y aspectos del régimen hidrológico, se deberían considerar al menos los episodios de estiaje, patrón estacional, los caudales de base, episodios de crecida o inundación y limitaciones de flujos máximos de los caudales de base.
- Las propuestas de caudales ecológicos deben considerar la variabilidad como una característica intrínseca de los ecosistemas. Los ecosistemas cambian, incluida la composición de las especies y la densidad de las poblaciones. La gestión, por tanto, debe adaptarse a estos cambios relacionados con la dinámica intrínseca de los ecosistemas que es necesaria al mismo tiempo para su conservación a largo plazo. Para conservar la biodiversidad, producción y sostenibilidad de los ecosistemas fluviales, es necesario destacar el papel central de un medio físico variable donde el régimen hidrológico es el factor clave.
- El régimen natural de los caudales es la mejor referencia para establecer las propuestas de caudales ecológicos, con especial énfasis en el rango natural de variabilidad. Los cambios relacionados con la dinámica intrínseca de los ecosistemas son necesarios, pero se deben producir dentro del rango natural de variación de estos ecosistemas evitando producir un desequilibrio más allá de su capacidad de recuperación.

El enfoque holístico da cumplimiento a estos principios y es acorde con la definición de “ecosistema” del Artículo 2 del Convenio sobre la Diversidad Biológica¹, se considera al río como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

¹ Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), firmado en 1992, en Río de Janeiro, Brasil, en la Conferencia de las Naciones Unidas “La Cumbre de la Tierra”, actualmente ratificado por 191 países, entre ellos México.

Tabla 1. Cuadro comparativo de metodologías para el estudio de los caudales ambientales

(A: nivel alto; M: nivel medio; B: nivel bajo)

Tipo	Componentes Considerados	Necesidad de Información	Nivel de Experiencia	Complejidad	Intensidad Recursos	Resolución Resultados	Flexibilidad	Costo
Hidrológico	Todo el ecosistema- no específico	B-M (principalmente de gabinete) Registros históricos de caudales vírgenes o naturalizados Uso de datos ecológicos históricos	B-M Hidrológica Alguna experiencia en ecología	B-M	B-M	B-M	B-M	B
Hidráulico	Requerimientos hidráulicos genéricos del hábitat acuático para especies objetivo.	B-M (gabinete y campo) Registros históricos de caudales Variables de descarga hidráulica típicamente de secciones Variables hidráulicas relacionadas con las necesidades de hábitat-caudal a nivel genérico.	M Hidrológica Algo de modelación hidráulica Alguna experiencia en ecología	B-M	B-M	B-M	B-M	B-M
Simulación de hábitat	Principalmente hábitat para especies objetivo. Algunos consideran: Forma del canal, transporte sedimentos, calidad del agua, vegetación de ribera, fauna silvestre	M-A (gabinete y campo) Registros históricos de caudales Numerosas secciones transversales con múltiples variables hidráulicas Datos de idoneidad del hábitat para las especies objeto	M-A Hidrológica Nivel avanzado en modelación hidráulica y del hábitat. Especialista en ecología sobre necesidades físicas de especies objetivo.	M-A	M-A	M-A	M-A	M-A
Holístico	Todo el ecosistema, Algunos consideran: Acuíferos, zonas húmedas, estuarios, llanura de inundación, dependencia social del ecosistema, así como los componentes acuáticos y de la ribera	M-A (gabinete y campo) Registros de caudales Numerosas secciones transversales con múltiples variables hidráulicas. Datos biológicos sobre caudales y hábitat relacionados con todos los requerimientos de la biota y de los componentes del ecosistema	M-A Hidrológica Nivel avanzado en modelación hidráulica. Modelación del hábitat en algunos casos. Especialistas en todos los componentes del ecosistema. Alguna experiencia en requerimientos socioeconómicos	M-A	M-A	M-A	A	M-A

2.2.2. Aproximaciones metodológicas

La estimación del caudal ecológico en la cuenca del San Pedro-Mezquital partió de una estimación rápida que fue complementándose en la medida en que se contaba con mayor información y conocimiento del sistema, para llegar a un análisis holístico. La primera aproximación fue meramente hidrológica y se llevó a cabo a principios de 2008, adoptando un marco de decisión basado en las reglas de Tennant (Figura 1), a partir de las cuales se intenta separar *a priori* un rango de porcentajes del caudal medio interanual en sus correspondientes clases de estado ecológico. En este caso se consideró por una parte el nivel requerimientos de caudales ecológicos necesarios para mantener o restaurar un determinado estado de conservación ecológica y por otra parte el grado de utilización de los recursos hídricos para la satisfacción de las demandas de los diferentes usos.

Posteriormente, se desarrollaron estudios específicos por parte de especialistas (Anexo 1) para avanzar en el nivel de conocimientos del estado de conservación de los ríos y desarrollar algunas técnicas que permitieran interpretar mejor el significado del caudal en el río (modelo hidráulico, modelo conceptual de vegetación, etc.). Esto permitió abordar a finales de 2008 la metodología holística de la Building Block Methodology (BBM) (King et al, 2000). Esta metodología plantea un marco conceptual adecuado y un protocolo transparente donde incorporar el conocimiento multidisciplinar, y el entendimiento de los procesos ecológicos, hidrológicos y geomorfológicos para el buen funcionamiento del ecosistema.

Nivel de caudales ecológicos requeridos para conservación	ALTO	Integridad hidrológica (>60%)	60%	30%
	MEDIO	60%	30%	10%
	BAJO	30%	10%	Máximo Potencial Hidrológico (<10%)
		BAJO	MEDIO	ALTO
Nivel de demandas para satisfacción de usos				

Figura 1. Criterios para establecer de caudales ecológicos en función del interés de conservación y del grado de utilización de los recursos hídricos en un punto de interés

2.2.3. Ámbito del Estudio de Caudales Ecológicos

El estudio de caudales ecológicos realizado en la cuenca del San Pedro-Mezquital abarca los límites naturales de la cuenca hidrográfica considerados en el estudio para la determinación de la disponibilidad de la cuenca, con excepción de las cuencas cerradas de Santiaguillo y La Taponá.

2.2.4. Selección de Tramos de Estudio

En junio de 2008, un grupo de expertos convocados para realizar este análisis, procedió a la selección de aquellos tramos de río donde realizar con detalle las determinaciones de caudal ecológico, con base a los siguientes criterios:

- Puntos de importancia ambiental que representaran condiciones naturales de referencia y espacios con gran interés de conservación por su diversidad biológica.
- Tramos ubicados aguas abajo de las presas de regulación o derivadoras con gran afectación del régimen hidrológico.
- Límites de cuencas definidas en el estudio de disponibilidad de aguas superficiales de la cuenca del San Pedro-Mezquital.
- Representatividad de los ecotipos y las distintas regiones hidroclimáticas dentro de la cuenca del San Pedro-Mezquital.
- Conocimiento de la zona por los especialistas y disponibilidad de información hidrológica de detalle.

Tabla 2. Sitios de estudio de caudales ecológicos y su equivalencia con el estudio de disponibilidad

Corriente	Cuenca	Código	Tramo
Río La Saucedá	La Saucedá	S1	Aguas arriba Presa Caboraca
		S2	Aguas abajo Presa Caboraca
	Durango	AS1	Aguas abajo presa Peña del Águila
Río El Tunal	Tunal	T1	Aguas arriba Presa Guadalupe-Victoria
	Durango	T2	Entre la Presa y Derivadora la Ferrería
		T3	Aguas abajo derivadora Ferrería
Río Santiago Bayacora	Santiago Bayacora	SB1	Aguas abajo de la derivadora Refugio Salcido
El Saltito (Río Durango)	Durango	SP1	Estación hidrométrica, aguas arriba de las cascadas
Río Poanas	Poanas	P1	Aguas arriba Presa Francisco Villa
	San Pedro-Mezquital	P2	Aguas abajo Presa Francisco Villa
Súchil	Súchil	AS2	Aguas arriba de la estación hidrométrica Vicente Guerrero
Graceros	Graceros	AG1	Aguas abajo de la presa Santa Elena y

			de la estación hidrométrica Graceros
Mezquital	San Pedro-Mezquital	SP2	Aguas abajo del poblado San Francisco del Mezquital (Dgo)
San Pedro	San Pedro desembocadura	SP3	Marismas Nacionales

Se seleccionaron 14 sitios de estudio dentro de la cuenca (Figura 2), de los cuales solamente se analizaron once sitios por limitaciones logísticas. Complementariamente fue necesario considerar tres sitios adicionales (AS1, AS2 y AG1) para hacer coincidir esta evaluación con los estudios de disponibilidad realizados por CONAGUA (Tabla 2)

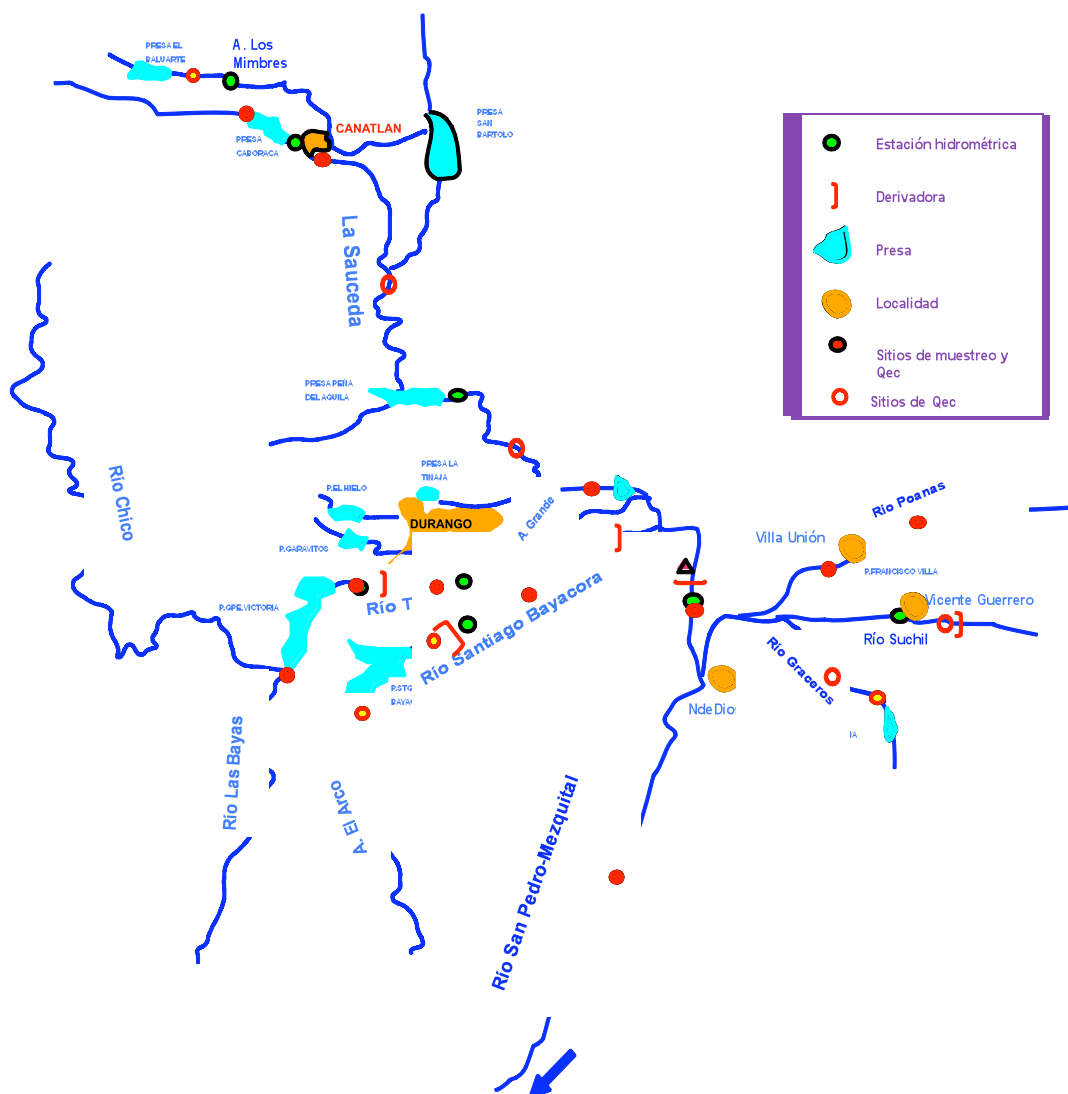


Figura 2. Sitios de estudio para la determinación de caudal ecológico

2.2.5. Proceso de formulación de la propuesta

Para realizar el análisis que implica la metodología BBM se integró un grupo de expertos en diferentes disciplinas como ictiología, insectos acuáticos, calidad de agua, vegetación, hidráulica, hidrología y geomorfología, quienes recibieron una capacitación en la metodología y posteriormente participaron en estudios de campo y talleres para acordar la propuesta. Adicionalmente, en los talleres participaron funcionarios del gobierno estatal y federal, así como usuarios del agua (Anexo 1). La dinámica de trabajo incluyó el análisis y discusión de los siguientes aspectos:

- Identificación de las condiciones de referencia del río donde se prevé la puesta en práctica de los caudales ambientales, incluyendo las características hidrológicas naturales, las condiciones naturales del canal y sus riberas, comunidades biológicas de referencia, etc.
- Conocimiento del estado actual de las condiciones del lecho y sus riberas (características del sustrato, conectividad lateral, estructura y composición de las riberas, etc.) y de las comunidades biológicas según diferentes parámetros biológicos y ecológicos.
- Identificación de las alteraciones del régimen hidrológico con especial atención a los elementos del régimen de caudales responsables del cambio de las condiciones físicas del río y de sus comunidades biológicas.
- Prescripción de una propuesta de caudales ambientales con el fin de restaurar los elementos del régimen hidrológico para alcanzar un determinado estado de conservación a definir por el equipo de expertos en función de las características actuales del hábitat, su potencial de recuperación, y los usos del agua, principalmente.

Durante los meses de junio y julio se trabajó en integrar información, hidrológica, hidráulica, ecológica, social y económica de la zona, que se complementó y actualizó con los datos obtenidos en el estudio de campo desarrollado por dicho grupo durante el mes de agosto del mismo año, realizando además la valoración preliminar del estado ecológico, en un ejercicio conjunto entre los integrantes del grupo de especialistas en cada sitio, evaluando en primer lugar con base a lo observado y a la especialidad de cada uno, el Estado Ecológico o de Conservación del tramo del río visitado, y asignándole una calificación por cada especialidad: ictiología, insectos acuáticos, calidad de agua, vegetación, hidráulica, hidrología y geomorfología, para llegar finalmente a un diagnóstico común, con base en la siguiente escala de valoración (Tabla 3).

Tabla 3. Escala de valoración del Estado Ecológico o de Conservación de tramos de sistemas ribereños

Estado Ecológico o de Conservación	Descripción
A	En estado natural, sin modificaciones relevantes.
B	Muy buen estado, con modificaciones evidentes que no alteran las funciones básicas del ecosistema.
C	Moderadamente perturbado, con cambio en las funciones del ecosistema.
D	Muy perturbado con pérdida de hábitat, biota y funciones del ecosistema.

Durante los siguientes meses se proceso la información de campo para integrar todos los elementos en el taller de “Definición de Propuestas de Caudal Ecológico” celebrado en noviembre de 2008 en Durango y convocado conjuntamente con la dirección local de CONAGUA. En este taller se llegó a sitio una propuesta de régimen de caudal ecológico para periodos secos y húmedos, en años secos y húmedos respectivamente, así como una propuesta de crecidas controladas, para la preservación o restauración de condiciones de funcionamiento natural de cada tramo de la cuenca.

Para el caso de Marismas Nacionales, sistema estuarino en la parte baja de la cuenca, se ha adoptado la opinión de un grupo de expertos de la Universidad Nacional Autónoma de México de larga trayectoria de trabajo en la zona, que sostuvieron una reunión para discutir las amenazas a la conservación de este humedal de gran importancia nacional e internacional en el mes de diciembre de 2008.

Como se mencionó anteriormente, la hidrología fue una de las herramientas esenciales. La referencia a las condiciones hidrológicas naturales y modificadas permitió entender mejor los cambios ecológicos observados en los ríos. Las condiciones hidrológicas naturales se convirtieron en el punto de partida para iniciar la formulación de las propuestas, a partir de la discusión de su conveniencia o no en términos ecológicos y biológicos por parte de los especialistas. La Tabla 4 presenta para cada sitio la fuente de información hidrométrica considerada, el periodo de registro y los percentiles considerados para definir los caudales ecológicos en años secos y húmedos.

Todo este proceso ha quedado documentado en una memoria técnica que incluye fichas con la información de cada sitio y el razonamiento seguido para llegar a la propuesta de caudal (Anexo 2). Esta información constituirá la línea de base para el monitoreo de cada sitio, verificar el cumplimiento e las hipótesis planteadas y la revisión cada tres años de la propuesta, según lo establecido por la LAN para la revisión periódica de la disponibilidad en su artículo 22.

Tabla 4. Información hidrométrica utilizada para la determinación de caudales ecológicos

Sitio	Código	Origen Datos	Periodo de Registro	Percentiles	
				Año Seco	Año Húmedo
Aguas arriba Presa Caboraca	S1	E.H. Caboraca	1955-1990	25	75
Aguas abajo Presa Caboraca (Sta. Lucia)	S2	E.H. Caboraca	1955-1990	5	25
Aguas abajo Presa Peña del Águila	S3	Presa Peña del Águila	1955-1992	17	50
Tres molinos	T1	Presa Guadalupe Victoria	1962-2006	25	75
El Pueblito	T2	Presa Guadalupe Victoria	1962-2006	5	25
La Ferreria	T3	Presa Guadalupe Victoria	1962-2006	5	5
Refugio Salcido	SB1	Presa Sgo. Bayacora	1989-2006	5	5
Aguas arriba presa Fco. Villa	P1	Presa Fco. Villa	1971-2006	5	7
Aguas abajo Presa Fco. Villa	P2	Presa Fco. Villa	1971-2006	5	5
El Saltito	SP1	E. H. El Saltito	1956-1986	18	35
Mezquital	SP2	E.H. Mezquital	1983-1999	10	16
Graceros	G1	E.H. Graceros	1961-1967	10	50
Vicente Guerrero	SU1	E. H. Vicente Guerrero	1961-2001	15	55
Marismas Nacionales	SP3	E.H. San Pedro	1944-1974	10	50

2.3. Resultados de Caudal Ecológico

En la Tabla 5 se muestra para cada sitio la aportación media en régimen natural y sus requerimientos ambientales anuales, obtenidos a partir de las propuestas de caudal ecológico². Para obtener el caudal ecológico para el año medio se ha tomado la media aritmética entre los valores correspondientes a las propuestas de caudal ecológico para año húmedo y seco. En este ámbito es factible detallar el análisis para determinar un valor percentil que represente un mejor balance entre confiabilidad e impacto a la disponibilidad.

² Los requerimientos ambientales anuales se obtienen transformando el caudal ecológico de cada mes (m^3/s) en su correspondiente volumen mensual (hm^3/mes), para acabar sumando los doce meses del año ($hm^3/año$).

Tabla 5. Propuesta de caudal ecológico cuenca San Pedro-Mezquital

Río (Subcuenca)	Código	Caudal Natural	Propuesta Caudal Ecológico		
		Q _{nat} medio	Q _{ec} seco	Q _{ec} húmedo	Q _{ec} medio
La Saucedá	S1	59,7	9,3	57,2	33,2
	S2	59,7	1,8	9,3	5,6
	AS1	129,1	4,0	37,6	20,8
Tunal	T1	139,4	36,7	133,8	85,2
	T2	139,4	23,3	53,9	38,6
	T3	139,4	8,5	8,5	8,5
Santiago Bayacora	SB1	83,4	8,7	8,7	8,7
Poanas	P1	58,1	32,9	42,6	37,7
	P2	58,1	12,7	12,7	12,7
Graceros	AG1	11,7	1,4	17,6	9,5
Súchil	AS2	35,5	1,0	9,8	5,4
Durango	SP1	450,5	22,3	49,6	36,0
San Pedro-Mezquital	SP2	555,9	69,3	94,6	82,0
	SP3	3172.5	1106.5	2249.9	1678.2

En la Figura 3 se muestra la representación del caudal ecológico para el año medio respecto a la aportación en régimen natural.

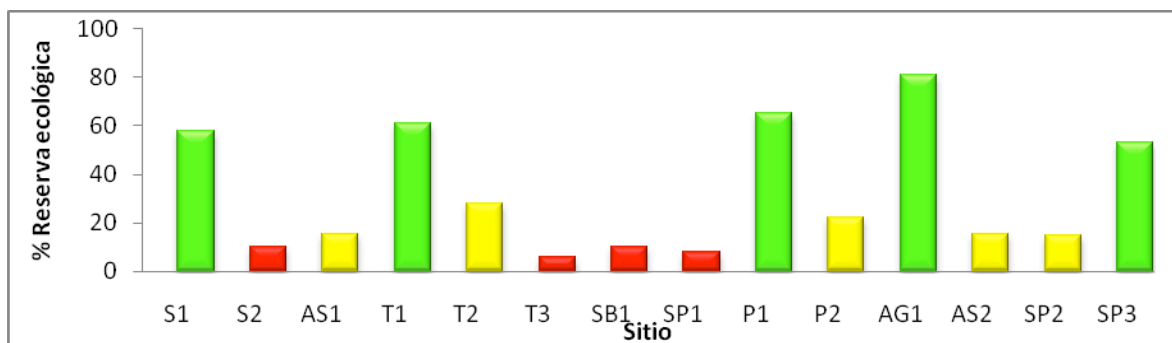


Figura 3. Porcentaje de caudal ecológico por sitio, respecto al escurrimiento natural anual de la cuenca

Para interpretar los resultados obtenidos es necesario agrupar los mismos por diferentes rangos de valor. En primer lugar destacan los caudales ecológicos que presentan valores superiores al 50% del caudal medio (S1, T1, P1, AG1 y SP3). En general se trata de tramos situados en las cabeceras de los ríos, sometidos a escasas presiones y en donde el objetivo es mantener los mayores estados de conservación. Los caudales ecológicos en estas zonas se justifican por el

carácter excepcional de estos tramos dentro de la cuenca, ríos conservados aún como “naturales”. Un caso particular se encuentra en la parte final de la cuenca, en el río San Pedro Mezquital, con casi el 60% de caudal ecológico en su desembocadura. En este caso se justifica este valor por la dependencia del régimen hidrológico, del complejo de humedales de Marismas Nacionales, zona designada como sitio Ramsar en 1995, que presenta valores naturales excepcionales por su fauna y vegetación, y por su importancia económica para las pesquerías del Golfo de California, aunada a la baja presión sobre los recursos hídricos en el tramo inferior (menor del 20% del caudal medio).

En el caso del río Poanas (P1), la presencia de peces de la especie *Gambusia senilis*, considerada en la categoría de amenazadas, según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Protección Ambiental-Especies de Flora y Fauna Silvestres de México-Categorías de riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de especies en Riesgo), justifica los valores de caudal ecológico.

En el río Tunal (T1, T2, T3) se detectaron 2 especies, que aún no están plenamente identificadas pero coinciden con los géneros de *Gambusia cf. longispinis* y *Gambusia cf. Episcopa*, las cuales tienen categoría de protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

El caso del río Graceros (G1), donde se consideró un caudal ecológico del 80%, también merece una explicación. Independientemente del valor natural de esta cuenca, el caudal ecológico en Graceros tuvo que ser estimado exclusivamente a partir de criterios hidrológicos, sobre la base de unas series de datos poco representativa. Efectivamente, a pesar de que las series existentes abarcan el periodo 1962-2000, los años donde la estación hidrométrica se encontraba en régimen natural (condición necesaria para calcular el caudal ecológico) se restringe a los 7 primeros años (1962-1968). Este corto periodo resultó ser extraordinariamente húmedo, con una aportación media en esos años de 20 hm³ que casi dobla la aportación considerada en el estudio de la disponibilidad (11,7 hm³). La deducción del caudal ecológico a partir de ese periodo húmedo conlleva a este valor extraordinariamente elevado del 80%, que requiere ser revisado con mayor detalle y la participación de personal de CONAGUA y los usuarios del agua.

Se puede hacer un segundo grupo para aquellos sitios cuyos valores de caudal ecológico se sitúan aproximadamente entre el 15 y el 30% del caudal medio (AS1, T2, P2, AS2 y SP2). Se trata de tramos situados aguas abajo de grandes presas, sujetos a la gestión de las mismas pero que presentan bien valores naturales con interés de conservación ó bien son masas estratégicas en el sistema hidrológico. Es de destacar el sitio del río Tunal ubicado en El Pueblito, ya que se trata de un tramo de río especialmente valioso desde el punto de vista social, cuyos caudales ecológicos se ven favorecidos por la aportación de la presa Guadalupe-Victoria hacia el distrito de riego. Por su parte, el río La Saucedá contribuye significativamente al mantenimiento del humedal de Málaga.

Finalmente encontramos aquellos sitios donde los caudales ecológicos han sido inferiores al 10% del caudal medio en régimen natural (S2, T3 y SB1 y SP1). En este caso los tramos de río están sometidos a fuertes presiones por el uso del agua. El río Tunal en el sitio aguas abajo de

la derivadora La Ferrería es un claro ejemplo. Las extracciones de materiales pétreos han transformado drásticamente la configuración del lecho, desapareciendo su cauce original y creando aleatoriamente grandes planicies y pozas (Figura 4).

En la Tabla 6 se presenta los resultados de las condiciones actuales de cada sitio y el estado de conservación al que razonablemente se puede llegar con la propuesta de caudal ecológico.



Figura 4. Extracción de materiales en el río Tunal



Tabla 6. Propuesta de caudales ecológicos para la cuenca del río San Pedro Mezquital

Rio	CUENCA	CODIGO	TRAMO	INTERES DE CONSERVACION	DEMANDAS DE AGUA	ESTADO DE CONSERVACION		PROPUESTA CAUDAL ECOLOGICO							
						CONDICION ACTUAL	CONDICION DESEADA	AÑO SECO		AÑO HUMEDO		CRECIDAS		CAUDAL MEDIO hm³/AÑO	CAUDAL ECOLOGICO %
								CAUDAL hm³	%	CAUDAL hm³	%	m³/s	DURACION/ FRECUENCIA Dias/años		
Rio La Saucedá	La Saucedá	S1	Aguas arriba Presa Caboraca	Alto	Baja	B	A	9.3	16	57.2	100	Regimen natural		33.25	58
		S2	Aguas abajo Presa Caboraca- Santa Lucia	Medio	Media	C	C	1.8	3	9.3	16	76.2	1/ 2-3años	5.56	10
		AS1	Aguas abajo de la presa Peña del Aguila	Medio	Media	C	C	4.0	3	37.6	29			20.8	15
Rio El Tunal	Tunal	T1	Aguas arriba Presa Guadalupe-Victoria-Tres Molinos	Alto	Baja	B	A	36.7	26	133.8	96	Regimen natural		85.24	61
	Durango	T2	Entre la Presa Guadalupe Victoria y Derivadora la Ferreria - El Pueblito	Medio	Media	C	B	23.3	17	53.9	39	70	1/ 2-3años	38.6	28
	Durango	T3	Aguas abajo derivadora Ferreria - La Ferreria	Bajo	Alta	D	D	8.5	6	8.5	6	70	1/ 2-3años	8.51	6
Rio Santiago Bayacora	Santiago Bayacora	SB1	Aguas abajo de la derivadora- Refugio Salcido	Medio	Media	C-D	C	8.7	10	8.7	10	62.8	1/ 2-3años	8.73	10
Durango	Durango	SP1	Estación hidrométrica, aguas arriba de las cascadas- el Saltillo	Medio	Media	C	C	22.3	5	49.6	11	148	1/ 2-3años	35.97	8
Rio Poanas	Poanas	P1	Aguas arriba Presa Francisco Villa	Alto	Baja	B	A	32.9	57	42.6	73	Regimen natural		37.71	65
		P2	Aguas abajo Presa Francisco Villa	Medio	Alto	B	B	12.7	22	12.7	22	31.5	1/3-4 años	12.67	22
Graceros	Graceros	AG1	Aguas abajo de la EH Graceros	Medio	Alto	B	A	1.4	12	17.6	150			9.5	81
Suchil	Suchil	AS2	Aguas arriba de la EH Vicente Guerrero	Medio	Medio	C	C	1.0	3	9.8	28			5.36	15
Mezquital	San Pedro-Mezquital	SP2	Aguas abajo de San Francisco del Mezquital(Adgo)	Medio	Baja	C	C	69.3	12	94.7	17	148	1/ 2-3años	81.96	15
San Pedro	San Pedro desembocadura	SP3	Marismas Nacionales	Alto	Media	B	A	1106.5	35	2249.9	71			1678.2	53

3. LA DISPONIBILIDAD Y EL CAUDAL ECOLÓGICO

3.1. Justificación Legal

Tal como se había mencionado anteriormente, la Ley de Aguas Nacionales LAN, en el artículo 14 bis 4, fracción VII hace una referencia implícita a los caudales ecológicos, señalando que “*el Ejecutivo Federal (...) instrumentará mecanismos para mantener o restablecer el equilibrio hidrológico de los ecosistemas vitales para el agua*”.

La norma NOM-011-CNA-2000, (Conservación del recurso agua. Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales), hace referencia en su introducción a la importancia de “*tomar conciencia de que sólo una fracción de los escurrimientos naturales, superficiales o subterráneos, debe ser aprovechada por el hombre*”, considerando que “*hay que deducir los requerimientos del ambiente para determinar la cantidad de agua que puede destinarse a los diversos usos humanos*”.

Según el apartado 4.2.8 de esta norma., el volumen anual concesionado se deberá determinar sumando los volúmenes anuales asignados y concesionados por la CNA, las limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, **conservación ecológica** y reglamentos conforme a la Programación Hidráulica. Considerando que el caudal ecológico (Qec) es una cantidad de agua que debe mantenerse circulante para restablecer los sistemas naturales en la cuenca, no afecta el volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo.

En el apartado 4.2.10 de esta misma norma, el volumen anual actual comprometido aguas abajo, también considera los volúmenes correspondientes a conservación ecológica.

En el estudio de disponibilidad se define a la variable Rxy, como el volumen disponible a la salida de la cuenca x para la cuenca y, con el fin de integrar el caudal ecológico en el cálculo del volumen anual comprometido, la variable Rxy se expresaría como

$$R_{xyQec} = R_{xy} + Q_{ec_{xy}}$$

Donde:

RxyQec= Volumen disponible a la salida de la cuenca X para la cuenca Y considerando el caudal ecológico.

Rxy = Volumen disponible a la salida de la cuenca X para la cuenca Y

Qec_{xy} = Caudal ecológico comprometido aguas abajo

Estas referencias explícitas de la norma permiten introducir los caudales ecológicos como la reserva destinada a la conservación ecológica. Siendo así, los caudales ecológicos (designados mediante la notación Qec_{xx} y Qec_{xy}) deben ser entendidos como un volumen comprometido a deducir de la disponibilidad y no del cálculo de escurrimiento aguas abajo, de otra forma se estaría contabilizando dos veces el Qec y por lo tanto disminuyendo la disponibilidad.

Esta disponibilidad media anual se determinaría entonces mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{array}{l} \text{DISPONIBILIDAD} \\ \text{MEDIA} \\ \text{ANUAL DE AGUA} \\ \text{SUPERFICIAL} \\ \text{EN LA CUENCA} \\ \text{HIDROLOGICA} \end{array} = \begin{array}{l} \text{VOLUMEN} \\ \text{MEDIO ANUAL} \\ \text{DE ESCURRI-} \\ \text{MIENTO DE LA} \\ \text{CUENCA HACIA} \\ \text{AGUAS ABAJO} \end{array} - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN} \\ \text{ANUAL ACTUAL} \\ \text{COMPROME-} \\ \text{TIDO AGUAS} \\ \text{ABAJO} \end{array} - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN} \\ \text{ANUAL DE} \\ \text{CAUDAL} \\ \text{ECOLOGICO} \end{array}$$

En el caso de las cuencas intermedias, la Norma especifica en su apartado 4.2.10., la necesidad de considerar los volúmenes comprometidos aguas abajo, incluyendo los volúmenes correspondientes a conservación ecológica. De esta forma, la disponibilidad media anual en una cuenca hidrológica intermedia se determinará aplicando la siguiente expresión:

$$\begin{array}{l} \text{DISPONIBILIDAD} \\ \text{MEDIA ANUAL DE} \\ \text{AGUA SUPERFICIAL} \\ \text{EN UNA CUENCA} \\ \text{INTERMEDIA} \end{array} = \begin{array}{l} \text{VOLUMEN MEDIO} \\ \text{ANUAL DE ESCU-} \\ \text{RRIMIENTO DESDE} \\ \text{LA CUENCA AGUAS} \\ \text{ARRIBA} \end{array} + \begin{array}{l} \text{VOLUMEN MEDIO} \\ \text{ANUAL DE} \\ \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{NATURAL} \end{array} + \begin{array}{l} \text{VOLUMEN} \\ \text{ANUAL DE} \\ \text{RETORNOS} \end{array} \\ + \begin{array}{l} \text{VOLUMEN ANUAL} \\ \text{DE} \\ \text{IMPORTACIONES} \end{array} - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN ANUAL} \\ \text{DE} \\ \text{EXPORTACIONES} \end{array} - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN} \\ \text{ANUAL DE} \\ \text{EXTRACCION} \\ \text{DE AGUA} \\ \text{SUPERFICIAL} \end{array} \\ - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN ANUAL} \\ \text{DE CAUDAL} \\ \text{ECOLOGICO (Qec}_{xx}, \\ \text{Qec}_{xy}) \end{array}$$

Para la adecuación de la disponibilidad incluyendo el caudal ecológico, se tomaron los valores del volumen medio anual de escurrimiento natural, volumen anual de retornos, volumen anual de importaciones, volumen anual de exportaciones y volumen anual concesionado de agua superficial, publicados para cada cuenca en el estudio de disponibilidad de agua superficial de la cuenca San Pedro-Mezquital.

3.2. Incorporación del Caudal Ecológico en la Cuenca del San Pedro-Mezquital

Los estudios de caudal ecológico promovidos por la Alianza WWF-FGRA en la cuenca del Río San Pedro-Mezquital permiten aplicar este nuevo concepto y valorar su potencial para ser incorporados en el estudio de disponibilidad. No obstante, son necesarios ciertos ajustes para su adecuación a las consideraciones de la norma. Efectivamente, el estudio ha sido realizado en puntos estratégicos dentro del sistema de la cuenca y claramente orientado hacia la gestión,

incluyendo propuestas de caudal ecológico para años húmedos y secos, diseño de crecidas controladas, paquete de medidas para la recuperación ambiental de los tramos, etc.

Un primer paso necesario para incorporar los caudales ecológicos de este estudio en el balance de la disponibilidad consistía en unificar las propuestas de caudal ecológico (formuladas para cada estación y dependiendo de las condiciones del año -húmedo o seco-) en un solo volumen anual, tal como es considerado en la Norma de Disponibilidad. En este caso se ha optado por contabilizar el volumen ecológico mes a mes hacia un solo valor anual y promediar los volúmenes obtenidos para años húmedos y secos.

Otro ajuste necesario está relacionado con la diferente escala espacial tratada en ambas aproximaciones. Mientras la NOM-011-CNA-2000 establece que la disponibilidad se calculará en la salida del cauce principal de cada subcuenca (9 sitios), el estudio de caudales ecológicos realiza un análisis más desagregado, sumando un total de 14 sitios. No obstante, esta información ha sido incorporada en el estudio de disponibilidad a través de unas reglas de cálculo básicas, asegurando de esta forma que fueran considerados los caudales ecológicos definidos en cada circunstancia y tratados de forma coherente en el conjunto de la cuenca.

En el caso de la cuenca propia, las dos reglas básicas consideradas en el presente estudio son las siguientes:

- Cuando una misma corriente presente diferentes caudales ecológicos Qec_{xx1} , Qec_{xx2} , Qec_{xx3} , ..., Qec_{xxn} , el caudal ecológico considerado para el cálculo de la disponibilidad será el mayor de ellos.

$$Qec_{xx} = \max (Qec_{xx1}, Qec_{xx2}, Qec_{xx3}, \dots Qec_{xxn})$$

- Cuando una misma subcuenca disponga de varias corrientes de agua $C1$, $C2$, ..., Cn , con sus respectivos caudales ecológicos Qec_{C1} , Qec_{C2} , Qec_{C3} , ..., Qec_{Cn} , el caudal ecológico considerado para la subcuenca será la suma de los comprometidos para cada una de las corrientes

$$Qec_{xx} = Qec_{C1} + Qec_{C2} + Qec_{C3} + \dots + Qec_{Cn}$$

En el caso de las cuencas intermedias se deberán considerar tanto los caudales ecológicos en cuenca propia (Qec_{xx}) como compromisos de caudales ecológicos cuencas abajo (Qec_{xy}). No obstante, ambos volúmenes no son suplementarios entre sí, sino complementarios. Es decir, en el caso de que ambos compromisos dentro y fuera de la cuenca fueran diferentes, el volumen comprometido en el cálculo de la disponibilidad no será la suma de ambos, sino el mayor de ellos.

$$Qec_{TOT} = \max (Qec_{xx}, Qec_{xy})$$

3.3. Resultados de la Disponibilidad

En el Anexo 3 se presentan los balances para cada subcuenca del estudio de disponibilidad considerando el caudal ecológico, así como un esquema del sistema hidráulico por donde transitan los caudales. En la Tabla 7 se muestran los resultados de cada una de las variables empleadas para el cálculo de la disponibilidad por cuenca incluido el caudal ecológico. Como puede observarse en todos los casos se presenta un remanente de disponibilidad con excepción del río Poanas, aguas arriba de la presa, que presenta un déficit. A los efectos del cálculo de la disponibilidad, se consideró necesario ajustar el valor de caudal ecológico, haciéndolo equivalente al total de agua disponible en la cuenca. De esta forma se pasaría de 37.7 hm^3 a 14.52 hm^3 (12.71 hm^3 para año seco y 16.28 hm^3 para año húmedo), lo que representa el 38 % de la propuesta inicial. Este ajuste queda condicionado a establecer un plan operativo de acciones a corto plazo que permita mejorar las condiciones hidrológicas (subterráneas y superficiales) en la cuenca e incrementar el valor de caudal ecológico hasta alcanzar la propuesta inicial.

En la Figura 5, se muestra un esquema general del balance de la cuenca San-Pedro Mezquital.

BALANCE DE LA CUENCA SAN PEDRO-MEZQUITAL

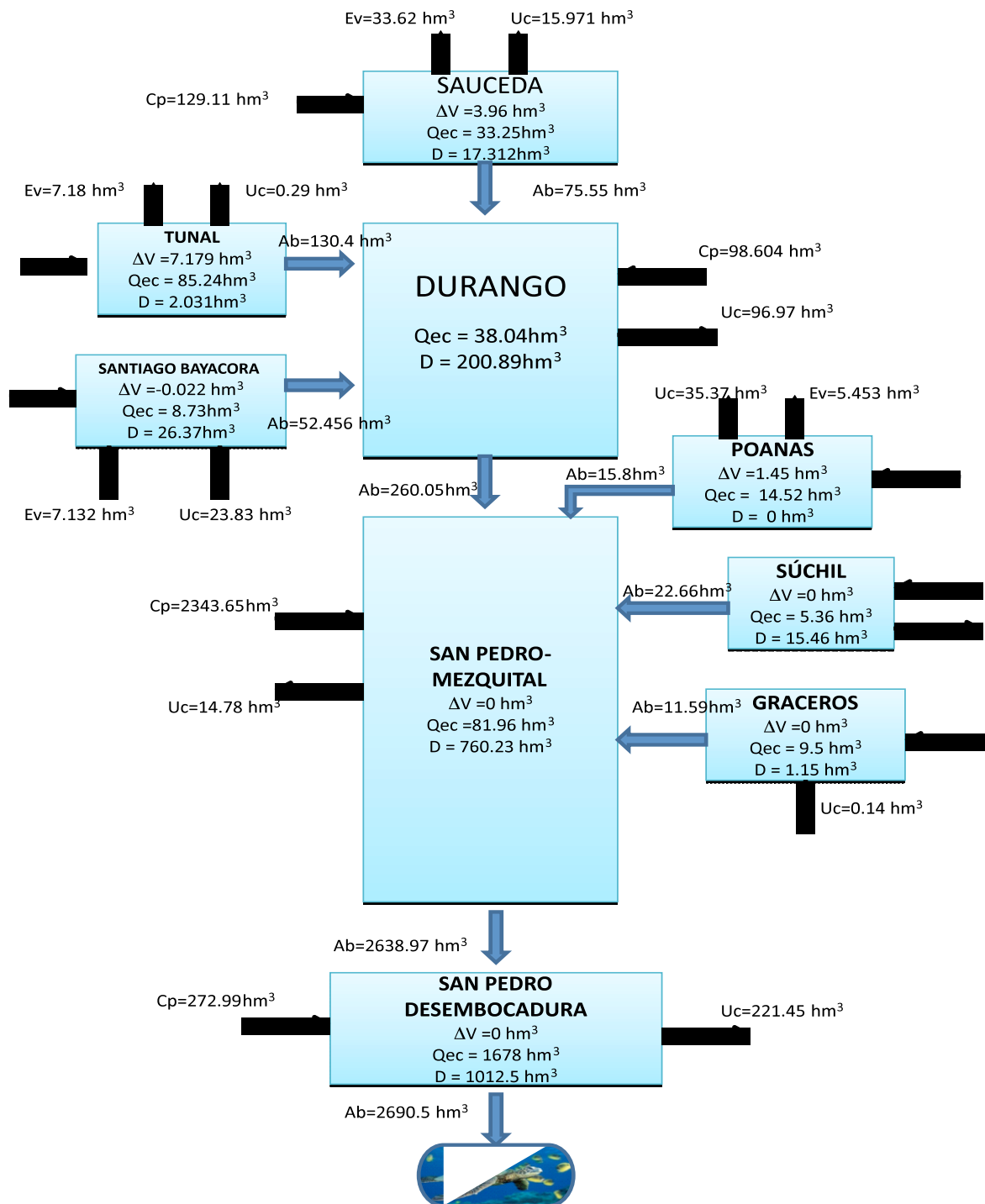


Figura 5. Esquema del balance de la Cuenca San Pedro-Mezquital

Tabla 7. Resultados del estudio de disponibilidad considerando los caudales ecológicos para el río San Pedro Mezquital

Cuenca hidrológica	Nombre	Hm3													Dr	Situación
		Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ev	Av	Ab	Rxy	Qec	Qecxy	D		
A	Laguna de Santiaguillo	129,7	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	84,3	0,0	37,0	0,0	0,0	0,0	37,0	1,4	Deficit
B	La Tapona	114,5	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,7	0,0	0,0	0,0	111,7	40,6	Abundancia
C	Río La Saucedá	129,1	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	33,6	4,0	75,6	25,0	33,3	45,8	17,3	1,2	Deficit
D	Río el Tunal	139,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	7,2	1,5	130,4	43,1	85,2	38,6	2,0	1,5	Equilibrio
E	Río Santiago Bayacora	83,4	0,0	23,8	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	52,5	17,4	8,7	8,7	26,4	1,5	Equilibrio
F	Río Durango	98,6	258,4	97,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	260,1	21,1	38,0	36,0	200,9	2,3	Equilibrio
G	Río Poanas	58,1	0,0	35,4	0,0	0,0	0,0	5,5	1,5	15,8	1,3	14,5	12,7	0,0	0,7	Deficit
H	Río Suchil	35,5	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	1,8	5,4	5,4	15,5	1,8	Equilibrio
I	Río Graceros	11,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	0,9	9,5	9,5	1,2	1,1	Deficit
J	Río San Pedro Mezquital	2343,7	310,1	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2639,0	200,7	82,0	1678,0	760,3	8,9	Disponibilidad
K	Río San Pedro desembocadura	273,0	2639,0	221,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2690,5	0,0	1678,0	0,0	1012,5	1,5	Equilibrio

4. EL CAUDAL ECOLÓGICO Y SU IMPLEMENTACIÓN

Como se ha observado anteriormente, el efecto del caudal ecológico en los resultados de la disponibilidad ha sido significativo. No obstante, en ningún caso se ha hablado del impacto o costo de la implementación del caudal ecológico en términos de recursos hídricos (volúmenes requeridos desde las presas), un concepto clave de cara a su futura puesta en práctica.

Los resultados del caudal ecológico en la cuenca del San Pedro-Mezquital han variado en gran medida según los diferentes sitios (desde el 6% en el río Tunal en La Ferrería hasta el 80% en el río Graceros). Esto nos permite analizar una serie de casos donde concurren múltiples elementos a considerar.

El primer tipo de situaciones lo encontramos en los sitios localizados aguas arriba de las presas, con un caudal ecológico elevado que supone un costo de implementación nulo. Esta situación se produce en los tramos de cabecera aguas arriba de las presas (T1 en el río Tunal, S1 en La Saucedá, P1 en el río Poanas), donde el caudal ecológico se equipara a los escurrimientos que se producen de manera natural. Este caudal ecológico no tiene un efecto significativo sobre los posibles usos existentes aguas arriba de las presas, ya de por sí muy escasos. De forma similar, los caudales ecológicos elevados del río San Pedro en su tramo inferior (sitio SP3) se nutre de las aportaciones intermedias del río San Pedro provenientes de la Sierra Madre, es decir, la disponibilidad puede verse fuertemente reducida, pero sin costo de recurso desde las presas existentes.

Otro caso interesante es la cuenca de Durango. El caudal ecológico definido en El Saltito representaba un volumen de caudal ecológico equivalente a 36 hm³/año (8% del caudal medio). Los caudales ecológicos definidos para los ríos que confluyen hacia la zona del Saltito son de 20.8 hm³ (AS1 en Arroyo la Saucedá), 8.51 hm³ (T3 en el río Tunal) y 8.73 hm³ (SB1 en el río Santiago Bayacora), volúmenes suficientes para aportar el caudal ecológico definido en el Saltito, o lo que es lo mismo, sin gasto adicional para las presas proveedoras.

Finalmente, el ejemplo del río Tunal puede servir para entender mejor este concepto de costo en términos de recursos. En el río Tunal coinciden tres situaciones muy diferentes para los caudales ecológicos. Aguas arriba de la presa Guadalupe Victoria (sitio T1 en Tres Molinos), se consideró el caudal ecológico equivalente a los escurrimientos naturales de la cuenca hasta la presa, representando un volumen equivalente al 61% del caudal natural. Aguas abajo de la presa y antes de la derivadora de Ferrería (donde se deriva el agua para el distrito de riego) se encuentra el sitio de El Pueblito (T2). El caudal ecológico allí definido representa un volumen equivalente de 38.6 hm³ (28% del caudal medio), acorde al estado de conservación del río, su importante uso social y su potencial de recuperación. Teniendo en cuenta que los volúmenes comprometidos para el distrito de riego son de 43.1 hm³, el caudal ecológico para este tramo estaría satisfecho por la entrega de caudales al distrito de riego. Finalmente tenemos el sitio de Ferrería (T3), aguas abajo de la derivadora. En este caso el caudal ecológico deberá ser satisfecho a partir de los volúmenes de la presa Guadalupe Victoria. Considerando estas tres

situaciones para el río Tunal, el impacto o costo de implementación del caudal ecológico en términos de recursos para esta cuenca sería solamente de 8.5 hm³/año.

Aplicando esta idea del costo del recurso por la implementación de los caudales ecológicos, se puede calcular suponiendo el volumen de agua adicional que requiere de cada una de las presas. Además se puede comparar el impacto de los caudales ecológicos en términos de recursos disponibles, con el volumen considerado en la disponibilidad. La Tabla 8 muestra los valores atribuidos a ambos conceptos.

Tabla 8. Impacto de la implementación de caudales ecológicos

Subcuenca	Caudal Ecológico (hm ³ /año)	Impacto Real (hm ³ /año)
La Saucedá	33.2	20.8
El Tunal	85.2	8.5
Santiago Bayacora	8.7	0.0
Durango	38.6	0.0
Poanas	37.7	11.4
Súchil	5.3	3.5
Graceros	9.5	8.4
San Pedro-Mezquital	81.96	0.0
San Pedro-Desembocadura	1678.0	0.0

En términos anuales, el costo de implementación de los caudales ecológicos en la cuenca San Pedro-Mezquital sería de 5.5 hm³ para la presa de Caboraca, 15.4 hm³ para la presa Peña del Águila, 8.5 hm³ para la presa de Guadalupe Victoria, 11.4 hm³ para la presa de Francisco Villa y 8.4 hm³ para la presa de Santa Elena.

5. CONCLUSIONES

El uso intensivo del agua produce una alteración hidrológica de los ríos y humedales que afectan en primera instancia a su estructura y funcionamiento, y en última instancia a los bienes y servicios asociados a ellos. En la parte alta de la cuenca del río San Pedro-Mezquital existen tramos significativamente alterados por esta causa como son las zonas de riego de la presa Caboraca, Guadalupe Victoria, Peña del Águila, Santiago Bayacora y Poanas.

De forma general el estado de conservación ambiental de la cuenca San Pedro-mezquital se califica de mediana a altamente degradado. Sin embargo, afortunadamente aún quedan algunas especies nativas de peces (incluidas en la NOM-059-ECOL-2001), en zonas aguas arriba de las presas e insectos acuáticos indicadores de buena calidad, así como zonas con vegetación de ribera en buenas condiciones, lo que motiva a implementar acciones de recuperación, para lo que la aplicación del caudal ecológico se presenta como muy conveniente, para lograr paulatinamente su recuperación.

El desarrollo de obras de infraestructura hidráulica, tales como el saneamiento del río Tunal-La Saucedá, Agua Futura para Durango y el desarrollo hidráulico de la parte baja, así como el levantamiento de la veda de la cuenca del río San Pedro representan una oportunidad única para la implementación de los caudales ecológicos, que significarán la restauración de la cuenca y una verdadera sostenibilidad en el uso del agua. Los caudales ecológicos no obstaculizan el desarrollo de la sociedad, por el contrario lo garantizan.

Por el papel que desempeñan en el funcionamiento de ríos y humedales, los caudales ecológicos deben ser incorporados en el proceso de planeación hídrica, como parte del plan de manejo integral de la cuenca.

Es indispensable tener presente que en el caso de Marismas Nacionales, de alta importancia ecológica, se debe garantizar una alteración mínima del régimen natural de crecidas en términos de su aportación de agua dulce, sedimentos y nutrientes para garantizar el funcionamiento de la dinámica costera.

Es necesario establecer la coordinación y acciones necesarias para la implementación del caudal ecológico y la evaluación periódica de los resultados, así como las acciones de mejora requeridas. Se recomienda conformar en el seno del Consejo de Cuenca de los Ríos Presidio al San Pedro, una comisión de la cuenca del río San Pedro-Mezquital y su gerencia operativa, quienes se encargarán de elaborar el plan de manejo integral para la cuenca, que incluya agua superficial y subterránea y en el que se establezca en coordinación con los usuarios, las acciones de implementación del caudal ecológico y su manejo, por temporada y año (año seco, año húmedo, temporada de secas y temporada húmeda).

La situación observada actualmente en la Cuenca del Río San Pedro-Mezquital es la consecuencia de una serie de acciones y prácticas de manejo del agua y el territorio. Si se mejoran ambos mejorará la situación de los ecosistemas, y por tanto la salud del río, de la cuenca y de sus habitantes. Esto representa un escenario de menor vulnerabilidad ante las variaciones del ciclo hidrológico que se esperan asociadas al cambio climático.

6. Referencias

Abell, R., D.M. Olson, E. Dinerstein, P. Hurley, J.T. Diggs et al. 2000. Freshwater ecoregions of North America: A conservation assessment. Island Press, Washington, D.C.

Annear, T., I. Chisholm, H. Beecher, A. Locke, and 12 other authors. (2004). Instream Flows for Riverine Resource Stewardship, revised edition. Instream Flow Council, Cheyenne, WY.

Arthington, A.H., S.E. Bunn, N.L. Poff y R.J. Naiman. 2006. “The challenge of providing environmental environmental flow rules to sustain river ecosystems”. *Ecological Applications* 16:1311-1318.

Arthington, A.H., S.O. Brizga, S.C. Choy, M.J. Kennard, S.J. Mackay, R.O. McCosker, J. L. Ruffin, and J.M. Zalucki. (2000). Environmental flow requirements of the Brisbane River downstream from Wivenhoe Dam. South East Queensland Water Corporation and Centre for Catchment and In-stream Research, Brisbane, Australia.

Bayley, P. B. 1995. Understanding large river-floodplain ecosystems. *BioScience* 45: 153–158.

Bunn, S E. y A.H. Arthington. 2002. “Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity”. *Environmental Management* 30:492-507.

Carreño, M.F., J. Martínez, M. R. Vidal-Abarca y M.L. Suárez. 2008. “Indicadores bibliográficos para la valoración de las metodologías de determinación de los caudales ambientales”. *Actas del VI Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*. Fundación Nueva Cultura del Agua. Vitoria.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2005. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida con la categoría de Reserva de la Biósfera “Marismas Nacionales Nayarit”. México, D.F., 120 páginas.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2008. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida con la categoría de Reserva de la Biósfera “Marismas Nacionales Sinaloa”. México, D.F., 41 páginas + 2anexos, total 61 páginas.

Davies S. P. y Jackson S.K. 2006. “The Biological Condition Gradient: A Descriptive Model for Interpreting Change in Aquatic Ecosystems”. *Ecological Applications*: Vol. 16, No. 4 pp. 1251–1266

Dunbar, M. J., A. Gustard, M. C. Acreman, and C. R. N. Elliot. 1998. “Overseas approaches to setting river flow objectives”. Institute of Hydrology, Wallingford, Oxon, United Kingdom. R&D Technical Report W6-161. 83pp.

Finlayson, C. M., B. J. Bailey, and I. D. Cowie. 1989. Macrophyte Vegetation of the Magela Creek Floodplain, Alligator Rivers Region, Northern Territory. Supervising Scientist for the Alligator Rivers Region, Australian Government Publishing Service, Canberra.

Grubaugh, J. W., and R. V. Anderson. 1988. Spatial and temporal availability of floodplain habitat: Long-term changes at Pool 19, Mississippi River. *American Midland Naturalist* 119: 402–411.

INEGI. 2005a. Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México, 1999-2004. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI. 2005b. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, Serie III (continuo nacional), escala 1:250000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes

IUCN, 2000. “Vision for water and nature. A world strategy for conservation and sustainable management of water resources in the 21st century”.

IWMI, 2003. Environmental flow assessment for aquatic ecosystems: a database of methodologies. International Water Management Institute.

Junk, W. J. 1982. Amazonian floodplains: Their ecology, present and potential use. In *Proceedings of the International Scientific Workshop on Ecosystem Dynamics in Freshwater Wetlands and Shallow Water Bodies*, pp. 98–126. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), United Nations Environment Program (UNEP), New York.

Junk, W. J. 1999. “The flood pulse concept of large rivers: Learning from the tropics”. *Archiv für Hydrobiologie* 115: 261–280.

King, J., C. Brown. 2006. “Environmental Flows: Striking the Balance between Development and Resource Protection”. *Ecology and Society* 11(2): 26

King J., Tharme R. and M. DeVilliers, 2000, *Environmental Flow Assessments For Rivers: Manual for the Building Block Methodology*. WRC, Pretoria South Africa. 340 pp.

Limno Tech, Inc. 2005. “Development of an Integrated Ecological Response Model (IERM) for the Lake Ontario-St. Lawrence River Study”. Technical report.

Lytle, D.A., y N.L. Poff. 2004. “Adaptation to natural flow regimes”. *Trends in Ecology & Evolution* 19:94-100.

Menendez, L; E. Stone; D. Wang; M. McGinley. 2010. "Natural disturbance regime". In: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). [First published in the *Encyclopedia of Earth* May 5, 2009; Last revised Date May 5, 2009;

Poff, N.L., J.D. Allan, M. B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegard, B. Richter, R. Sparks, y J. Stromberg. 1997. “The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration”. *BioScience* 47:769-784.

Postel, S., and Richter B., 2003, *Rivers for Life. Managing water for people and nature*. Island Press, Washington, USA, 253 pp.

Richter B. D., J.V. Baumgartner, R. Wigington y D.P. Braun. 1997. "How much water does a river need?" *Freshwater Biology* 37: 231-249.

SEMARNAT-2001, 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, 6 de marzo de 2002.

Smith R. D., E. Maltby. (2003) 'Using the Ecosystem Approach to Implement the Convention on Biological Diversity: Key issues and case studies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK x + 118pp.

Sparks, R. E., P. B. Bayley, S. L. Kohler, and L. L. Osborne. 1990. Disturbance and recovery of large floodplain rivers. *Environmental Management* 14: 699–709.

Tharme, R. 2003. "A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers". *River Research and Applications* 19: 397-441.

Tockner, Klement, Stuart E. Binn, Christopher Gordon, Robert J. Naiman, and Jack A. Stanford. 2008. Flood plains: critically threatened ecosystems. *Aquatic Ecosystems Trends and Global Prospects*. N.V.C. Polunin. Cambridge University Press: 45-61, Chapter 4.

USEPA, 2005. "Use of Biological Information to Better Define Designated Aquatic Life Uses in State and Tribal Water Quality Standards: Tiered Aquatic Life Uses".

Van der Valk. A. G. 1981. Succession in wetlands: A Gleasonian approach. *Ecology* 62: 688–696.

Villar Rodríguez, C. 2001. Actualización de la ficha del humedal Ramsar 732 correspondiente a "Marismas Nacionales".

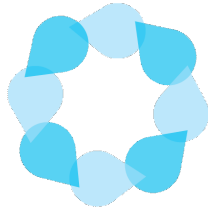
Ward, J. V., K. Tockner, and F. Schiemer. 1999. "Biodiversity of floodplain ecosystems: Ecotones and connectivity". *Regulated Rivers: Research and Management* 15:125–139.

WWF. World Wildlife Fund. 2007. Especies en riesgo. Peces de Cuatrociénegas, en <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/esp_peces4c2.php>.

WWF. World Wildlife Fund. 2006. Chihuahuan freshwater – A global ecoregion, en <www.panda.org/about_wwf/where_we_work/ecoregions/chihuahuan_freshwater.cfm>.

WWF, 2006, Applying the principles of integrated water resources and river basin management – an introduction. A Report to WWF-UK prepared by Tim Jones, Meter Newborne and Bill Phillips, 35 pp.

ANEXO 1



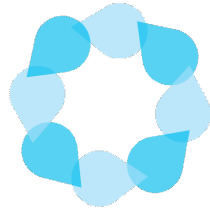
F U N D A C I O N
GONZALO RIO ARRONTE, I.A.P.

CAUDALES ECOLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SAN PEDRO-MEZQUITAL Y SU CONSIDERACIÓN EN EL ESTUDIO DE DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES

Participantes en la estimación del caudal ecológico

Participantes en la estimación del Caudal Ecológico en la cuenca alta del río San Pedro-Mezquitla				
Sector	Institución	Nombre	Correo electrónico	Teléfono
Empresas	Embotelladora del Guadiana	Alfredo Hernández	spp@embquadiana.com	8260330 ext. 173
		Gabriel Ortiz Muñoz	spp@embquadiana.com	(618)8260330
Gobierno	AMD	Roberto López	rlopez55@live.com	1545944
		Alma Rosa Soto	alma.soto@cna.gob.mx	8142661 ext 112
	CONAGUA	Carlos Rascón	carlos.rascon@cna.gob.mx	8331909
		Emiliano Gutiérrez	emiliano.gutierrez@conagua.gob.mx	8142661 ext 106
		Jorge Nevárez	jorge.nevarez@cna.gob.mx	(618)1845616
		José Alberto del Campo	alberto_del_campo@hotmail.com	8142661
		José Luis Romero	jose.romerov@cna.gob.mx	8142661 ext 111
		Luis Colón	luis.colon@cna.gob.mx	(55)5377 0218
		Pedro Romero	pedro.romero@cna.gob.mx	8142661 ext 109
		Salvador de Ita	salvador.deita@cna.gob.mx	(55)53770220
	INE	Arturo Garrido	agarrido@ine.gob.mx	(55) 54246430
	Municipio de Durango (Desarrollo Municipal)	Sandy Ramos	sandy25_82@hotmail.com	6181578891
		Sergio García	sergio_garcia_arreola@yahoo.com.mx	4553674
	SEMARNAT	Elías Chacón de la Cruz	elias.chacon@durango.semarnat.gob.mx	8270202 ext 20241
		Federico M. Casillas O.	federicocasillas@durango.semarnat.gob.mx	8270214
	SRNyMA	Román Galán	roman.galan@durango.semarnat.gob.mx	827 02 00
		Víctor Santiesteban	y_santiesteban@hotmail.com	(618)1281891 al 94
Investigación	CIIDIR	Elizabeth Medina	lizzy_mh@hotmail.com	6188142091
		Gloria García Rodríguez	gloria_gr86@hotmail.com	(675)1057662
		Gustavo Pérez Verdín	guperezv@ipn.mx	8233340
		Ma. Elena Pérez	maelena0359@yahoo.com	6188145091
		Ma. Guadalupe Sánchez	maquasa_29@hotmail.com	(618)1385323
		Marco Márquez	marco_dgo@yahoo.com	8142091
		Raúl Muñiz	raulmm1@yahoo.com	8142091
		Rebeca Álvarez	raz_ciidir@yahoo.com	8144540
		Socorro González	herbario_ciidir@yahoo.com.mx	6188233320
	Escuela de Ciencias Forestales (UJED)	Miguel Rivera		
		Reyna Nevárez	reina802@hotmail.com	
	IB-UNAM	Héctor Espinosa	hector@ibiologia.unam.mx	(56)229147
		Leticia Huidobro	huidobro@ibiologia.unam.mx	(55)56229178 ext 47819
	IG-UNAM	Rafael Barba	rbarba@ibiologia.unam.mx	(55)56229178 ext 47868
		Mario Arturo Ortiz Pérez	maop@iqq.unam.mx	(55)56230222 ext04546
	INECOL	Alberto Chaidez	beto@live.com.mx	(618)1120902
		Cuauhtémoc Domínguez	cuauhtemoc.dominguez@inecol.edu.mx	6181301400
		Efrain Rodríguez	efrainrodriguezr@hotmail.com	6181301480
		Everardo Valenzuela	evalenzuela@hotmail.com	(618) 81113996
		Raymundo Dávalos Sotelo	davalos@ecologia.edu.mx	6181301480
		Roberto Limón	roberto.limon@inecol.edu.mx	6181301480
		Jorge Salum del Palacio	enlacesalum@hotmail.com	(618) 82751-06
Político	Regidor del PAN	José Antonio Ochoa	enlacesalum@hotmail.com	(618) 82751-06
Usuarios	Consejo de Cuenca Presidio al San Pedro, Comité Estatal Uso Servicios	Fernando Duran Escobosa	hotelcasablancaDurango@hotmail.com	(618) 8113599
	COTAS Valle de Canatlán, A.C	Emilio González H.		1280036
	COTAS Valle del Guadian, A.C	Héctor Palacio González	hpalacio4@hotmail.com	8322255
		Julio Morales		8122983
Sociedad civil/ONG	Ciudadanos por el Agua, A.C.	Diodoro J. Ramírez	diavier33@yahoo.es	8125331
	Antropólogo	Yuri Escalante	yuriescala@yahoo.com.mx	(55) 53075433
	Consultor Planeación Hídrica	Héctor Ibarrola	heciba@gmail.com	(55)6462737
	Consultores Ecológicos	Abel García	arevaloa63@hotmail.com	1850279
	Investigador Independiente	Aixa Bujdud	aixanb@hotmail.com	1260619
	Pronatura	Israel Ávila	leaisinatas@live.com.mx	6181163354
	Representante Ejidal	Rafael Ibarra	El Refugio	(618) 116960
	WWF	Alfredo Rodríguez	alrodriguez@wwfmex.org	(614)4157526
		Anuar Martínez	amartinez@wwfmex.org	(55)52865631 ext.229
		Carmen Ponce	carmenponce2001@yahoo.com.mx	(618) 1288907
		Eugenio Barrios	ebarrios@wwfmex.org	(55)52865631 ext 238
		Hilda Escobedo Quiñones	adlih_escobedo@hotmail.com	4550991
		Ignacio D. González Mora	igonzaalez@wwfmex.org	(951)5136723
		Iván Espinoza	iespinosa@wwfmex.org	(55)40804240
		Rafael Sánchez Navarro	rsanchez@gmail.com	
		Raquel Gómez	rgomez@wwfmex.org	1302292

ANEXO 2



F U N D A C I O N
GONZALO RIO ARRONTE, I.A.P.

*Propuesta de caudales ecológicos en la cuenca del río
San Pedro-Mezquital y su consideración en el estudio de disponibilidad de aguas
superficiales*

Propuesta de caudal ecológico para cada sitio

Sitio S1- Río La Saucedá. Aguas Arriba de la Presa Caboraca.



Localización.

El sitio S1, se ubica en el Río La saucedá, después de la confluencia con el río Canatlán, aguas arriba de la presa Caboraca (Canoas), en el Municipio de Canatlán, Dgo., **figura 1**. En esta zona no se presenta afectación por infraestructura hidráulica.

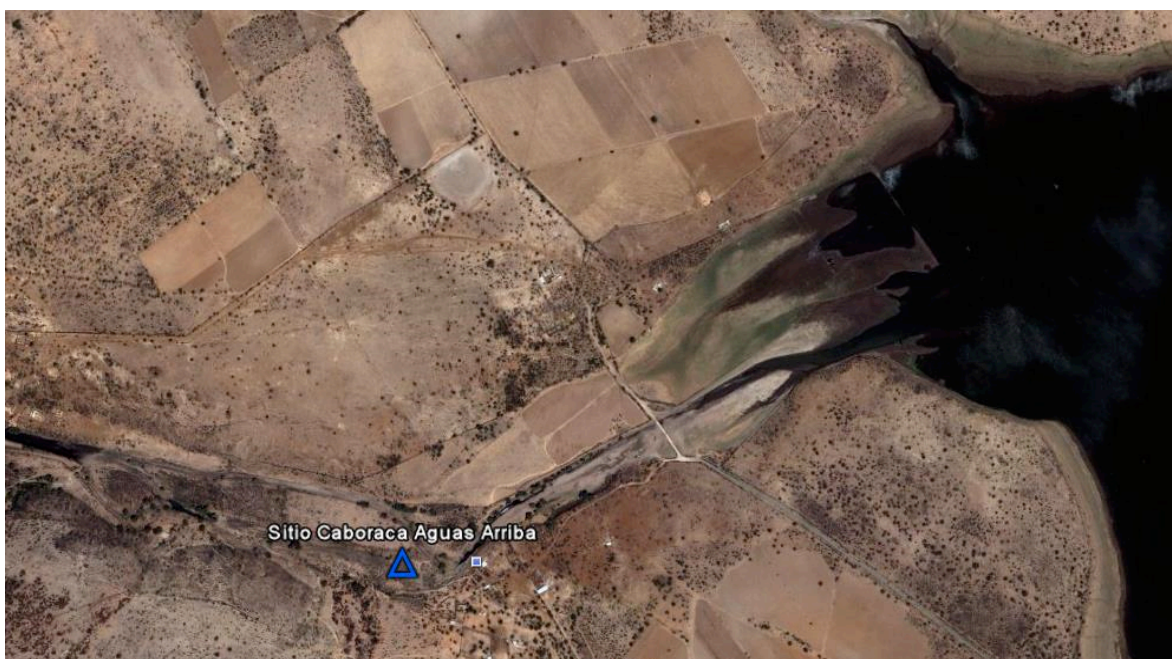


Figura 1. Ubicación del sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca. Google Earth

Sus coordenadas geográficas son 24 33.416' Latitud Norte, 104 50.756' Longitud Oeste, con una altitud de 2,002 m.

Geomorfología

Tramo medianamente confinado con terreno angosto inundable, en un solo lado del canal. El patrón fluvial se presenta en un solo hilo, meándrico moderadamente sinuoso.

Hidrología.

Se analizó la información de la estación hidrométrica Caboraca, ubicada aguas abajo de la Presa Caboraca, con registros desde 1955 hasta 1990 que entro en operación la presa.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos se extendía de los meses de noviembre a junio, con periodos de estiaje muy severos. Lo que indica que es un río temporal que sólo tenía agua en período de lluvias (julio a octubre).

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río La Saucedá.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.59	0.10	0.00	0.00
NATURALSECO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.74	2.12	0.63	0.10	0.00
NATURALMEDIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	2.70	6.31	1.33	0.26	0.05
NATURALHUMEDO	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	2.11	6.69	14.07	3.55	0.38	0.14
NATURALMUY HUMEDO	0.26	0.10	0.02	0.00	0.00	0.29	11.40	14.39	19.04	5.56	0.52	0.39

Hidráulica.

En la **figura 2**, se muestra la sección transversal del sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca. Se puede observar que los niveles máximos alcanzan una elevación de 2.41m y una distancia de 71.30 m a través del canal.

Elevación (m)

Distancia a través del canal (m)

Figura 2. Sección transversal del sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca

Vegetación

Llanura de inundación dominada por *Baccharis*, con arboles aislados de *Salix* cf. *taxifolia* y árboles muy escasos de *Salix bonplandiana*, en el límite de la zona de inundación se distribuían arbustos de *Purshia mexicana*, *Mimosa biuncifera* y en la parte más externa matorral de *Opuntia durangensis* y *Mimosa*. De las especies herbáceas por su abundancia en la llanura de inundación sobresalieron en suelos arenosos *Cynodon dactylon*, *Tribulus terrestris*, *Gomphrena erecta* y otras especies de los géneros *Paspalum*, *Tagetes*, *Dalea*, *Portulaca* y *Ambrosia*.

Como géneros subacuáticos se distinguieron *Eleocharis*, *Mecardonia*, *Persicaria* y *Oxalis* y de las acuáticas a *Polygonum aviculare* (flotante) y *Persicaria* sp. (emergente). Del lado opuesto del río se registró un matorral de *Acacia schaffneri*, con escasos *Pinus chihuahuana*, *Quercus grisea*, *Q. emoryi* y *Populus fremontii* ripario, como se puede observar en la **figura 3**.

AGUAS ARRIBA DE LA P. CABORACA

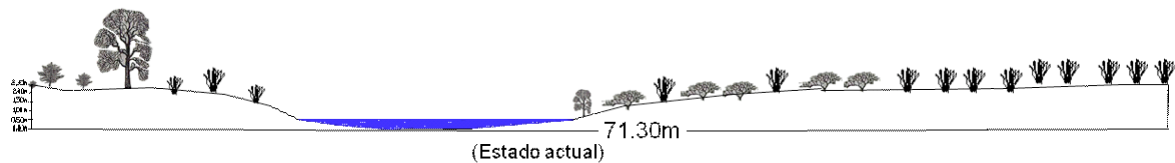


Figura 3. Perfil de transecto ilustrando el estado actual del bosque de ribera en el sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca

Insectos acuáticos

En general se observaron condiciones aceptables para la diversidad biológica, se encontró una buena cantidad de especies sensibles, la mayoría en etapa de desarrollo, **tabla 2.**

Tabla 2. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio S1, aguas arriba de la Presa Caboraca. Muestreos realizados en Agosto de 2008 y mayo y junio de 2009.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	85	10	17	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>	3			
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis sp.</i>	1			
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidium sp.</i>	23		6	
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	5	3	8	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Choroterpes sp.</i>		29	6	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp.</i>	10	11	13	
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	28	8	23	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia sp.</i>		2		
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma sp.</i>		16		
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus sp.</i>		5	5	
Odonata	Lestidae	<i>Archilestes sp.</i>		2		
Odonata	Libellulidae	<i>Peltothemis lineatipes</i> Karsch	1			
Odonata	Libellulidae	<i>Nannothemis sp.</i>		2		
Odonata	Macromiidae	<i>Macromia sp.</i>		1		

Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus sp.</i>		2		
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma sp.</i>	3			
Hemiptera	Corixidae	<i>Hesperocorixa sp.</i>		10		
Hemiptera	Corixidae	<i>Neocorixa sp.</i>		1		
Hemiptera	Hebridae	<i>Lipogomphus sp.</i>			3	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos sp.</i>			3	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris sp.</i>		1		
Hemiptera	Nepidae	<i>Ranatra sp.</i>		1		
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	2		7	
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis sp.</i>	8		6	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche sp.</i>	3			
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	11			
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	1			
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia sp.</i>			2	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Oxyethira sp.</i>		5	2	
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>	2			
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra sp.</i>	17		32	
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Wormaldia sp.</i>	1			
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>		2		
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp.</i>	2	1		
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Hygrotus sp.</i>	1			
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophilus sp.</i>		1		
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Thermonectus sp.</i>		9		
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis sp.</i>	1			
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Gyretes sp.</i>	11			
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Gyrinus sp.</i>		12		
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Berosus sp.</i>	5		1	
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus lateralis.</i>		1		
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp.</i>			4	
Diptera	Chironomidae	ND	19	12	16	
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	68		3	

El índice Biótico de Hilsenhoff (HBI) modificado, obtenido para este sitio fue de 4.71, lo que representa una buena calidad del agua con poca contaminación orgánica, ligera degradación del ambiente, atribuible a diversos factores como actividades humanas, deforestación, agricultura y vertido de desechos, en un grado no grave, pero que es necesario mantener en observación para su control y revertir los efectos negativos que todavía son incipientes.

Peces.

En el caso de peces, a pesar de que las condiciones de conservación del tramo estudiado son aparentemente buenas, se encontró una especie exótica (**tabla 3**).

La condición de la comunidad de peces para este sitio se identificó como regular en función de la interpretación del índice de integridad biótica (IIB), que refleja la ausencia de especies nativas y presencia de ejemplares adultos y juveniles de especies carnívoras, lo que indica que tienen ciclos de vida completos.

Tabla 3. Riqueza específica de peces por especie en el Sitio S1, aguas arriba de la Presa Caboraca. Muestreos : Agosto de 2008- mayo de 2009.

Especie	No. Inds	Nativa / Exótica	Muestreo
<i>Lepomis macrochirus</i>	1	E	Ago-2008
<i>Micropterus salmoides</i>	66 43	E	May-2009 Jun- 2009
<i>Lepomis microlophus</i>	2	E	Jun-2009

Estado de conservación

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la tabla 4, calificándolo como “B”, relativamente poco perturbado.

Tabla 4. Clasificación del estado de conservación en el sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca. WWF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	B+	B	B	B-C	B

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Propuesta de caudal ecológico

Tomando como base el estado de conservación actual para el sitio S1, aguas arriba de la Presa Caboraca, se puede considerar para la propuesta de caudal ecológico llevar el estado actual a una condición mejor ó al menos mantener el que actualmente prevalece, ya que no existe una fuerte presión sobre el recurso. Se realizó el análisis hidrológico considerando que los datos más representativos para cubrir las necesidades de los indicadores biológicos correspondían a los valores del percentil 25, para el año seco y del percentil 75 para el año húmedo. Los datos para el caudal ecológico son en términos hidrológicos los caudales naturales, la propuesta se presenta en la **tabla 5**, observando en la gráfica de la **figura 4** que el caudal ecológico propuesto es el mismo que el caudal actual.

Tabla 5. Propuesta de caudal ecológico para el sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NATURAL _{MEDIO}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	2.70	6.31	1.33	0.26	0.05	11.14
Q _{ECOL SECO}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.74	2.12	0.63	0.10	0.00	3.65
Q _{ECOL HUMEDO}	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	2.11	6.69	14.07	3.55	0.38	0.14	27.04

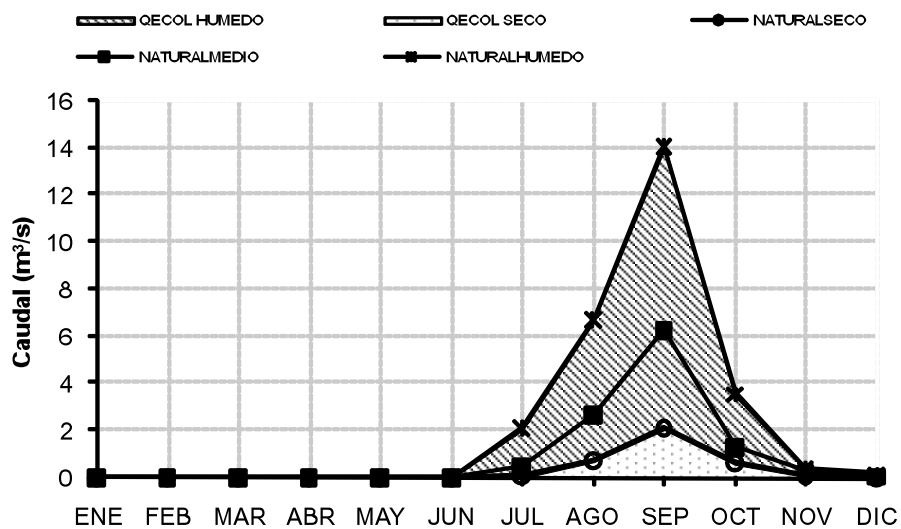
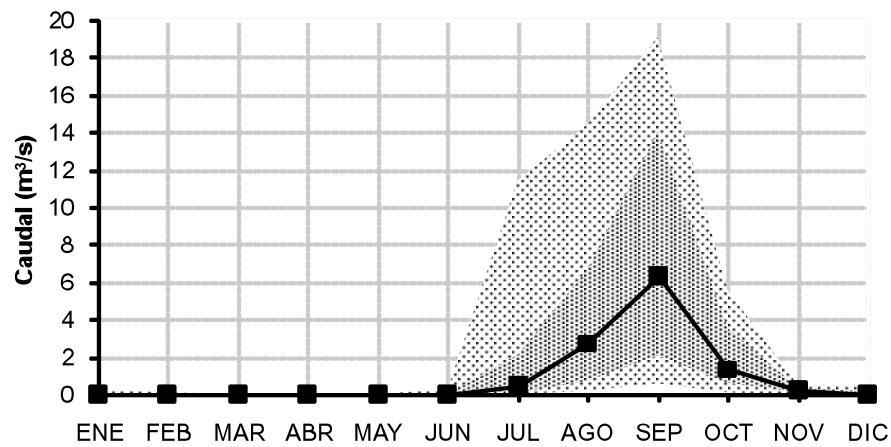


Figura 6. Sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca, caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico

Implicación para los usos del agua en la cuenca

La demanda de agua superficial en el tramo del río la Saucedá desde su nacimiento y hasta la presa Caboraca es muy baja, básicamente uso agrícola, para abrevadero y doméstico, por lo que se considera que la aplicación del caudal ecológico en la cuenca no tendrá implicaciones para los usos del agua que actualmente se realizan en la misma, ya que las condiciones que prevalecen permiten que se mantenga el flujo propuesto sin afectar los derechos de agua actuales.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que nos permitan garantizar el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, mejorar la condición de los peces y la vegetación.

- Estudiar carga de capacidad ganadera y propuesta de acciones.
- Protección de zonas federales del paso del ganado.
- Identificar fuentes de contaminación.
- No introducir más especies exóticas en el vaso de la presa

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Es conveniente continuar con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias lo que permitirá ir ampliando y profundizando en el conocimiento de los ecosistemas y los procesos biológicos, tan importantes en esta zona con buen estado de conservación.

Establecer programa de acciones en coordinación con las dependencias del sector medio ambiente, las comunidades aledañas al cauce del río y ejidatarios.

Sitio S2- Río La Saucedá. Aguas abajo Presa Caboraca (Santa Lucia).



Localización.

El sitio S2, se ubica en el río La Saucedá, en la zona de riego de la presa Caboraca, entre los poblados Santa Lucía y J. Guadalupe Aguilera, del municipio de Canatlán, Dgo., **figura 1**. La zona presenta una fuerte afectación por infraestructura hidráulica.



Figura 1. Ubicación del sitio S2, aguas debajo de la presa Caboraca –Santa Lucía-. Google Earth

Sus coordenadas geográficas son 24 26.979' Latitud Norte, 104 42.982' Longitud Oeste, con una altitud de 1,925 m.

Geomorfología

Valle confinado de lado a lado, sin terreno inundable. Lecho fluvial con pozas profundas y remansos.

Hidrología.

Se analizó la información de la estación hidrométrica Caboraca, ubicada aguas abajo de la Presa Caboraca, con registros desde 1955 hasta 1990 que entro en operación la presa.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos se extendía de los meses de noviembre a junio, con periodos de estiaje muy severos. El tramo de éste río en condiciones naturales es temporal.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río La Sauceda.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.59	0.10	0.00	0.00
NATURALSECO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.74	2.12	0.63	0.10	0.00
NATURALMEDIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	2.70	6.31	1.33	0.26	0.05
NATURALHUMEDO	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	2.11	6.69	14.07	3.55	0.38	0.14
NATURALMUYHUMEDO	0.26	0.10	0.02	0.00	0.00	0.29	11.40	14.39	19.04	5.56	0.52	0.39

Hidráulica.

En la **figura 2**, se muestra la sección transversal del sitio S2, aguas abajo de la presa Caboraca -Santa Lucía-. Se puede observar que los niveles máximos alcanzan una elevación de 3.40 m y con una distancia a través del canal de 31.79 m.

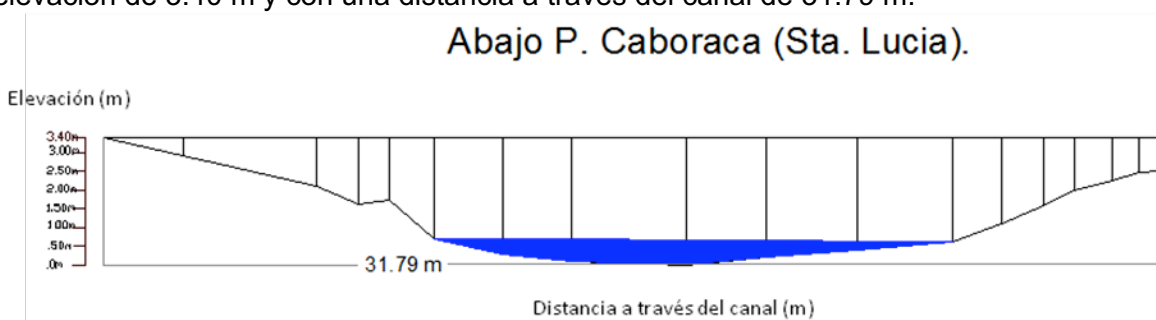


Figura 2. Sección transversal del sitio S2, aguas abajo de la presa Caboraca, Santa Lucía.

Vegetación

Se registró una alta diversidad de especies vegetales, malezas asociadas a cultivos y huertos de manzano. La vegetación de ribera es pobre y con árboles dispersos de *Cephalanthus occidentalis* y algunos individuos aislados de *Acacia schaffneri*, en el estrato arbustivo a *Baccharis salicifolia*, el sitio muestra un evidente deterioro ecológico principalmente por las actividades agrícolas.

Los principales géneros de especies asociadas a los sitios de disturbio fueron *Amaranthus*, *Gnaphalium*, *Gomphrena* y *Cynodon*, de los acuáticos algunas especies del género *Eleocharis*, *Cyperus*, *Persicaria* y de manera abundante el género *Myriophyllum*.

figura 3.

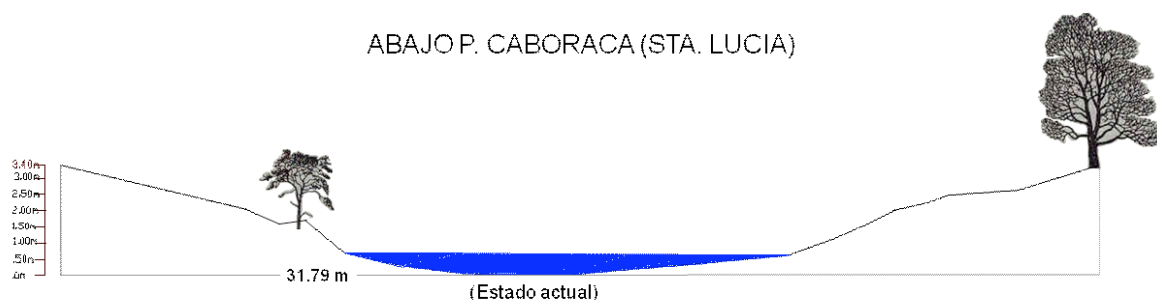


Figura 3. Perfil de transecto ilustrando el estado actual del bosque de ribera en el sitio S2, aguas abajo de la presa Caboraca

Insectos acuáticos

En general no se observaron condiciones aceptables para la diversidad biológica, el agua estaba casi estancada, con poco oxígeno, turbia, con sedimento lodoso y mal olor. No se encontraron especies sensibles.

Según el índice Biótico de Hilsenhoff (HBI) modificado, para este sitio se obtuvo una calificación de 4.71, lo que representa una buena calidad del agua, con poca contaminación orgánica, ligera degradación del ambiente atribuible a diversos factores como actividades humanas, deforestación, agricultura y vertido de desechos, en un grado no grave, pero que es necesario mantener en observación para su control y revertir los efectos negativos que todavía son incipientes.

Tabla 2. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio S2, aguas abajo de la Presa Caboraca (Santa Lucía). Resultados de muestreos realizados en Agosto de 2008, mayo y junio de 2009.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	2	17	45	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis sp.</i>	7	8		
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	2		18	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Choroterpes sp.</i>			23	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp.</i>			5	
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	21	3	9	
Odonata	Aeshnidae	<i>Anax amazili</i> (Burm.)	7			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma sp.</i>	35	2		
Odonata	Coenagrionidae	<i>Telebasis salva</i> (Hagen)	6			
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus sp.</i>			2	
Odonata	Libellulidae	<i>Erythemis simplicicollis</i> (Say)	4			
Odonata	Libellulidae	<i>Erythrodiplax umbrata</i> (Linnaeus)	1			
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula comanche</i> Calvert	1			
Odonata	Libellulidae	<i>Nannothemis sp.</i>	5			
Odonata	Libellulidae	<i>Tramea abdominales</i> (Rambur)	2			
Odonata	Libellulidae	<i>Tramea nr. carolina</i> (Linnaeus)	2			
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma sp.</i>	10			
Hemiptera	Corixidae	<i>Neocorixa sp.</i>		2	16	
Hemiptera	Mesoveliidae	<i>Mesovelis sp.</i>	5			
Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus sp.</i>			4	
Hemiptera	Notonectidae	<i>Buenoa sp.</i>	2			
Hemiptera	Pleidae	<i>Neoplea sp.</i>	8			
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelis sp.</i>	1			
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>		2	6	

Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis sp.</i>			3	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>		73	23	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Hydroptila sp.</i>	1			
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia sp.</i>		3		
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>			1	
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra sp.</i>		13		
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>		1	18	
Coleoptera	Dytiscidae	Bidessini	3			
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Copelatus sp.</i>	1			
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Cybister sp.</i>	1			
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Dytiscus sp.</i>	12			
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Gyrinus sp.</i>		1		
Coleoptera	Halplidae	<i>Peltodytes sp.</i>	27			
Coleoptera	Helophoridae	<i>Helophorus sp.</i>	1			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Anacaena sp.</i>	2			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Berosus sp.</i>	5			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Enochrus sp.</i>	1			
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>	8			
Diptera	Chironomidae	ND	16	13	29	
Diptera	Culicidae	<i>Anopheles sp.</i>	1			

Peces.

Se realizaron muestreos en temporada de estiaje y lluvia, en las dos temporadas se encontraron solamente especies exóticas (tabla 3).

Tabla 3. Riqueza específica de peces por especie en el Sitio S1, aguas arriba de la Presa Caboraca.

Especie	No. Inds	Nativa / Exótica	Muestreo
<i>Lepomis macrochirus</i>	3	E	Ago-2008 Jun-2009
<i>Lepomis microlophus</i>	14	E	Ago-2008 May- 2009 Jun-2009
<i>Micropterus dolomieu</i>	30	E	Ago-2008
<i>Micropterus salmoides</i>	5	E	Ago-2008 May-2009 Jun-2009
<i>Cyprinus carpio</i>	1	E	Jun-2009
<i>Pomoxis annularis</i> (1	E	Jun-2009

La condición de la comunidad de peces para este sitio se identificó como pobre en función de la interpretación del índice de integridad biótica (IIB), que refleja las condiciones críticas del medio en lo que respecta a la comunidad de peces, encontrando dominancia

de especies exóticas, carnívoras, tolerantes y de amplia distribución y la total ausencia de especies nativas.

Estado de conservación

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la tabla 4, calificándolo como “C”, medianamente perturbado pero con una fuerte tendencia a muy perturbado.

Tabla 4. Clasificación del estado de conservación en el sitio S1, aguas arriba de la presa Caboraca. WWF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	C-	C	C	D	C

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Propuesta de caudal ecológico

Tomando como base el estado de conservación actual para el sitio S2, aguas abajo de la Presa Caboraca –Santa Lucia-, la propuesta de caudal ecológico se basa en al menos mantener las condiciones actuales (condición medianamente perturbado), pretendiendo que con el flujo de agua constante, paulatinamente se pueda lograr su recuperación. Se realizó el análisis hidrológico considerando que el principal requerimiento es que tenga flujo circulante al menos en la temporada de lluvia, por lo tanto los datos más indicados corresponden a los valores del percentil 5, para el año seco y del percentil 25 para el año húmedo. La propuesta de caudal ecológico se presenta en la **tabla 5**, observando en la gráfica de la **figura 4**, que el caudal ecológico propuesto para año seco y húmedo, es mucho menor que el promedio para un año naturalmente seco.

Tabla 5. Propuesta de caudal ecológico para el sitio S2, aguas abajo de la presa Caboraca. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NATURAL _{MEDIO}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	2.70	6.31	1.33	0.26	0.05	11.14
Q _{ECOL SECO}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.23	0.12	0.00	0.00	0.46
Q _{ECOL HUMEDO}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	1.17	0.59	0.00	0.00	2.34

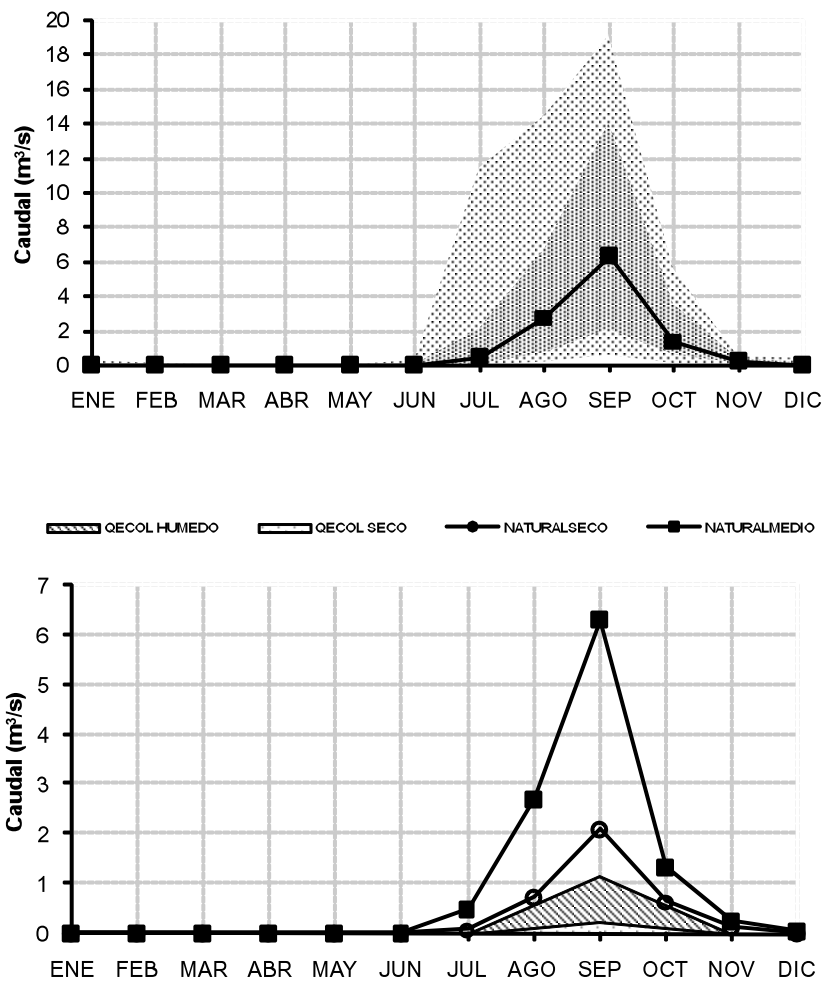


Figura 6. Sitio S2, aguas abajo de la presa Caboraca, caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico

Implicación para los usos del agua en la cuenca

La principal implicación del caudal ecológico es para el uso agrícola, ya que el agua superficial en este tramo tiene una fuerte demanda para el riego de árboles frutales en toda la zona.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que nos permitan garantizar el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, mejorar la condición de los peces y la vegetación.

- Control del uso de agroquímicos
- Control de extracción de materiales pétreos
- Protección de zonas federales

- Educación ambiental en toda la zona
- Control de descargas de aguas residuales.
- No introducir más especies exóticas en el vaso de la presa
- Establecer plan de manejo para el acuífero Valle de Canatlán

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se complementará el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias.

Sitio AS1- Río la Sauceda Aguas Abajo de la Presa Peña del Águila.

Localización.

El sitio AS1, se localiza en el río La Sauceda, aguas abajo de la presa Peña del Águila.
Figura 1



Figura 1. Ubicación del sitio AS1, aguas abajo de la presa Peña del Águila. Google Earth

Hidrología.

Se analizó la información de los aportes históricos a la presa de Peña del Águila, con registros en régimen natural desde 1955 hasta 1990 que entró en operación la presa de Caboraca.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos se extendía de los meses de noviembre a junio, con periodos de estiaje muy severos.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río La Sauceda.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURAL MUYSECO	0,08	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,33	0,10	0,14	0,09
NATURAL SECO	0,14	0,10	0,11	0,06	0,00	0,04	0,19	0,89	1,54	0,42	0,24	0,15
NATURAL MEDIO	0,31	0,25	0,28	0,16	0,09	0,16	0,64	4,64	9,05	1,70	0,43	0,34
NATURAL HUMEDO	0,43	0,53	0,40	0,26	0,20	0,36	2,67	17,00	23,03	6,40	0,92	0,65
NATURAL MUY HUMEDO	1,06	0,57	0,48	0,34	0,28	0,68	17,35	31,79	48,06	18,32	1,71	0,92

Propuesta de caudal ecológico

Para éste sitio sólo se realizó el análisis hidrológico, no se tiene establecido punto de muestreo para indicadores biológicos ni calidad del agua.

Considerando que los datos más representativos para cubrir las necesidades de los indicadores biológicos correspondían a los valores del percentil 17, para el año seco y del percentil 50 para el año húmedo, se presenta la propuesta de caudal ecológico en la **tabla 2**, observando en la gráfica de la **figura 2** que el caudal ecológico para años secos representa una porción inferior respecto al caudal natural.

Tabla 2. Propuesta de caudal ecológico para el sitio AS1, aguas abajo de la presa Peña del Águila. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURAL MEDIO	0,31	0,25	0,28	0,16	0,09	0,16	0,64	4,64	9,05	1,70	0,43	0,34
Q_{ECOL} SECO	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,19	0,30	0,19	0,07	0,07
Q_{ECOL} HUMEDO	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	2,12	4,00	0,25	0,25	0,25

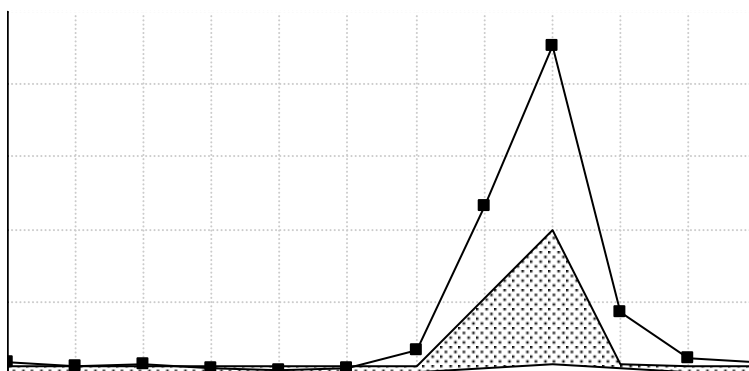


Figura 2. Sitio AS1, aguas abajo de la presa Peña del Águila, caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico

Sitio T1. Río Tunal. Aguas arriba de la Presa Guadalupe Victoria (Tres Molinos).



Localización.

El sitio Tres Molinos se localiza sobre el río Tunal, en la cuenca del mismo nombre, después de la confluencia del río Bayas y el Río Chico, aguas arriba de la presa Guadalupe Victoria. Las coordenadas geográficas son 23 50.811' Latitud Norte, 104 47.030' Longitud Oeste, a una altura de 1873 m.s.n.m. Figura 1



Figura 1. Ubicación del sitio T1, aguas arriba de la presa Guadalupe Victoria. Google Earth

Geomorfología

El río en este tramo es permanente, con alternancia de áreas de rápidos y grandes remansos en forma de pozas. Se trata de un tramo encañonado, sin planicies de inundación bien definidas y dominado por los procesos gravitacionales de derrumbes, con un cauce estrecho, con formas irregulares y lecho fluvial con presencia de gravas y arcillas firmes.

Hidrología.

Se cuenta con información hidrométrica de la estación el Pueblito, ubicada sobre el Río Tunal, aguas abajo de la Presa Guadalupe Victoria, con registros desde 1963 que entro en operación la presa Guadalupe Victoria.

El régimen hidrológico natural del río Tunal se muestra en la Tabla 1. Se observa que el periodo de caudales muy bajos se extendía de los meses de marzo a mayo, alcanzando valores mínimos siempre superiores a 0,27 m³/s. A partir del mes de junio, comenzaba el periodo de lluvias que daba lugar a diferentes eventos de crecida que anualmente

superaban los 100-200 m³/s, como se observa en la tabla A1-1. Posteriormente a partir de octubre comenzaba la recesión de los caudales, para entrar de nuevo en marzo en el periodo de los caudales muy bajos o de estiaje (**figura 2**).

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río Tunal.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURAL _{MUY SECO}	0.38	0.34	0.27	0.48	0.63	1.42	2.41	2.56	21.09	0.50	0.38	0.38
NATURAL _{SECO}	0.52	0.53	0.44	0.73	0.83	1.78	4.59	4.00	25.40	0.62	0.54	0.58
NATURAL _{MEDIO}	0.71	0.62	0.68	0.88	1.04	2.53	8.53	8.21	43.79	0.72	0.66	0.77
NATURAL _{HUMEDO}	0.90	0.78	0.81	1.06	1.31	6.50	13.53	25.61	79.51	1.16	1.16	1.48
NATURAL _{MUY HUMEDO}	1.48	1.02	1.01	1.16	1.85	16.73	28.75	41.50	94.27	3.76	2.99	4.58

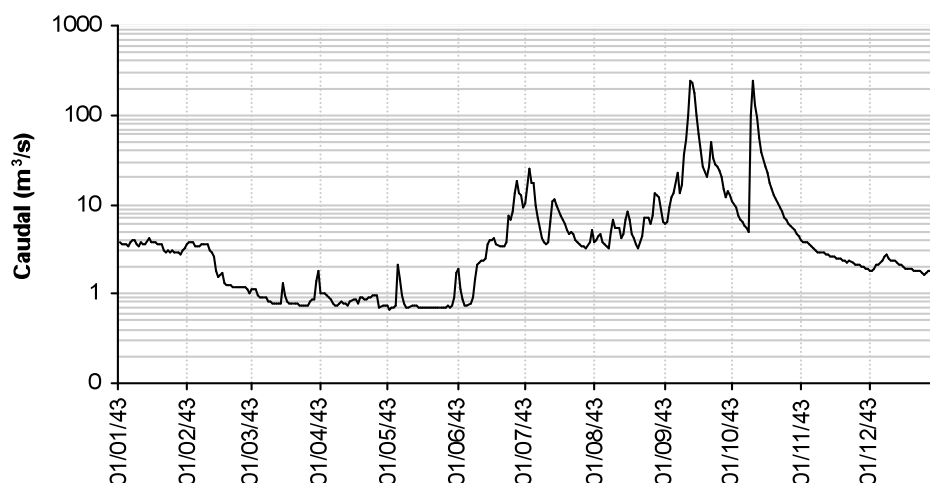


Figura 2. Hidrograma del río Tunal en condiciones naturales

Hidráulica.

En la **figura 3**, se muestra la sección transversal del sitio Tres Molinos. Los niveles máximos alcanzan una elevación de 7.49 m y una distancia de 66.30 m a través del canal.

A una velocidad promedio del agua de 0.46 m/s, se alcanza una profundidad de 1.13 m y una distancia a través del canal de 15.99 m, lo que representa un gasto total de 8.013 m³/s.

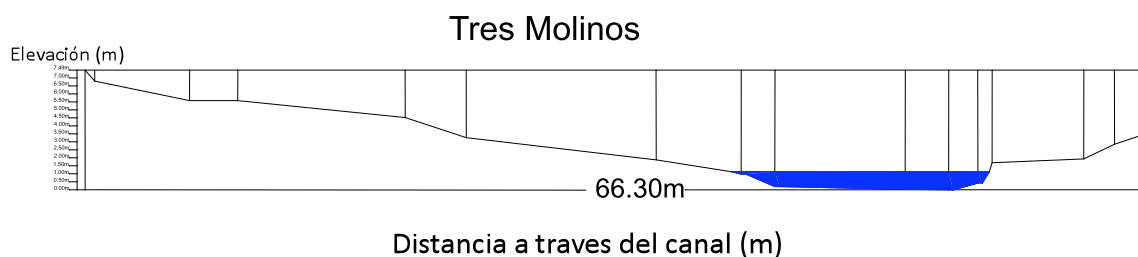


Figura 3. Sección transversal del sitio Tres Molinos.

Vegetación

En relación a los bosques de ribera se registran elementos muy dispersos de *Salix*, *Alnus* y *Cephalanthus* (figura 4). El estado de la vegetación en las condiciones actuales es bueno en términos de estructura y composición, si bien el sobrepastoreo es muy evidente en las laderas y áreas aledañas al lecho del río. En relación a la flora acuática es abundante y semiacuática se identificaron especies de los géneros *Eleocharis*, *Cyperus*, *Myriophyllum*, *Persicaria*, *Typha* y *Sagitaria*.

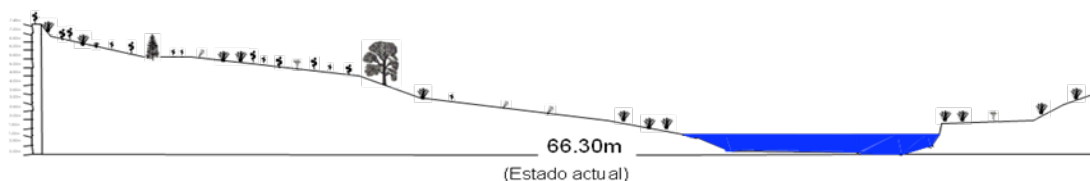


Figura 4. Perfil de transecto que ilustra el estado actual del bosque de ribera.

Peces.

En el caso de peces, se encontraron dos especies nativas y una exótica. El 77 % de la muestra colectada corresponde a individuos de especies nativas, lo que representa un buen indicador de conservación ambiental (tabla 2). La condición de la comunidad de peces para este sitio se identificó como excelente en función de la interpretación del índice de integridad biótica (IIB), ya que se encontró una diversidad de especies nativas ligeramente mayor a la de las introducidas. Este sitio fue el único donde se registró el matalote chuime *Scartomyzon austrinus* cuyas poblaciones fueron más o menos abundantes durante el mes de mayo, identificando su presencia en los tres muestreos, es decir, tanto en época de lluvias como en secas, lo que indica que tiene poblaciones estables a lo largo de todo el año. La sensibilidad a la que hace referencia la literatura del matalote chuime es a la presencia de contaminantes de origen doméstico, industrial y agrícola, compuestos que no se observaron en el sitio, tampoco la presencia de la lobina ha tenido aparentemente un impacto tan negativo en las poblaciones nativas en este sitio.

Tabla 2. Riqueza específica de peces, abundancia por especie en el Sitio Tres Molinos, en la cuenca del río Tunal, Dgo.

Especie	No. Inds	Nativa / Exótica	Muestreo
<i>Catostomus austrinum</i>	9	N	Agosto 2008
<i>Catostomus "plebius"</i>	1	N	May-2009

<i>Micropterus salmoides</i>	8 18 20	E	Ago-2008 May-2009 Jun-2009
<i>Gambusia senilis</i>	14	N	Jun-2009
<i>Gambusia</i> sp	18	N	Ago-2008
<i>Lepomis macrochirus</i>	1	N	Jun-2009
<i>Scartomyzon austrinus</i>	9 19 1	N	Ago-2008 May-2009 Jun-2009

Insectos acuáticos.

El índice biótico obtenido para este sitio es de 4.6, considerándose una buena calidad del agua, con poca contaminación orgánica. Sin embargo, los valores obtenidos por estos sitios están muy cercanos a la calificación de “Muy Buena”. Esto nos indica una posible ligera degradación del ambiente atribuible a diversos factores como pueden ser actividades humanas como deforestación, agricultura, vertido de desechos, etc., en un grado aún no grave pero que es necesario mantener en observación para su contención y control para aplicar las medidas adecuadas y poder revertir los efectos negativos que todavía son incipientes.

La diversidad biológica de los insectos acuáticos se muestra en la **tabla 3**.

Tabla 3. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio Tres Molinos.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	19		22	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	7	4	3	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i> sp.	3	5		
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	2		1	
Ephemeroptera	Heptagenidae	<i>Ironodes</i> sp.		21	2	
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.		5	3	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.		16	8	
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i> sp.	36		6	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i> sp.			4	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma</i> sp.	1			
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus lampropeltis</i> Kennedy	1			
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i> sp.		2	1	
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula saturata</i> Ulmer	3			
Odonata	Libellulidae	<i>Macromia annulata</i> Hagen	2			
Odonata	Libellulidae	<i>Pseudoleon superbus</i> (Hagen)	1			

Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus sp.</i>	7	1	2	
Hemiptera	Gerridae	<i>Trepobates sp.</i>	2			
Hemiptera	Hebridae	<i>Hebrus sp.</i>			4	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus sp.</i>	13	1	3	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos sp.</i>		2	6	
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	2		2	
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	7	2	1	
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis sp.</i>	3		1	
Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>		1		
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche sp.</i>	1	3	7	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>		23	2	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>			18	
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>	4			
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	1			
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra sp.</i>		19	23	
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>		2	3	
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp.</i>	1	1		
Coleoptera	Elmidae	<i>Hexacylloepus sp.</i>			1	
Coleoptera	Elmidae	<i>Microcyllloepus sp.</i>	2			
Coleoptera	Elmidae	<i>Neocyllloepus sp.</i>	2		1	
Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus clavicornis</i>	1	3		
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis sp.</i>	1			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus lateralis</i>		1		
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenus sp.</i>			1	
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp.</i>			1	
Diptera	Chironomidae	ND	11	4	4	
Diptera	Culicidae	<i>Anopheles sp.</i>			1	
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	32	9	8	

Estado de conservación

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación del estado de conservación en el sitio Tres Molinos. WWF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	B	B	C	C	B

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Propuesta de caudal ecológico

Tomando como base el estado de conservación actual, que en promedio para el sitio T1, Tres Molinos, se puede considerar como “B” poco perturbado, se realizó el análisis hidrológico considerando que los datos más representativos para cubrir las necesidades de los indicadores biológicos correspondían a los valores del percentil 25, para el año seco y del percentil 75 para el año húmedo (**tabla 5**). Los datos para el caudal ecológico son en términos hidrológicos los caudales naturales, la propuesta se presenta en la **tabla 6**, observando en la gráfica de la **figura 6** que el caudal ecológico propuesto es el mismo que el caudal actual.

Tabla 5. Características del régimen hidrológico natural para el sitio T1, Tres Molinos.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUY _{SECO}	0.38	0.34	0.27	0.48	0.63	1.42	2.41	2.56	21.09	0.50	0.38	0.38
NATURAL _{SECO}	0.52	0.53	0.44	0.73	0.83	1.78	4.59	4.00	25.40	0.62	0.54	0.58
NATURAL _{MEDIO}	0.71	0.62	0.68	0.88	1.04	2.53	8.53	8.21	43.79	0.72	0.66	0.77
NATURAL _{HUMEDO}	0.90	0.78	0.81	1.06	1.31	6.50	13.53	25.61	79.51	1.16	1.16	1.48
NATURAL _{MUY HUMEDO}	1.48	1.02	1.01	1.16	1.85	16.73	28.75	41.50	94.27	3.76	2.99	4.58

Tabla 6. Propuesta de caudal ecológico para el sitio Tres molinos. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NATURAL _{MEDIO}	0.71	0.62	0.68	0.88	1.04	2.53	8.53	8.21	43.79	0.72	0.66	0.77	69.14
Q _{ECOL} SECO	0.52	0.53	0.44	0.73	0.83	1.78	4.59	4.00	25.40	0.62	0.54	0.58	40.57
Q _{ECOL} HUMEDO	0.90	0.78	0.81	1.06	1.31	6.50	13.53	25.61	79.51	1.16	1.16	1.48	133.82

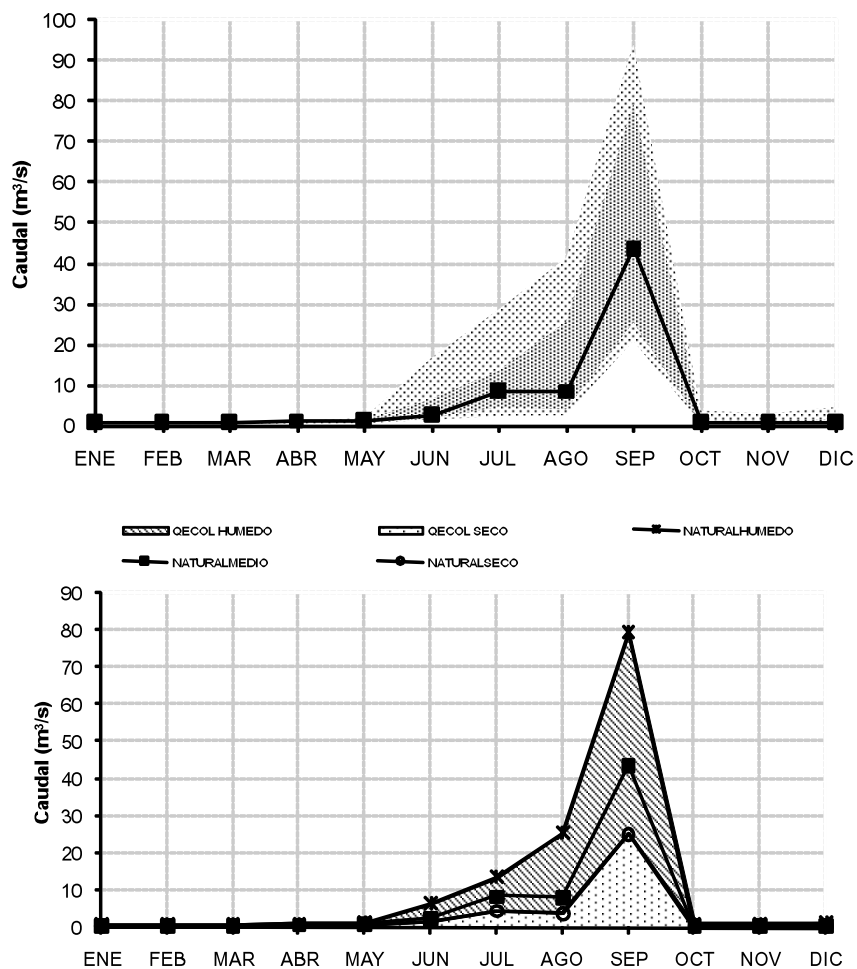


Figura 6. Sitio tres molinos caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico

Implicación para los usos del agua en la cuenca

La demanda de agua superficial en la cuenca del río Tunal según los registros de aprovechamientos superficiales de la Subdirección de administración del agua de la CNA en Durango al año 2000, corresponden a un total de 69 aprovechamientos con un volumen de 0.254 hm³. El 98 % corresponde al uso doméstico.

La aplicación del caudal ecológico en la cuenca no tendrá implicaciones para los usos del agua que actualmente se realizan en la misma, ya que las condiciones que prevalecen permiten que se mantenga el flujo propuesto sin afectar los derechos de agua actuales.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que nos permitan garantizar el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, peces, vegetación y de los ecosistemas riparios en general, evitando interrupciones en su desarrollo y asegurando los niveles de oxígeno en el agua que permita la continuidad en el tiempo de las diversas poblaciones y sus hábitats, por lo que se establecieron 7 criterios de manejo preliminares para el sitio Tres Molinos.

- Regulación y manejo de pastoreo
- Identificar fuentes de contaminación y buscar formas de evitarlas (saneamiento básico)
- Evitar que las tilapias que se sembraron en los estanques de Tres Molinos invadan cauces naturales, proponiendo se cambie por alguna especie nativa.
- No introducir más especies exóticas en el vaso de la presa y manantiales.
- Regular/impedir el paso de vehículos por el río
- Reforestar con especies nativas áreas cercanas al cauce y proteger dichas áreas
- Prevenir incendios forestales

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se continuará con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias lo que permitirá ir ampliando y profundizando en el conocimiento de los ecosistemas y los procesos biológicos, tan importantes en esta zona con buen estado de conservación.

En el caso de peces se elaborará un proyecto para introducir especies nativas como alternativa a las especies exóticas actualmente sembradas en los estanques de Tres Molinos y en la Presa Guadalupe Victoria, trabajando con el municipio de Durango y asociaciones y dependencias involucradas.

En coordinación con las dependencias del sector medio ambiente, las comunidades aledañas al cauce del río y ejidatarios que tienen a su cargo la zona recreativa, se realizarán acciones de reforestación, cultura ambiental, regulación de pastoreo y saneamiento básico.

SITIO T2. Río Tunal. Aguas abajo de la Presa Guadalupe Victoria



Localización.

El sitio se localiza en el cauce del Río Tunal, aguas abajo de la Presa Guadalupe Victoria, en la estación hidrométrica de El Pueblito, en la cuenca Durango. Influenciado por la presencia de infraestructura hidráulica. **Figura 1.**



Figura 1. Ubicación del sitio T2, El Pueblito, río Tunal. Google Earth

Sus coordenadas geográficas son 23 57.776' Latitud Norte y 104 43.994' Longitud Oeste, con una altitud de 1,892 m, con una altitud de 1810 m.s.n.m.

Geomorfología.

El río en éste tramo presenta un curso único, con pendiente muy ligera, dividido en islas pequeñas, sin presencia de pozas, pero sí de rápidos formados por acumulación de cantos rodados medianos y gravas mixtas pequeñas, modificado de sus condiciones naturales por la construcción de la presa. Es un sitio confinado con un plano de inundación muy amplio.

Hidrología.

Se cuenta con información hidrométrica de la estación el pueblito, con registros de caudales diarios desde 1963, fecha en que entro en operación la presa Guadalupe Victoria. Las características del régimen hidrológico natural se presentan en la **tabla 1.**

Tabla 1. Régimen hidrológico natural del río Tunal.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.38	0.34	0.27	0.48	0.63	1.42	2.41	2.56	21.09	0.50	0.38	0.38
NATURALSECO	0.52	0.53	0.44	0.73	0.83	1.78	4.59	4.00	25.40	0.62	0.54	0.58
NATURALMEDIO	0.71	0.62	0.68	0.88	1.04	2.53	8.53	8.21	43.79	0.72	0.66	0.77
NATURALHUMEDO	0.90	0.78	0.81	1.06	1.31	6.50	13.53	25.61	79.51	1.16	1.16	1.48
NATURALMUY HUMEDO	1.48	1.02	1.01	1.16	1.85	16.73	28.75	41.50	94.27	3.76	2.99	4.58

A partir de la construcción de la presa en 1963 cambia el patrón estacional y se reducen las crecidas. Al inicio de operaciones de la presa se presentó un periodo de 265 días sin caudal, en la actualidad en promedio 75 días al año no se tiene caudal en este punto.

Hidráulica

En el perfil topográfico de la sección transversal del sitio el pueblito (figura 2), se puede observar un área de inundación muy amplia, cargada al margen izquierdo del río, alcanzando una elevación de 3.90 m aproximadamente, en avenidas extraordinarias. En temporada de lluvias la velocidad de la corriente es de 0.725 m/s, la distancia transversal del canal es de 15 m, la elevación 0.3 m, con un gasto de 2.625 m³/s.



Figura 2. Perfil topográfico del sitio T2, el Pueblito.

Vegetación

En las márgenes del cauce se identificaron especies de los géneros, *Taxodium*, *Salix*, *Cupressus* y la exótica *Schinus*, distribuidos de forma irregular y pobre, en mal estado de salud, gran cantidad en proceso de muerte y algunos vestigios de árboles ya muertos. Destacan en el estrato arbustivo *Acacia schaffneri*, *Mimosa biuncifera* y *Baccharis salicifolia*, en el estrato herbáceo se identifican géneros de especies generalmente consideradas malezas como es el caso de *Cynodon*, *Solanum*, *Sanvitalia*, *Gomphrena*, *Amaranthus*, *Proboscidea*, *Ipomoea* y *Brassica*, entre otras, distribuidos como se muestra en la figura 3. En las áreas de influencia del cauce del río, se manifiesta un deterioro evidente por la práctica intensiva del pastoreo, que se ha llevado a cabo durante muchos años.

De géneros de especies acuáticos y semiacuáticos se registraron los siguientes: *Eleocharis*, *Sagittaria*, *Luzula*, *Potamogeton*, *Polygonum*, *Myriophyllum* y *Nimphoides* y lama.

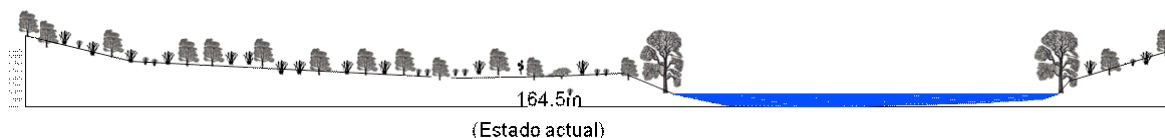


Figura 3. Perfil de transecto ilustrando el estado actual del bosque de ribera en el sitio T2, el Pueblito.

Peces.

La condición de la comunidad de peces para este sitio se identificó como regular en función de la interpretación del índice de integridad biótica (IIB), que refleja la ausencia de

especies nativas y presencia de ejemplares adultos en su mayoría de especies carnívoras, con un gran desbalance hacia los otros niveles tróficos. Todos los individuos encontrados en este sitio corresponden a especies exóticas, como se muestra en la **tabla 2**.

Tabla 2. Riqueza específica de peces, abundancia por especie en el Sitio el Pueblito.

Especie	No. Inds	Nativa / Exótica	Muestreo
<i>Lepomis macrochirus</i>	3	E	Ago-2008
	2		Jun-2009
<i>Lepomis microlophus</i>	3	E	Ago-2008
	2		May-2009
<i>Micropterus salmoides</i>	17	E	Ago-2008
	2		May-2009
	45		Jun-2009
<i>Cyprinus carpio</i>	3	E	Ago-2008
	1		Jun-2009

Insectos acuáticos

El índice biótico obtenido en función de la diversidad de insectos acuáticos presentes en el sitio fue de 5.09, lo que indica una buena calidad del agua, pero con ciertos signos de deterioro en el ambiente acuático que pueden ser considerados como serios. Un factor posible del deterioro es la ausencia de un flujo continuo de agua debido a los criterios de apertura y cierre de compuertas de la presa Guadalupe Victoria ubicada río arriba, con lo que el establecimiento de poblaciones de algunos insectos solo tiene éxito en grupos oportunistas como Hydrophilidae y Dytiscidae (Coleoptera) Odonata, algunos Hemiptera y Diptera que aprovechan estanques y charcas temporales con muy baja o nula velocidad de corriente y por consecuencia con niveles muy bajos de oxígeno volviéndose dominantes y que a su vez presentan valores de tolerancia elevados, desplazando a las especies sensibles con poca contaminación orgánica. La relación de especies encontradas en este sitio se especifica en la **tabla 3**.

Tabla 3. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio el Pueblito.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	26	19	26	
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	6			
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>		1	6	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma sp.</i>	5	12	1	
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus lampropeltis</i> Kennedy	3			
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus sp.</i>			1	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Nehalemia minuta</i> (Selys)	2			
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus sp.</i>	3	7	1	
Hemiptera	Corixidae	<i>Neocorixa sp.</i>		1		
Hemiptera	Gerridae	<i>Aquarius sp.</i>	1			
Hemiptera	Hebridae	<i>Hebrus sp.</i>	1			
Hemiptera	Mesoveliidae	<i>Mesovelia sp.</i>	3			
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos sp.</i>	1			
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris sp.</i>		2		
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	24			
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>	1		8	
Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>		1		
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	38	13	21	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia sp.</i>			2	
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>	1	3	6	
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	1		1	
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>	3	7	5	
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila sp.</i>	2	4	2	
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp.</i>	1			
Coleoptera	Dytiscidae	Bidessini		1		
Coleoptera	Haliplidae	<i>Peltodytes sp.</i>	13			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Berosus sp.</i>	3			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus lateralis</i>		1		
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus sp.</i>	1	2		
Diptera	Chironomidae	ND	4			
Diptera	Culicidae	<i>Anopheles sp.</i>	5			
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>		13	9	
Diptera	Tipulidae	pos. <i>Brachypremma sp.</i>		1		
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula sp.</i>		1		

Calidad del agua

La temperatura del agua en el momento del muestreo (temporada de lluvias) fue de 19.5 °C, en temporada de secas disminuye hasta 6 °C, en relación a la encontrada aguas arriba de la presa (sitio tres molinos).

Estado de conservación.

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación del estado de conservación en el sitio el Pueblito. WWF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	C	D	C	C	C

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Se observa gran deterioro ocasionado por influencia de infraestructura hidráulica, asentamientos humanos en las riveras del cauce, actividad ganadera sin control, y uso recreativo.

Propuesta de caudal ecológico

La condición actual del estado de conservación en el sitio el pueblito, se calificó como “C”, medianamente perturbado, según las observaciones de los especialistas, considerando que se puede llevar a una condición “B”, con la implementación del caudal ecológico.

Considerando la condiciones generales de la zona y que se requiere garantizar la continuidad y desarrollo de especies de peces encontradas aguas arriba (sitio Tres molinos), la presencia de rápidos y turbulencias en partes estrechas, para que se establezcan poblaciones de insectos propios de la zona y la continuidad de agua con crecidas extraordinarias que permitan recuperar la vegetación de rivera nativa, la propuesta de caudal ecológico se realizó con los datos hidrológicos en condiciones naturales correspondientes al percentil 5 para el año seco y 25 para el año húmedo (**tabla 5**), pero que garantiza que el río todo el año tenga un caudal al menos de 0.27 m³/s y una profundidad mínima de 8 cm en la plancha de aforo.

Tabla 5. Característica del régimen hidrológico natural para el sitio T2, El Pueblito.

	CARACTERÍSTICAS EN RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.38	0.34	0.27	0.48	0.63	1.42	2.41	2.56	21.09	0.50	0.38	0.38
NATURALSECO	0.52	0.53	0.44	0.73	0.83	1.78	4.59	4.00	25.40	0.62	0.54	0.58
NATURALMEDIO	0.71	0.62	0.68	0.88	1.04	2.53	8.53	8.21	43.79	0.72	0.66	0.77
NATURALHUMEDO	0.90	0.78	0.81	1.06	1.31	6.50	13.53	25.61	79.51	1.16	1.16	1.48
NATURALMUYHUMEDO	1.48	1.02	1.01	1.16	1.85	16.73	28.75	41.50	94.27	3.76	2.99	4.58

La propuesta de caudal ecológico se presenta en la **tabla 6**, con un volumen medio anual de 38.6 hm³, y 1 día cada 2-3 años de crecidas con un caudal de 70 m³/s, observando en la **figura 4**, que los datos corresponden a las condiciones medias para un año muy seco.

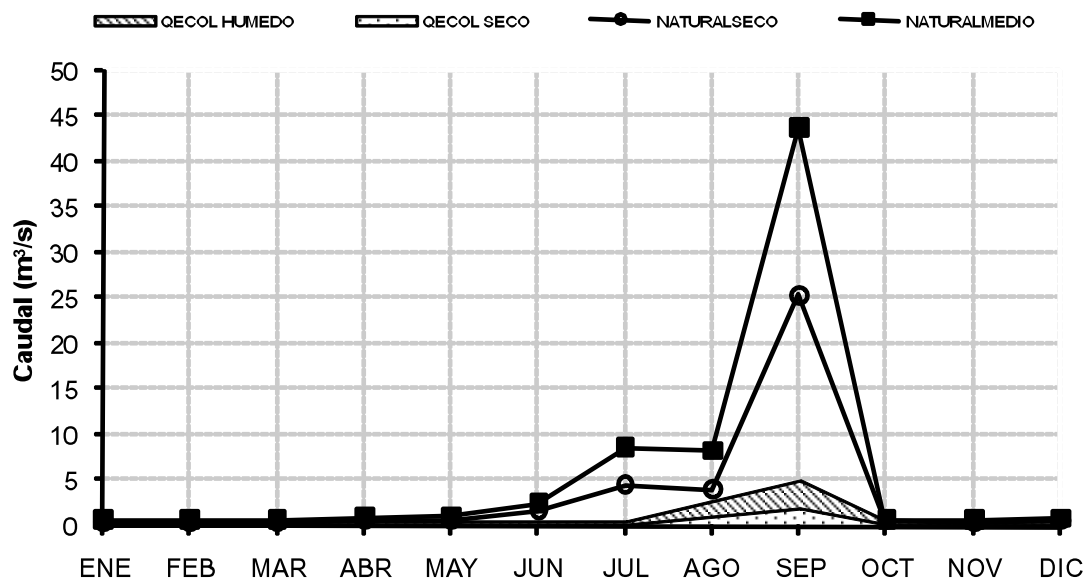
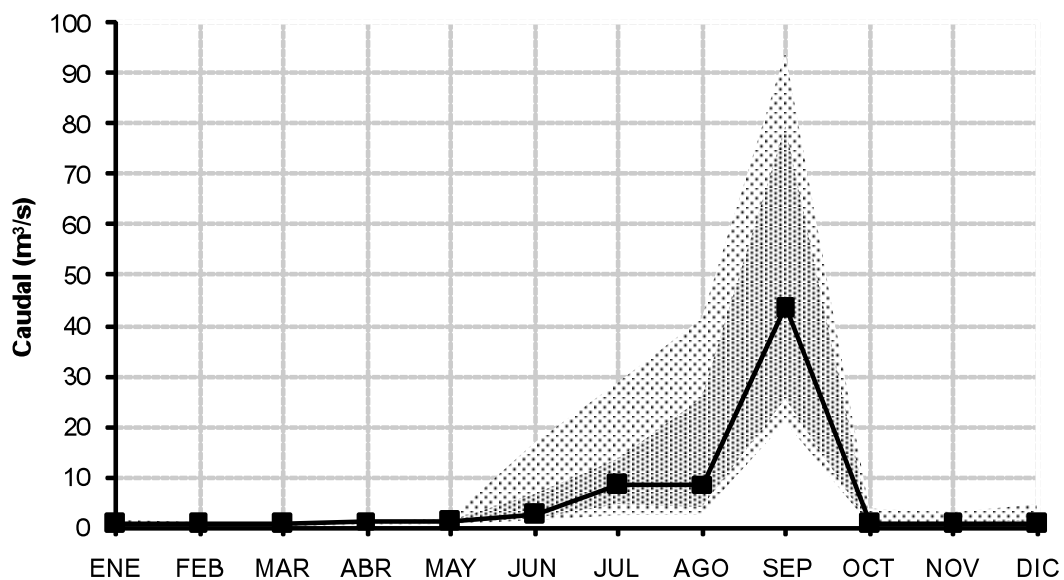


Figura 4. Sitio el Pueblito. Caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico

Implicación para los usos del agua en la cuenca

En este sitio inicia la zona de riego del Módulo III, Guadalupe Victoria, del distrito de riego 052, con una concesión de agua superficial de 63.94 hm³/año y 25 hm³ de aguas residuales tratadas, lo que hace un total de 88.94 hm³/año, para el riego de maíz, frijol,

alfalfa, sorgo, forrajes y frutales en una superficie dominada de 11,500 Has. y con derecho a riego 9,399.75 Has.

Para la aplicación del caudal ecológico se tendría que concertar principalmente con los usuarios agrícolas del Módulo III, Guadalupe Victoria, del Distrito de Riego 052, que tienen la concesión de agua de la presa, y elaborar coordinadamente un plan operativo para su implementación.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que nos permitan garantizar el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, peces, vegetación y de los ecosistemas riparios en general, evitando interrupciones en su desarrollo y asegurando los niveles de oxígeno en el agua que permita la continuidad en el tiempo de las diversas poblaciones y sus hábitats.

- Regulación y manejo de pastoreo
- Identificar fuentes de contaminación y buscar formas de evitarlas (saneamiento básico)
- Regular/impedir el paso de vehículos por el río
- Reforestar con especies nativas áreas cercanas al cauce y proteger dichas áreas

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se continuará con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias lo que permitirá ir ampliando y profundizando en el conocimiento de los ecosistemas y los procesos biológicos.

En coordinación con las dependencias del sector medio ambiente, las comunidades aledañas al cauce del río y ejidatarios que tienen a su cargo la zona recreativa, se realizarán acciones de reforestación, cultura ambiental, regulación de pastoreo y saneamiento básico.

Establecer un programa de desarrollo turístico controlado, limitando espacios para paso de vehículos, disposición de basura, desechos y comercio ambulante.

En coordinación con dependencias federales establecer la regulación de pastoreo.

Sitio T3, Río Tunal. La Ferrería



Localización

El sitio de la Ferrería, se encuentra ubicado sobre el río Tunal, al sur de la ciudad de Durango, muy próximo a la población de la Ferrería, aguas abajo de la derivadora la Ferrería, con una fuerte influencia de infraestructura hidráulica (**figura 1**).

Sus coordenadas geográficas son 2357.791' Latitud norte y 10439.967' latitud oeste, con una altitud de 1801 m.s. n.m.

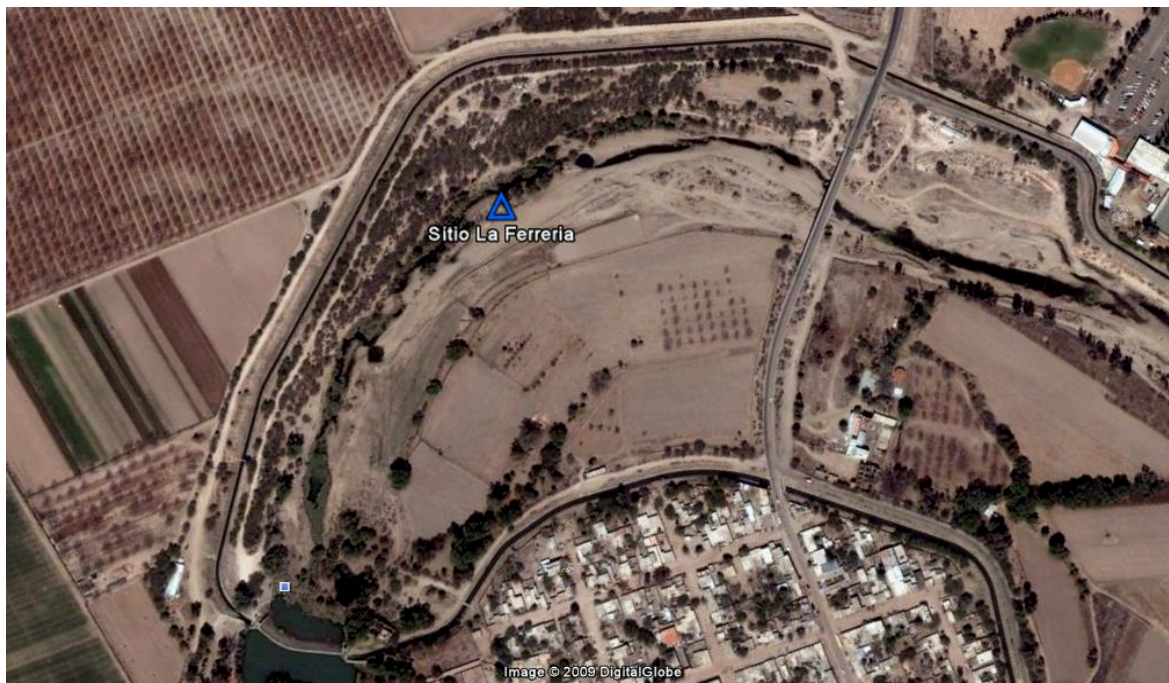


Figura 1. Ubicación del sitio la Ferrería.

Geomorfología

El cauce del río esté completamente modificado, presenta isletas muy localizadas, con lecho fluvial de cantos rodados.

Se observan bancos con escasa vegetación, excesiva extracción de materiales, modificando completamente la topografía del terreno

Hidrología

Para el análisis hidrológico se utilizaron los datos hidrométricos de las estaciones el Pueblito, ubicada sobre el Río Tunal, aguas abajo de la Presa Guadalupe Victoria, con registros desde 1963 que entro en operación la presa Guadalupe Victoria y Estación San Felipe, ubicada aguas abajo del sitio la ferrería, con registros desde el año 1943.

En la **figura 2**, se muestra una gráfica de las condiciones naturales del río, las cuales prevalecieron hasta la construcción de la presa Guadalupe Victoria en 1963, apreciándose

un marcado descenso en los caudales a partir de entonces, hasta el año 1979-1980 en que se realiza una sobreelevación de la presa derivadora para incrementar la zona de riego, con lo que se disminuye el gasto del río paulatinamente hasta llegar a las condiciones actuales, en las que a partir de 1995 se encuentra limitado completamente (cero). Se pueden observar datos de 300 días sin caudal.

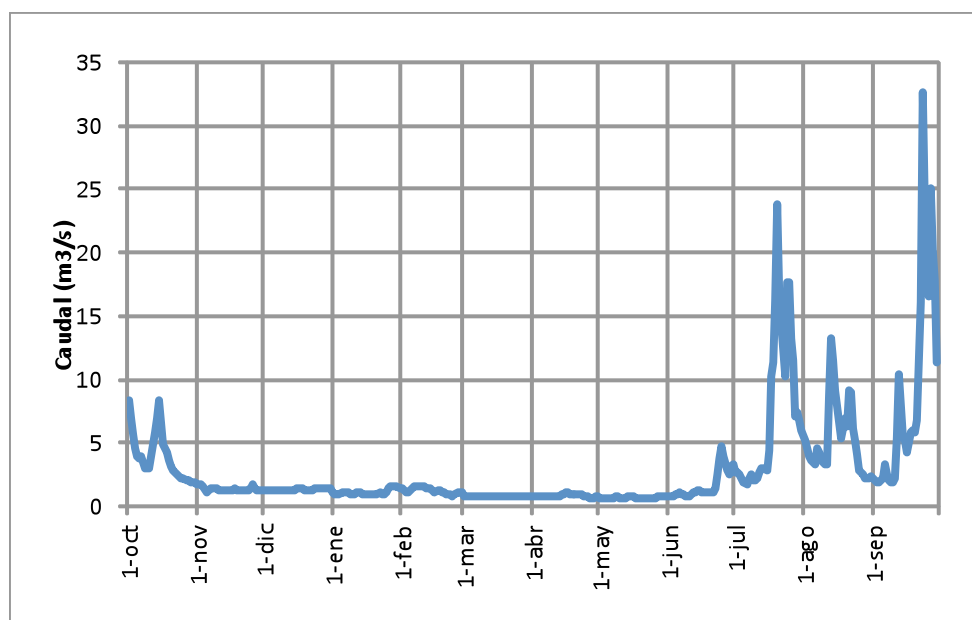


Figura 2. Hidrograma estación San Felipe en condiciones naturales.

Las características del régimen hidrológico natural para el río Tunal se presentan en la tabla 1, observando que ni en los años muy secos el río se quedaba sin caudal en este tramo.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural del río Tunal, Estación San Felipe.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.38	0.34	0.27	0.48	0.63	1.42	2.41	2.56	21.09	0.50	0.38	0.38
NATURALSECO	0.52	0.53	0.44	0.73	0.83	1.78	4.59	4.00	25.40	0.62	0.54	0.58
NATURALMEDIO	0.71	0.62	0.68	0.88	1.04	2.53	8.53	8.21	43.79	0.72	0.66	0.77
NATURALHUMEDO	0.90	0.78	0.81	1.06	1.31	6.50	13.53	25.61	79.51	1.16	1.16	1.48
NATURALMUYHUMEDO	1.48	1.02	1.01	1.16	1.85	16.73	28.75	41.50	94.27	3.76	2.99	4.58

Hidráulica

La **figura 3** muestra el perfil del río Tunal en el sitio la Ferrería, en donde se puede observar que el canal alcanza una distancia transversal de 69.8 m y una elevación de en temporada de avenidas extraordinarias.

En condiciones normales se observan pozas muy localizadas de escasos 25 cm de elevación, sin flujo circulante.

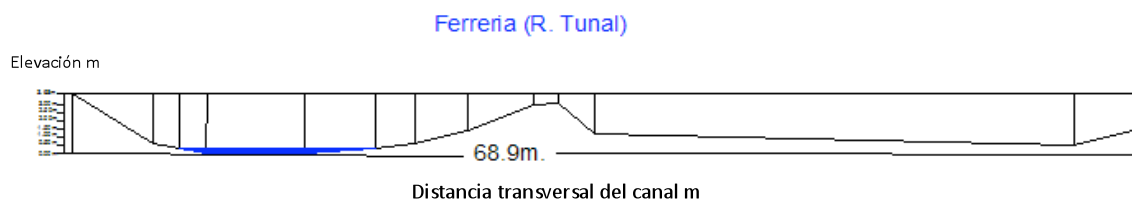


Figura 3. Perfil transversal del sitio T3, La Ferrería.

Vegetación

La vegetación de ribera se caracteriza por la presencia de *Salix*, *Taxodium*, *Alnus* y *Cephalanthus*, los árboles en general muestran un aspecto de relativa buena salud y se observa una regeneración importante, en las zonas que tienen aún tiene vegetación (**figura 4**). Todo el cauce del río se encuentra densamente poblado por lirio acuático *Eichhornia crassipes*, indicador de mala calidad de hábitat, por descarga de nitratos indicador de presencia agrícola y actividades humanas. Entre otros géneros de las mismas características destacan *Sagitaria*, *Typha*, *Scirpus*, *Myriophyllum* y otras herbáceas semiacuáticas como *Cyperus*, *Eleocharis*, *Echinochloa* y *Polygonum*.

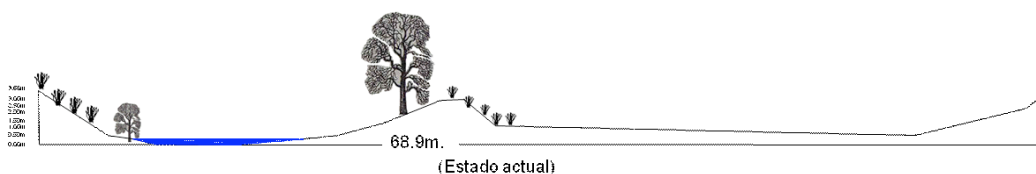


Figura 4. Perfil de transecto ilustrando el estado actual del bosque de ribera del sitio la Ferrería.

Insectos acuáticos

Las condiciones para el desarrollo es especies de macroinvertebrados, no es muy adecuada, el agua del río presenta calidad muy baja, alta turbidez, flujo laminar muy lento, nivel muy bajo de oxígeno, sedimento y olor a fétido, temperatura elevada. El sustrato predominantemente constituido por sedimentos y arcillas no propicio para especies sensibles. Las especies encontradas son ejemplares en su mayoría con valores muy altos de tolerancia, los cuáles se relacionan en la tabla 5.

Tabla 5. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio la Ferrería.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	29		35	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis sp.</i>	15			
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Pseudocloeon sp.</i>		5		
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	12			
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	55		2	

Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia nahuana</i> Calvert	1			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia pulla</i>	1			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma sp.</i>		7	13	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Nehalennia minuta</i> (Selys)	2			
Odonata	Corduliidae	<i>Epicordulia (Tetragoneuria)</i>			1	
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus designata</i> Hagen	3			
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus sp.</i>		3		
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula sp.</i>		5	10	
Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum rubicundulum</i> (Say)	1			
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus sp.</i>			1	
Hemiptera	Corixidae	<i>Hesperocorixa sp.</i>		14		
Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus sp.</i>		1	2	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos sp.</i>		1		
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>		1	1	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Hydroptila sp.</i>			1	
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>		2	35	
Diptera	Chironomidae	ND	22			
Diptera	Tabanidae	<i>Hybomitra sp.</i>			2	

Peces

La condición de la comunidad de peces para este sitio se identificó como regular en función de la interpretación del índice de integridad biótica (IIB), que refleja la ausencia de especies nativas y presencia de ejemplares adultos de especies carnívoras, muy resistentes a condiciones limitadas y con una alta capacidad de adaptación. Las especies encontradas se relacionan en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Especies de peces encontradas en el sitio la Ferrería.

ESPECIE	NO. INDS.	NATIVA / EXÓTICA	MUESTREO
<i>Lepomis gulosus</i>	5 1	E	Ago-2008 Jun-2009
<i>Carassius auratus</i>	1	E	Jun-2009
<i>Lepomis macrochirus</i>	1	E	Jun-2009
<i>Cyprinus carpio</i>	2	E	Jun-2009
<i>Micropterus salmoides</i>	5 8 12	E	Ago-2008
<i>Oreochromis aureus</i>	1	E	Jun-2009

Estado de conservación

El estado de conservación del tramo la ferrería se puede calificar como muy perturbado "D", especificando la clasificación para cada indicador y calidad del agua en la tabla 7.

Tabla 7. Clasificación del estado de conservación en el sitio La Ferreria. WF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	D	D	C-D	D	C

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Propuesta de caudal ecológico

Tomando como base el estado de conservación actual y que la demanda de agua en esta zona es muy alta, se evaluaron los valores hidrológicos naturales correspondientes al percentil 5, que equivalen a un año muy seco, tanto para año seco y húmedo, obteniendo una propuesta de caudal ecológico como se muestra en la **Tabla 8**, con un régimen natural de crecidas.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NATURAL _{MEDIO}	0.71	0.62	0.68	0.88	1.04	2.53	8.53	8.21	43.79	0.72	0.66	0.77	69.14
Q _{ECOL} SECO	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	3.24
Q _{ECOL} HUMEDO	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	3.24

Caudales mínimos necesarios para mejorar los ambientes bióticos prevaleciente, con lo que se pretende mejorar el estado de conservación de muy perturbado a medianamente perturbado.

Este flujo permitiría la formación de pozas temporales que favorecen las especies acuáticas y a corto plazo lograr la comunicación entre ellas para el desplazamiento de especies de peces y desarrollo de macroinvertebrados.

En la **figura 5**, se presenta la variación entre el flujo natural y la propuesta de caudal ecológico, observándose una gran variación que por las condiciones limitantes de la zona a corto plazo no es posible solventar.

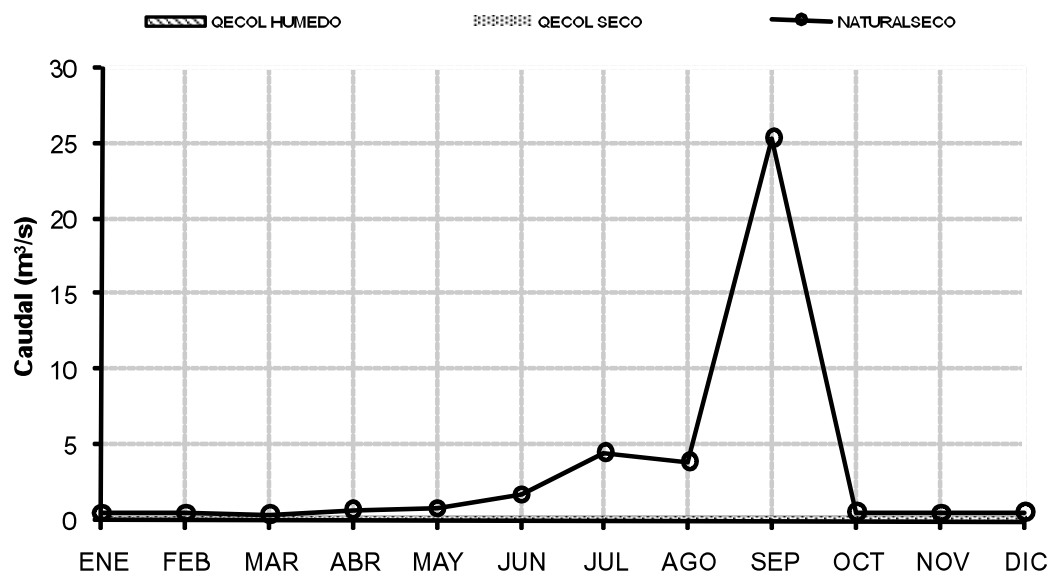
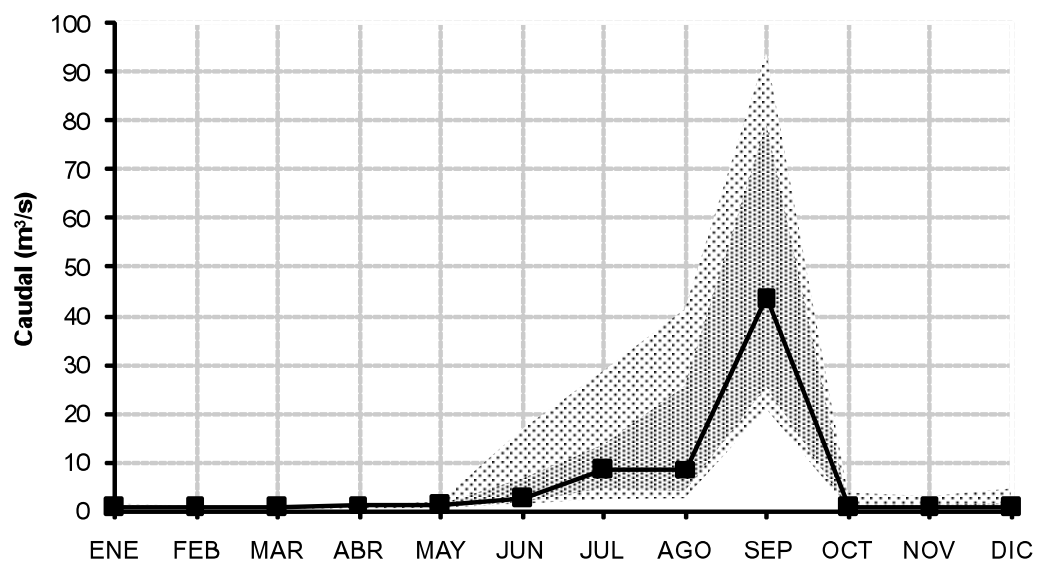
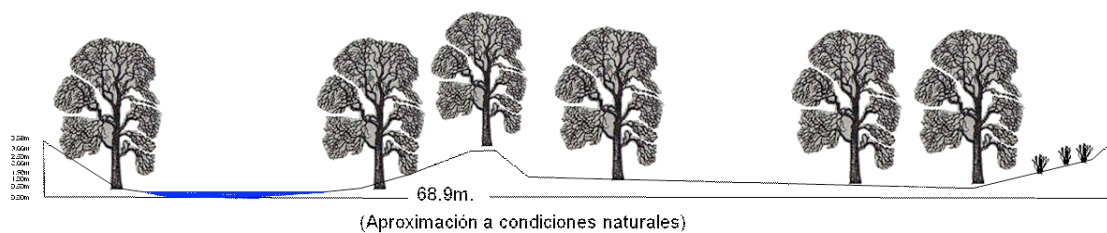


Figura 5. Grafica de Condiciones naturales/propuesta de caudal ecológico.



Implicación para los usos del agua

El agua superficial de la corriente del río Tunal es aprovechada en su mayoría para riego agrícola, por el módulo de riego III, Guadalupe Victoria, con un volumen concesionado de 63.259 hm³ y una superficie con derecho a riego de 9399.75 has, correspondiendo al sector ejidal el 61 % y a la pequeña propiedad el 31%, beneficiando a un total de 1540 usuarios.

Como se puede deducir, la aplicación del caudal ecológico en la subcuenca tiene implicaciones directas para el uso principal del agua que actualmente se realiza en la misma. Las condiciones que prevalecen en tramos determinados como es la zona de la Ferrería nos lleva a establecer una alianza con los usuarios para lograr su participación, promoviendo los beneficios de la aplicación del caudal ecológico a largo plazo.

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

En este sitio, a la par de la implementación del caudal ecológico es prioritario establecer un programa de restauración y recuperación del río Tunal, con acciones de restauración del cauce, saneamiento de localidades aledañas, educación ambiental y sobre todo la limitación total de autorizaciones para extracción de materiales pétreos aunado a una vigilancia permanente por la autoridad competente en la zona.

Sitio SB1, Río Santiago Bayacora. Refugio Salcido



Localización.

El sitio SB1, Santiago Bayacora, se localiza en la estación hidrométrica Refugio Salcido, aguas abajo de la presa derivadora del mismo nombre, sobre el cauce del río Santiago Bayacora, en el municipio de Durango (**figura 1**). Tramo fuertemente afectado por infraestructura hidráulica.

Sus coordenadas geográficas son 23 58.452' Latitud Norte, 104 31.196' Longitud Oeste, con una altitud de 1,864 m.

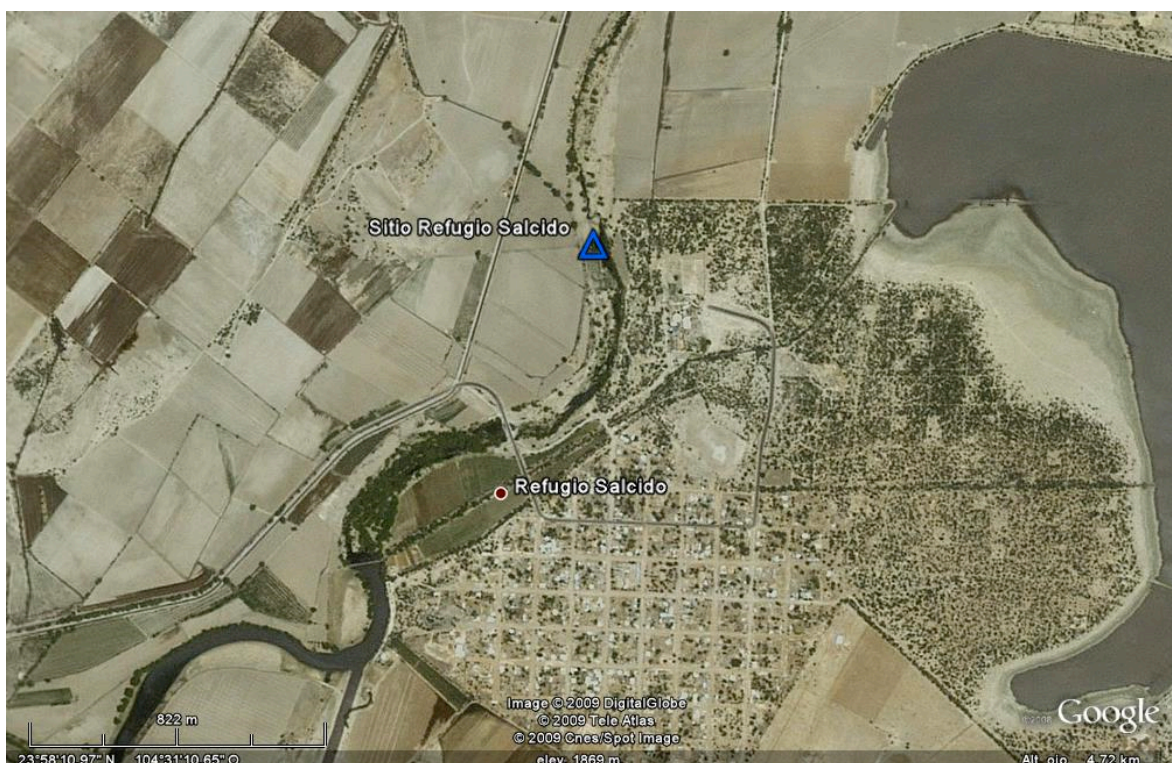


Figura 1. Sitio SB1, Santiago Bayacora. Google 2009.

Geomorfología

Lecho plano, con localizados rápidos y predominando las gravas finas y medias, arenas.

Bancos con escasa vegetación, limitada por riachuelos y/o huellas de ganado, así como el cambio de uso de suelo e impedimentos por retenciones

Hidrología.

Se cuenta con información hidrométrica de la estación Refugio Salcido, con registros de 1989 a 2006.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos se extendía de los meses de octubre a junio, teniendo solamente un período húmedo durante los meses de julio a octubre.

Las series hidrológica no reflejan los caudales mínimos en condiciones naturales, debido a la derivadora antigua ubicada aguas arriba del sitio de estudio. Las mayores crecidas se han registrado después de la construcción de la presa.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río Santiago Bayacora.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUY SECO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	1.59	1.17	0.18	0.11	0.00
NATURALSECO	0.06	0.11	0.06	0.00	0.00	0.06	0.77	1.92	1.73	0.42	0.23	0.05
NATURALMEDIO	0.09	0.25	0.21	0.16	0.18	0.28	1.53	3.69	5.14	1.38	0.38	0.10
NATURALHUMEDO	0.21	0.44	0.29	0.28	0.33	0.64	3.64	6.21	14.13	2.95	0.65	0.33
NATURALMUY HUMEDO	0.69	0.95	0.37	0.59	0.46	0.79	9.55	12.63	22.79	9.17	1.76	0.82

Hidráulica.

En la **figura 3**, se muestra la sección transversal del sitio Santiago Bayacora. Los niveles máximos alcanzan una elevación de 4.47 m y una distancia de 103 m a través del canal, en avenidas máximas.

La una velocidad promedio del agua de 0.1 m³/s, con una profundidad de 0.95 m y una distancia a través del canal de 14.1 m, se calcula un gasto total de 0.735 m³/s.

Elevación (m)

Distancia a través del canal (m)

Figura 3. Sección transversal del sitio Santiago Bayacora.

Vegetación

En forma general se detecta un aspecto al paisaje de devastamiento, la superficie que en épocas de crecida lleva el caudal, actualmente es ocupada por áreas de cultivo de maíz y por otra parte, existen evidencias de una gran carga de ganado vacuno, los géneros de especies arbóreas de ribera que se registraron estas fueron sumamente dispersas y en malas condiciones de salud es el caso de *Salix*, *Alnus* y *Cephalanthus*. Los géneros de malezas más conspicuos fueron: *Cynodon*, *Cucurbita*, *Solanum*, *Portulaca*, *Verbesina*, *Gnaphalium*, entre otras y de las acuáticas y semiacuáticas se detectaron a *Polygonum*, *Sagitaria*, *Cyperus* y *Eleocharis*

REFUGIO SALCIDO (R. SGO. BAYACORA)

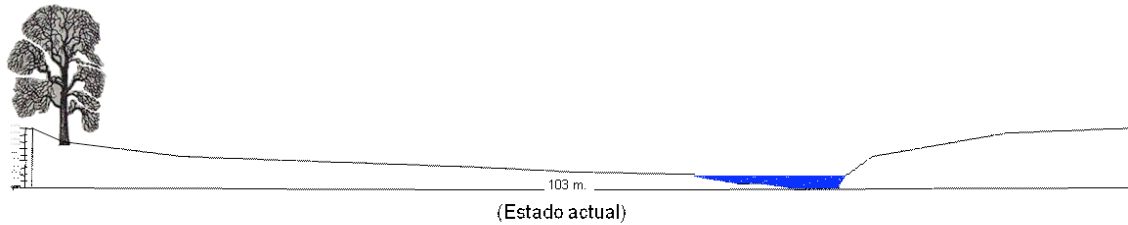


Figura 4. Perfil de transecto que ilustra el estado actual del bosque de ribera .

Peces.

La condición de la comunidad de peces para este sitio se identificó como pobre, indicador de las condiciones críticas del medio en lo que respecta a la comunidad de peces, encontrando dominancia de especies exóticas (Tabla 2), tolerantes, carnívoras y de amplia distribución y la total ausencia de especies nativas. Ubicado en medio de campos de cultivo, con basureros muy próximos, en donde sus contaminantes son lixiviados hacia el río, alterando la dinámica natural de las poblaciones acuáticas.

Tabla 2. Riqueza específica de peces, abundancia por especie en el Sitio Santiago Bayacora (Refugio Salcido).

Especie	No. Inds	Nativa / Exótica	Muestreo
<i>Lepomis gulosus</i>	5 2	E	Ago-2008 Jun-2009
<i>Lepomis macrochirus</i>	1	E	Jun-2009
<i>Lepomis microlophus</i>	9 5	E	Ago-2008 Jun-2009
<i>Micropterus salmoides</i>	2 7 17	E	Ago-2008 May-2009 Jun-2009
<i>Pomoxis annularis</i>	2	E	Ago-2008

Insectos acuáticos.

La diversidad biológica de los insectos acuáticos fue muy pobre, con muy poca abundancia y dominancia de elementos del orden Hemiptera, muy pocas especies en etapa adulta. Presentando muy baja calidad del agua con evidentes muestras de contaminación orgánica, mostrando una grave degradación ambiental con un ambiente físico muy deteriorado, con una velocidad de corriente prácticamente nula, temperatura

elevada y muy bajos niveles de oxígeno. En la **tabla 3**, se relacionan los ejemplares encontrados.

Tabla 3. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio SB1, Santiago Bayacora.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	14		19	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis sp.</i>		53		
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	11	1		
Odonata	Aeshnidae	<i>Anax amazili</i> (Burm.)	1			
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>			1	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia pulla</i>	1		7	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma sp.</i>	6	32		
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura erratica</i> Calvert	15			
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula sp.</i>		4	6	
Odonata	Libellulidae	<i>Tramea calverti</i> Muttkowski	1			
Odonata	Libellulidae	<i>Tramea lacerata</i> Hagen	3			
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma sp.</i>	1			
Hemiptera	Corixidae	<i>Hesperocorixa sp.</i>		17	10	
Hemiptera	Hebridae	<i>Hebrus sp.</i>		1		
Hemiptera	Nepidae	<i>Ranatra sp.</i>	1			
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta sp.</i>		2		
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	35		9	
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>			1	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>			29	
Trichoptera	Odontoceridae	<i>Marilia sp.</i>			1	
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra sp.</i>			8	
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>			1	
Trichoptera	Dytiscidae	<i>Thermonectus sp.</i>		1		
Diptera	Chironomidae	ND	3	3	1	
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>			3	

Estado de conservación

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la tabla 4, que en condiciones generales representa un valor de muy perturbado.

Tabla 4. Clasificación del estado de conservación en el sitio Refugio Salcido, río Santiago Bayacora. WWF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	C-	D	C-D	C-D	D

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Propuesta de caudal ecológico

Considerando el estado de conservación actual y la presión sobre el agua en el tramo, la propuesta de caudal ecológico sería llevar el sitio a un estado medianamente perturbado, por lo que se analizaron las series hidrológicas correspondientes al percentil 5, que representa un año muy seco, tanto para la propuesta del año seco como año húmedo, ya que se requiere al menos un pequeño flujo permanente durante todo el año para recuperar el sitio (Tabla 5).

Tabla 5. Propuesta de caudal ecológico para el sitio Refugio Salcido, río Santiago Bayacora. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NATURAL MEDIO	0.09	0.25	0.21	0.16	0.18	0.28	1.53	3.69	5.14	1.38	0.38	0.10	13.38
Q _{ECOL SECO}	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.65	0.65	0.65	0.15	0.15	0.15	3.31
Q _{ECOL HUMEDO}	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.65	0.65	0.65	0.15	0.15	0.15	3.31

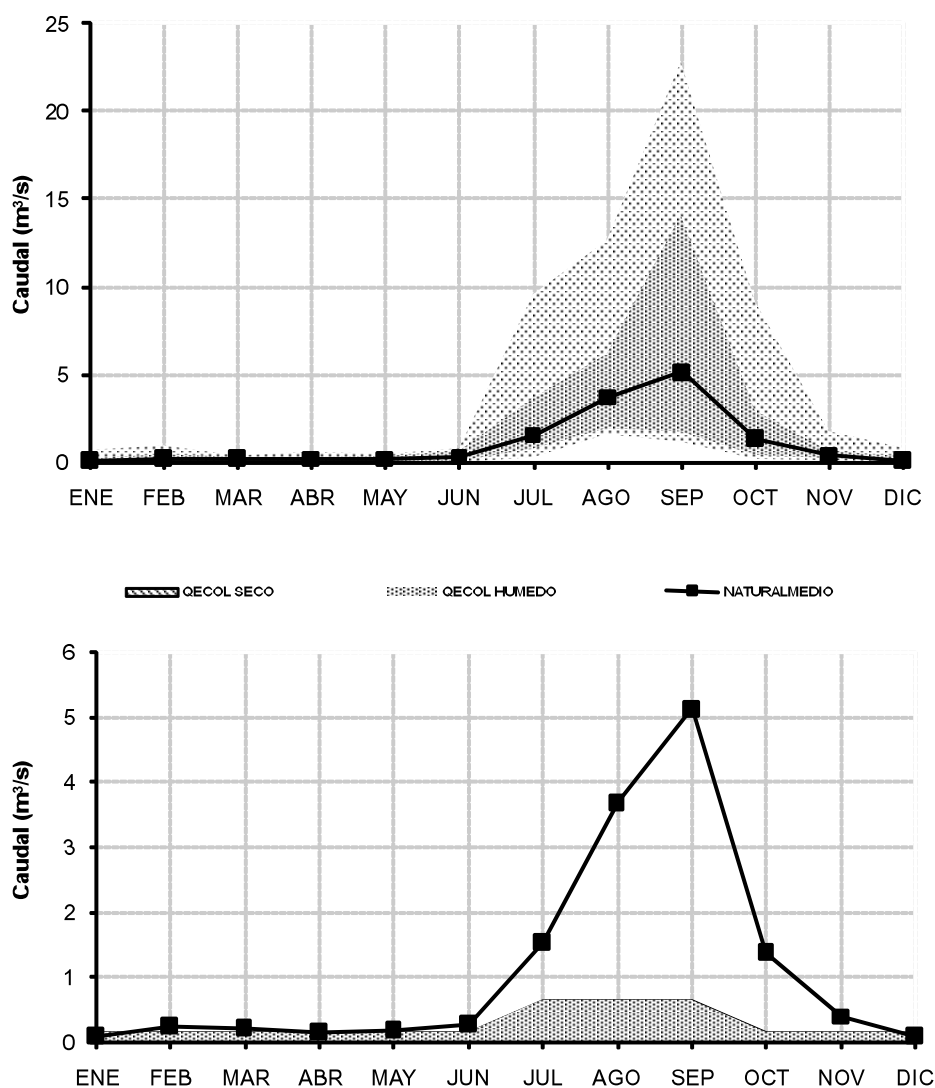


Figura 6. Sitio Refugio Salcido, río Santiago Bayacora caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico

Implicación para los usos del agua en la cuenca

La demanda de agua superficial en la cuenca del río Santiago Bayacora según los registros de aprovechamientos superficiales de la Subdirección de administración del agua de la CNA en Durango al año 2000, corresponden a un total de 27 aprovechamientos con un volumen de 28,928 hm³. El 99% corresponde al uso agrícola seguido en menor escala por el uso doméstico.

La gestión de la operación del caudal ecológico se tendrá que realizar con los usuarios agrícolas del módulo de riego Santiago Bayacora, del Distrito de Riego 052.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que permitan garantizar el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, peces, vegetación y el mejoramiento del ecosistema en general.

- Regulación y manejo de pastoreo
- Control de zonas federales
- Control de extracción de materiales
- Descargas de aguas residuales municipales

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se continuará con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias lo que permitirá ir ampliando y profundizando en el conocimiento de los ecosistemas y los procesos biológicos.

Sitio SP1. Río Durango. El Saltito.



Localización

El sitio del Saltito, se localiza en la estación hidrométrica del mismo nombre, sobre la corriente del río Durango, en el Municipio de Nombre de Dios, Dgo.

Las coordenadas geográficas son 23 56.852' Latitud Norte, 104 19.062' Longitud Oeste, con una altitud de 1,725 m.s.n.m., **figura 1**.



Figura 1. Ubicación del sitio el Saltito. Google Earth

Geomorfología.

Es un valle morfológicamente encañonado, terreno angosto inundable en un solo lado del canal, patrón pluvial recto, poco sinuoso, pendiente suave; lecho plano, con rápidos localizados de base rocosa y de cantos rodados, con pozas y remansos.

Hidrología.

Este sitio es punto de salida de la cuenca Durango, sus principales aportaciones las recibe de los excedentes de las zonas de riego de la presa Guadalupe Victoria, Peña del Aguila y Santiago Bayacora, así como parte de la descarga de la planta de tratamiento de la Ciudad de Durango, y a través de manantiales que brotan del acuífero Valle del Guadiana.

El análisis hidrológico de esta zona se realizó con base en los registros de caudales diarios de la estación hidrométrica “El Saltito” (situada aguas arriba de la caída de agua denominada con el mismo nombre), con datos desde 1956 hasta 1986 y de 1994 a la fecha. Al igual que en los puntos anteriores el flujo estacional es variable, durante los meses de junio a septiembre es alto, entrando en periodo paulatino de recesión a partir de

octubre llegando a los meses de marzo a mayo con caudal nulo, situación que se esta agravando con el paso de los años y el crecimiento de la ciudad de Durango por la explotación de aguas subterráneas y superficiales.

El análisis del gasto promedio mensual para años típicos naturales en este sitio se muestra en la **tabla 5**.

Tabla 5. Características del régimen hidrológico natural en sitio el Saltito.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.44	0.39	0.15	0.07	0.08	0.32	0.42	0.73	2.07	0.52	0.45	0.44
NATURALSECO	0.54	0.49	0.33	0.17	0.17	0.47	0.75	3.16	5.40	1.78	0.86	0.55
NATURALMEDIO	0.94	0.61	0.46	0.36	0.38	0.70	1.80	9.55	15.84	9.64	1.64	1.37
NATURALHUMEDO	1.63	1.04	0.74	0.45	0.52	1.51	5.45	29.30	42.99	21.37	3.34	2.43
NATURALMUY HUMEDO	5.75	1.60	1.18	0.62	1.49	3.12	10.12	48.32	83.72	63.14	5.69	4.03

Hidráulica

La sección transversal del sitio El Saltito, nos muestra que se alcanza una elevación de 2.5 m, y una distancia transversal de 156 m, que se extiende al margen derecho del cauce del río. El gasto aproximado en temporada de lluvias es de 1.7 m³/s, con una de corriente de 0.3 m/s y un tirante máximo de 1.1 m, con poca pendiente. En temporada de secas el gasto es de 0 (cero).

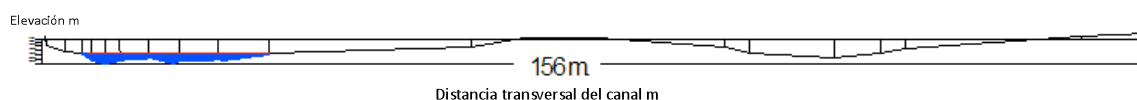


Figura 2. Sección topográfica del sitio el Saltito. Agosto 2008

Vegetación.

El **Saltito** es una zona reconocida regionalmente por ser un sitio turístico, por sus bellas cascadas y por su bosque ripario constituido de ahuehuetes *Taxodium mucronatum* (Figura 3), en la parte alta anterior a la caída de agua, se registra un bosque de *Taxodium* en un estado decadente, algunos árboles ya se encuentran muertos y otros en malas condiciones de salud, con tendencias a desaparecer en un futuro próximo, otras especies leñosas acompañan a esta especie, *Cephalanthus occidentalis*, *Forestiera* cf. *durangensis* *Celtis pallida* y *Acacia schaffneri*, sin embargo, dichas especies probablemente ya están estableciéndose y sustituyendo el nicho que está dejando el ahuehuete.

En el estrato arbustivo y herbáceo se distinguen principalmente especies indicadores de disturbio como *Nicotiana glauca*, *Cucurbita foetidissima*, *Cynodon dactylon* y especies de los géneros *Halenia*, *Ipomoea*, *Lepidium*, *Portulaca*, *Verbena*, *Chenopodium*, *Galinsoga*, *Plumbago*, entre otros. Al sitio ecológicamente se le designó una categoría de C: **perturbado**.



Figura 3. Perfil de transecto ilustrando el estado actual del bosque de ribera del sitio el Saltillo.

Insectos acuáticos

El índice Biótico de Hilsenhoff (HBI) modificado, obtenido para este sitio fue de 5.11, lo que representa una buena calidad del agua, presentando signos de deterioro en el ambiente acuático considerados como serios, por la ausencia de flujo de agua continuo, formándose charcas y estanques temporales con contaminación orgánica, lo que favorece el desarrollo de especies de grupos oportunistas como Hydrophilidae, Dytiscidae y otras (Tabla 6) que aprovechan éstas condiciones para desplazar a las especies sensibles.

Tabla 6. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio el Saltillo.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	37	2		
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>	9			
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius sp.</i>	1			
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	7			
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	1			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia anceps</i> Garrison	7			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia sp.</i>		3		
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallagma sp.</i>	2			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Zoniagrion sp.</i>		1		
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus sp.</i>		1		
Odonata	Lestidae	<i>Archilestes sp.</i>		1		
Hemiptera	Corixidae	<i>Hesperocorixa sp.</i>		7		
Hemiptera	Corixidae	<i>Neocorixa sp.</i>		1		
Hemiptera	Nepidae	<i>Ranatra sp.</i>		2		
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta sp.</i>		1		
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis sp.</i>			12	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche sp.</i>	3			
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	16			
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	18			
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Hydroptila sp.</i>	1			
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>		17		
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>	4			

Coleoptera	Dytiscidae	<i>Copelatus sp.</i>		1		
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Deronectes sp.</i>		2		
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Hydrovatus sp.</i>			1	
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophilus sp.</i>		1		
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Ranthus sp.</i>			1	
Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus clavicornis</i>	3			
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Gyretes sp.</i>	11			
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Gyrinus sp.</i>	17			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Derallus sp.</i>			1	
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Hidrobius sp.</i>		1		
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus sp.</i>			2	
Diptera	Chironomidae	ND	23		21	
Diptera	Simuliidae	<i>Prosimulium sp.</i>			29	
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	110		32	
Diptera	Tabanidae	<i>Chrysops sp.</i>	1			

Peces.

La condición de la comunidad de peces para este sitio se identificó como buena, en función de la interpretación del índice de integridad biótica (IIB), por la transparencia del agua, condiciones de hábitat y la presencia de tres especies carnívoras que en la cadena trófica está en equilibrio con las insectívoras (*Gambusia sp.*) y omnívoras (*Carassius auratus*), representando tres niveles tróficos diferentes. **Tabla 7.**

Tabla 7. Especies de peces encontrados en el sitio El Saltito. WWF.

ESPECIE	NO. INDS.	NATIVA / EXÓTICA	MUESTREO
<i>Carassius auratus</i>	1	E	May-2009
<i>Gambusia senilis</i>	1	N	May-2009
<i>Lepomis cyanellus</i>	35	E	Ago-2008
<i>Ictalurus sp (punctatus)</i>	2 3	E	May-2009 Jun-2009
<i>Micropterus salmoides</i>	7 1 9	E	Ago-2008 May-2009 Jun-2009

Estado de conservación.

El estado de conservación ecológico con base en las observaciones y análisis de los especialistas se definió como medianamente perturbado, como se muestra en la **tabla 8.**

Tabla 8. Clasificación del estado de conservación en el Saltito. WWF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	B	C	C	C	C
A: Buen estado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado					

Propuesta de caudal ecológico

La propuesta de caudal ecológico se fundamenta en los resultados del análisis de las series hidrológicas de la estación el Saltito, en donde se puede apreciar un daño considerable. La propuesta de caudal está muy relacionada con la condición de explotación del acuífero y el caudal que escurra de los ríos Santiago Bayacora, Tunal y Saucedá, ya que es el punto de salida de la cuenca y el potencial de recuperación que tiene la zona.

Para el año seco se analizó la serie de datos del percentil 18, que estaría entre un año muy seco y seco; para el año húmedo se analizó la serie de datos del percentil 35, que corresponde a años medios tendiendo a secos. Los valores de caudal ecológico se presentan en la **tabla 9.**, la propuesta de crecidas sería de 1 día con un gasto de 148 m³/s, cada 2-3 años.

Tabla 9. Propuesta de caudal ecológico para el sitio el saltito. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NATURAL MEDIO	0.94	0.61	0.46	0.36	0.38	0.70	1.80	9.55	15.84	9.64	1.64	1.37	43.29
Q _{ECOL} SECO	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	1.01	1.62	0.40	0.40	0.40	6.63
Q _{ECOL} HUMEDO	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	2.35	3.90	0.79	0.79	0.79	14.15

Se concluyó que los cambios biológicos detectados en el ecosistema del tramo en estudio han sido ocasionados principalmente por las condiciones extremas a que se ha visto sometido el lugar, la explotación del acuífero, el desarrollo de las áreas agrícolas y las descargas de aguas residuales industriales y de servicios que vierten aguas negras al cauce, ubicadas aguas arriba, pastoreo sin control y en menor medida las actividades de recreación

La **figura 4**, presenta la variación entre el flujo natural y la propuesta de caudal ecológico.

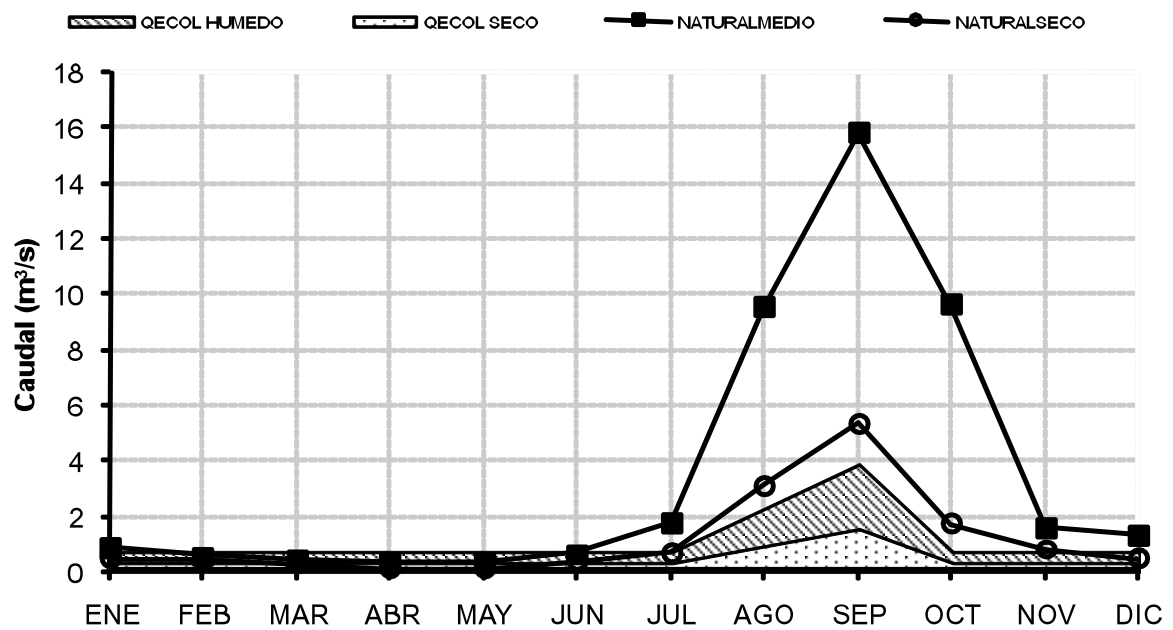
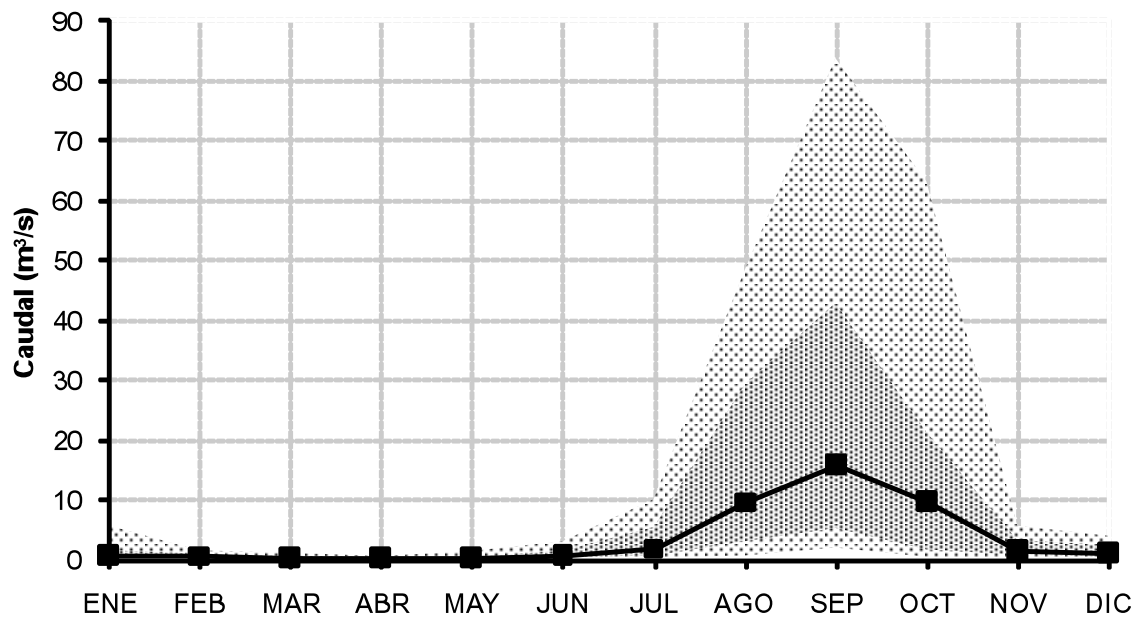


Figura 4. Grafica de Condiciones naturales/propuesta de caudal ecológico.

Implicación para los usos del agua en la cuenca

Los usos del agua superficial en este tramo del río Durango son limitados por las características de mala calidad del agua al recibir las descargas de aguas residuales municipales e industriales aguas arriba.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que nos permitan garantizar el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, peces, vegetación y de los ecosistemas riparios en general, evitando interrupciones en su desarrollo y asegurando los niveles de oxígeno en el agua que permita la continuidad en el tiempo de las diversas poblaciones y sus hábitats en coordinación estrecha con la instituciones gubernamentales correspondientes.

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se continuará con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias lo que permitirá ir ampliando y profundizando en el conocimiento de los ecosistemas y los procesos biológicos, tan importantes en esta zona con buen estado de conservación.

En este sitio es necesario establecer una gestión eficiente del agua subterránea en el acuífero Valle del Guadiana, en los módulos de riego de las presas Guadalupe Victoria, Santiago Bayacora y Peña del Águila, y un programa de educación ambiental a visitantes y pobladores de las localidades cercanas.

Sitio P1. Río Caliente. Aguas arriba de la Presa Francisco Villa



Localización.

El sitio P1- Poanas, se ubica en el río Caliente, aguas arriba de la Presa Francisco Villa, En el tramo no existe influencia de infraestructura hidráulica como se muestra en la **figura 1**.



Figura 1. Ubicación del sitio Aguas arriba de la Presa Francisco Villa.-Google Earth

Las coordenadas geográficas son 24 00.725' Latitud Norte, 103 53.840' Longitud Oeste, con una altitud de 1,999 m.s.n.m,

Geomorfología

Sitio moderadamente confinado, terreno angosto inundable, en un solo lado del canal.

Lecho fluvial de rápidos formados por cantos rodados, lecho rocoso, algunas islas estables localizadas con poca vegetación, predominando cantos rodados y arenas finas.

Hidrología.

Se cuenta con información hidrométrica de la estación Narciso Mendoza, ubicada sobre el Río Poanas, aguas abajo de la Presa Francisco Villa, con registros desde 1971 a1999.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos alcanzaba valores mínimos siempre superiores a 0,25 m³/s. Alcanzaba los valores máximos en el mes de septiembre.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río Poanas.

	CARACTERÍSTICAS EN RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.44	0.55	0.62	0.77	0.79	0.79	1.03	0.90	11.52	0.25	0.28	0.45
NATURALSECO	0.49	0.59	0.67	1.00	0.91	1.25	1.76	1.33	13.44	0.36	0.43	0.53
NATURALMEDIO	0.55	0.69	0.78	1.27	1.04	1.58	2.27	1.89	16.20	0.47	0.51	0.59
NATURALHUMEDO	0.66	0.84	1.00	1.45	1.34	2.71	3.54	3.32	20.52	0.56	0.58	0.75
NATURALMUYHUMEDO	0.74	0.98	1.13	1.66	1.65	4.70	6.43	6.97	23.05	0.67	0.63	0.83

Hidráulica.

En la **figura 2** se muestra la sección transversal del sitio P1, aguas arriba de la presa Francisco Villa. Los niveles máximos alcanzan una elevación de 2.98 m y una distancia de 54.51 m a través del canal.

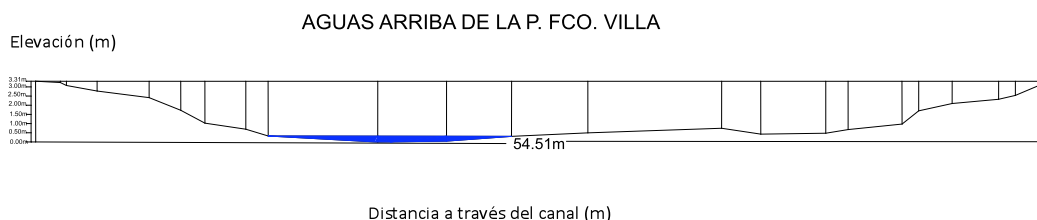


Figura 2. Sección transversal del P1, aguas arriba de la presa Francisco Villa.

Vegetación

La vegetación de ribera se identifica en buenas condiciones ecológicas, con una estructura muy definida y con una regeneración importante principalmente de *Salix bonplandiana*, esta especie se encontró asociada a las leñosas *Fraxinus* sp. y *Salix taxifolia*, el estrato arbustivo principalmente se constituye de *Baccharis salicifolia* con una importante regeneración. En la llanura de inundación se reconocieron como abundantes a las herbáceas *Echinochloa colonum* y *Aster subulatus* en sitios arenosos colonias densas de los géneros *Eleocharis* y *Carex*, como especies acuáticas a *Persicaria pensilvanicum* y *Schoenoplectus americanus* y en sitios arcillosos a *Sidalcea neomexicana*, *Ranunculus* y *Allium*, **figura 4**.

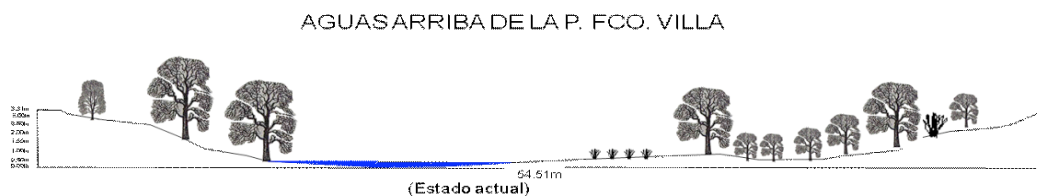


Figura 4. Perfil de transecto que ilustra el estado actual del bosque de ribera del sitio P1, aguas arriba de la presa Francisco Villa .

Peces.

Este sitio mostró la diversidad más alta compuesta por 10 especies, de las cuales seis son nativas y cuatro exóticas. El grupo de las nativas contabilizó la mayor abundancia, representada principalmente por los ciprínidos *Codoma ornata*, *Dionda cf. episcopal* y *Gila* sp., no obstante la mayor riqueza y abundancia de nativas, la presencia de exóticas fue un factor que impide la asignación de la categoría Excelente a dicho sitio, sobretodo la disminución de carnívoros, el decremento de la presencia de los carnívoros como nivel tope en la cadena trófica refleja una disminución en la calidad del hábitat, ya que sólo hay tres especies carnívoras y además son exóticas. Encontrándose además la especie *Gambusia senilis* con categoría de amenaza en la NOM-059-ECOL-2001. (**tabla 2**).

Tabla 2. Riqueza específica de peces, abundancia por especie en el P1, aguas arriba de la presa Francisco Villa.

Especie	No. Inds	Nativa / Exótica	Muestreo
<i>Astyanax mexicanus</i>	5	N	Ago-2008
<i>Codoma ornata</i>	1 46	N	Ago-2008 Jun-2009
<i>Dionda cf. Episcopa</i>	33 54 38	N	Ago-2008 May-2009 Jun-2009
<i>Gila</i> sp	16 28 27	N	Ago-2008 May-2009 Jun-2009
<i>Gambusia senilis</i>	6 36	N	Ago-2008 Jun-2009
<i>Gambusia</i> sp	31	N	May-2009
<i>Lapomis gulosus</i>	2	E	Jun-2009
<i>Oreochromis aureus</i>	1 13	E	May-2009 Jun-2009
<i>Pomoxis annularis</i>	2	E	Jun-2009
<i>Xiphophorus helleri</i>	1 1	E	Ago-2008 Jun-2009

Insectos acuáticos.

La calidad del agua en este sitio en función del Índice biótico se puede considerar como “Muy Buena”, debido a que esta poco alterado por actividades antropogénicas y en términos generales reúne características como el sustrato, la velocidad de corriente y oxigenación principalmente en niveles bastante adecuados para el establecimiento y éxito de las poblaciones y comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

Del material recolectado en este sitio se puede decir que se presentó un adecuado balance entre el número de taxa y el número de organismos añadiendo a lo anterior que las especies obtenidas presentan en su mayoría valores bajos de tolerancia (Tabla 3).

Tabla 3. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio aguas arriba de la Presa Francisco Villa. Muestreos realizados en Agosto de 2008 y mayo y junio de 2009.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	11	21	25	
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>		3	21	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Choroterpes sp.</i>		14	22	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Neochoroterpes sp.</i>			5	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp.</i>		10	28	
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>		17	38	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia pulla</i>	1			
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus sp.</i>		11	17	
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus borealis McLach.</i>	1			
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp.</i>			2	
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula sp.</i>			2	
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus sp.</i>			1	
Hemiptera	Corixidae	<i>Neocorixa sp.</i>			2	
Hemiptera	Hebridae	<i>Lipogomphus sp.</i>			1	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus sp.</i>			2	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos sp.</i>		9		
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>		1		
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus sp.</i>	2			
Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche borealis Hagen</i>			2	

Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche sp.</i>		6	17	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	14	45	63	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Leucotrichia sp.</i>			1	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Metrichia sp.</i>		1	9	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia sp.</i>		11	24	
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>			1	
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra sp.</i>		22	34	
Trichoptera	Odontoceridae	<i>Marilia sp.</i>			25	
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila sp.</i>		2	11	
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp.</i>	27			
Coleoptera	Elmidae	<i>Microcylloepus sp.</i>	2			
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Derallus sp.</i>			1	
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus sp.</i>		1		
Diptera	Chironomidae	ND		6	27	
Diptera	Simuliidae	<i>Prosimulium sp.</i>			2	
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	27			
Diptera	Stratiomyidae	<i>Odontomyia sp.</i>			1	
Diptera	Tabanidae	<i>Chrysops sp.</i>	1			
Diptera	Tipulidae	<i>Tabanus sp.</i>	1	1		

Estado de conservación

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación del estado de conservación en el sitio P1- aguas arriba de la presa Francisco Villa. Noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	B	B	B	B-C	A

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Propuesta de caudal ecológico

Tomando como base el estado de conservación del tramo del río y considerando que no se tiene gran presión por el uso del agua, la propuesta de caudal ecológico se valoró con el análisis hidrológico de los datos correspondientes al percentil 5, para el año seco y del percentil 7 para el año húmedo (**tabla 5**). Los datos para el caudal ecológico son en términos hidrológicos los caudales naturales para un año seco como se puede observar en la figura 4.

Tabla 5. Propuesta de caudal ecológico para el sitio P1, aguas arriba de la presa Francisco Villa, WWF-FGRA, Noviembre de 2008

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NATURAL _{MEDIO}	0.55	0.69	0.78	1.27	1.04	1.58	2.27	1.89	16.20	0.47	0.51	0.59	27.85
Q _{ECOL} SECO	0.49	0.59	0.67	1.00	0.91	1.25	1.76	1.33	13.44	0.36	0.43	0.53	22.76
Q _{ECOL} HUMEDO	0.66	0.84	1.00	1.45	1.34	2.71	3.54	3.32	20.52	0.56	0.58	0.75	37.28

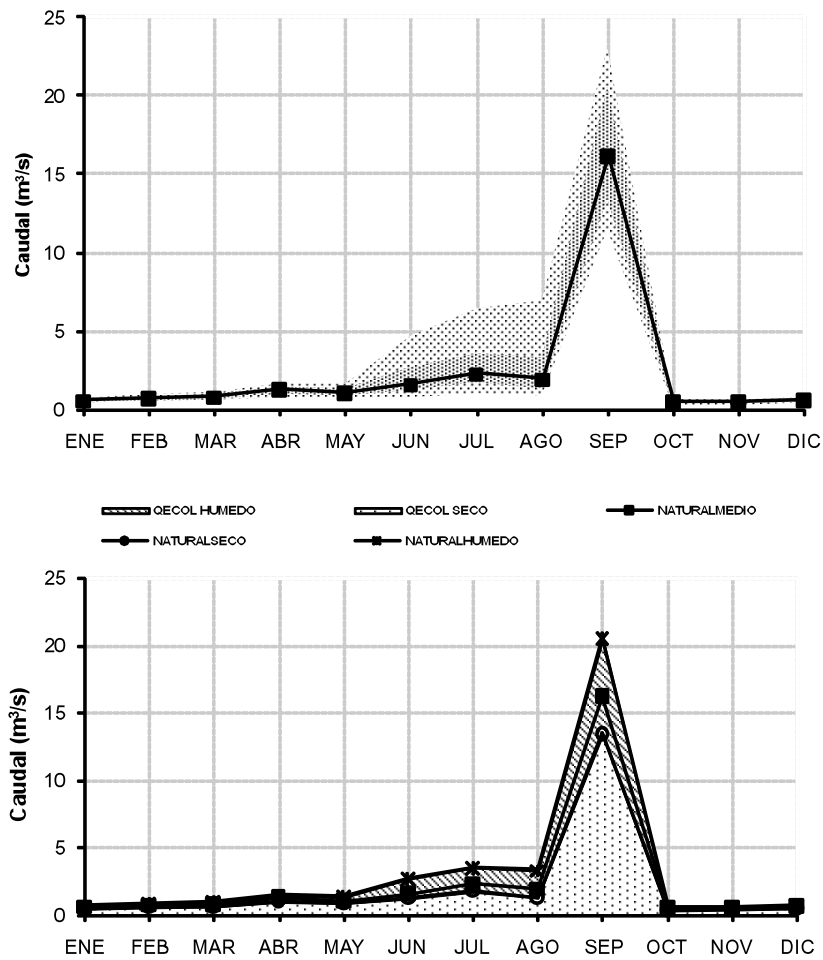


Figura 4. Comparación del caudal natural del Sitio P1, aguas arriba de la presa Francisco Villa, con la propuesta de caudal ecológico

Implicación para los usos del agua en la cuenca

La demanda de agua superficial en la cuenca del río Poanas según los registros de aprovechamientos superficiales de la Subdirección de administración del agua de la CNA en Durango al año 2000, corresponden a un total de 104 aprovechamientos con un volumen de 47,484 hm³, repartidos en igual proporción entre uso agrícola, doméstico y

otros, por lo tanto la aplicación del caudal ecológico tendrá implicaciones principalmente en los usos agrícola, considerando que se puede mantener el flujo propuesto sin afectar los derechos de agua actuales.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que nos permitan continuar con el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, peces, vegetación y de los ecosistemas riparios en general.

- Programa de Conservación integral de la cuenca, que incluya saneamiento ambiental, protección de especies, cultura ambiental

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se continuará con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias lo que permitirá ir ampliando y profundizando en el conocimiento de los ecosistemas y los procesos biológicos, tan importantes en esta zona con buen estado de conservación.

Sitio P2. Aguas abajo de la Presa Francisco Villa



Localización.

El sitio P2- Río poanas, se ubica aguas abajo de la presa Francisco Villa, entre la localidad de la Villita de San Atenógenes y la presa. **Figura 1.**



Figura 1. Ubicación del sitio Aguas debajo de la presa Francisco Villa

Las coordenadas geográficas 23 59.947' Latitud Norte, 103 59.908' Longitud Oeste, con una altitud de 1,957 m.

Geomorfología

El valle se encuentra en una terraza del lecho encajonado en el canal.

El lecho fluvial es plano, con pozas profundas y remansos rápidos localizados.

Hidrología.

Se cuenta con información hidrométrica de la estación Narciso Mendoza, ubicada sobre el Río Poanas, aguas abajo de la Presa Francisco Villa, con registros desde 1971 a 1999.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos alcanzaba valores mínimos siempre superiores a 0,25 m³/s. Alcanzaba los valores máximos en el mes de septiembre.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río Poanas.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0.44	0.55	0.62	0.77	0.79	0.79	1.03	0.90	11.52	0.25	0.28	0.45
NATURALSECO	0.49	0.59	0.67	1.00	0.91	1.25	1.76	1.33	13.44	0.36	0.43	0.53
NATURALMEDIO	0.55	0.69	0.78	1.27	1.04	1.58	2.27	1.89	16.20	0.47	0.51	0.59
NATURALHUMEDO	0.66	0.84	1.00	1.45	1.34	2.71	3.54	3.32	20.52	0.56	0.58	0.75
NATURALMUYHUMEDO	0.74	0.98	1.13	1.66	1.65	4.70	6.43	6.97	23.05	0.67	0.63	0.83

Hidráulica.

En la **figura 2** se muestra la sección transversal del sitio P2, aguas abajo de la presa Francisco Villa. Los niveles máximos alcanzan una elevación de 2.57 m y una distancia de 29.25 m a través del canal.

Elevación (m)
Elevación (m)

Distancia a través del canal (m)

Figura 2. Sección transversal del P2, aguas abajo de la presa Francisco Villa.

Vegetación

Se cuenta con un bosque de ribera relativamente homogéneo, constituido de *Salix bonplandiana*, *Fraxinus* sp. y escasos árboles de *Populus fremontii*, sin embargo se detectó que los árboles se encontraban en una condición poco saludable con ramas caídas y deformaciones en sus fustes, rodeando la banda del bosque de ribera se localizaron especies arbóreas y arbustivas de ambientes xerófilos, los más comunes fueron *Celtis pallida*, *Aloysia lycioides*, *Prosopis glandulosa*, *Rhus microphylla*, *Forestiera durangensis* y *Opuntia* sp. A pesar de que la estructura y composición arbórea se presentó aparentemente homogénea, el área como tal se distinguió perturbada por presentar indicios de pastoreo y actividades agrícolas, algunas especies indicadoras de disturbio fueron encontradas como es el caso de *Nicotiana glauca*, *Cynodon dactylon* y *Ambrosia* sp. como se muestra en la **figura 3**.

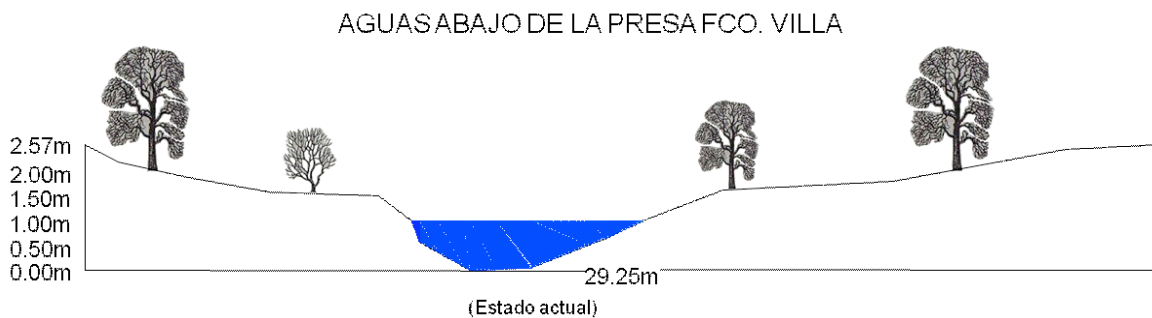


Figura 3. Perfil de transecto que ilustra el estado actual del bosque de ribera del sitio P2, aguas abajo de la presa Francisco Villa.

Insectos acuáticos.

Se puede calificar como “Buena” calidad del agua, muy cercanos a la calificación de “Muy Buena”. Esto nos indica una posible ligera degradación del ambiente atribuible a diversos factores como pueden ser actividades humanas como deforestación, agricultura, vertido de desechos, etc., en un grado aún no grave pero que es necesario mantener en observación para su contención y control para aplicar las medidas adecuadas y poder revertir los efectos negativos que todavía son incipientes. En la Tabla 2 se relacionan las especies de insectos acuáticos encontradas.

Tabla 2. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio P2, aguas abajo de la Presa Francisco Villa. Muestreos realizados en Agosto de 2008 y mayo y junio de 2009.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	49		9	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp.</i>	1			
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	27			
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina vulnerata</i> Hagen	8			
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina sp.</i>			36	
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia anceps</i> Garrison	7			
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia sp.</i>			4	
Odonata	Gomphidae	<i>Archaeogomphus sp.</i>	1			
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus sp.</i>			1	
Odonata	Megapodagrionidae	<i>Heteragrion alienum</i>			1	
Odonata	Megapodagrionidae	<i>Heteragrion sp.</i>	1			
Odonata	Megapodagrionidae	<i>Paraphlebia sp.</i>			5	
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma sp.</i>	7			
Hemiptera	Macroveliidae	<i>Macrovelia sp.</i>			1	
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>			11	

Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	37		5	
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Mayatrichia sp.</i>	1			
Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Neotrichia sp.</i>	1			
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche sp.</i>			1	
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>	1			
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp.</i>	2			
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus sp.</i>	4			
Coleoptera	Elmidae	<i>Microcylloepus sp.</i>	2		3	
Coleoptera	Elmidae	<i>Neocylloepus sp.</i>	1			
Diptera	Chironomidae	ND			23	
Diptera	Muscidae			1		
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	11	18	3	

Peces.

El sitio se calificó con categoría *Buena* en el Índice de Integridad Biológica, a pesar de que sólo se encontró una especie (*Gila sp.*), esta es nativa y los ejemplares capturados fueron de tallas adultas. Las condiciones del sitio no permitieron la captura de esta especie durante los meses de agosto y junio, sin embargo, por las tallas mencionadas se espera encontrar un mayor número de ejemplares cuando la velocidad y volumen de agua disminuye, es importante señalar que éste es regulado por las necesidades de uso del agua por parte de los campos de riego. Tabla 3.

Tabla 3. Riqueza específica de peces por especie en el Sitio P2, aguas debajo de la presa Francisco Villa. Alianza WWF-FGRA

Especie	No. Inds	Nativa / Exótica	Muestreo
<i>Gila sp</i>	2	N	May-2009

Estado de conservación

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación del estado de conservación en el sitio P2- aguas abajo de la presa Francisco Villa. Noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	B	B	B	B-C	A

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

Propuesta de caudal ecológico

Tomando como base el estado de conservación del tramo del río y considerando que en ésta zona se tiene gran presión por el uso del agua, la propuesta de caudal ecológico se valoró con el análisis hidrológico de los datos correspondientes al percentil 5, para el año seco y para el año húmedo (**tabla 5**).

Tabla 5. Propuesta de caudal ecológico para el sitio P2, aguas abajo de la presa Francisco Villa, WWF-FGRA, Noviembre de 2008

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NATURALMEDIO	0.55	0.69	0.78	1.27	1.04	1.58	2.27	1.89	16.20	0.47	0.51	0.59	27.85
Q _{ECOL} SECO	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.60	1.00	0.20	0.20	0.20	3.60
Q _{ECOL} HUMEDO	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.60	1.00	0.20	0.20	0.20	3.60

En la **figura 4**, se puede observar que el caudal ecológico es el mínimo necesario para mejorar las condiciones actuales en la zona, ya que ni siquiera corresponde al valor medio natural de un año muy seco.

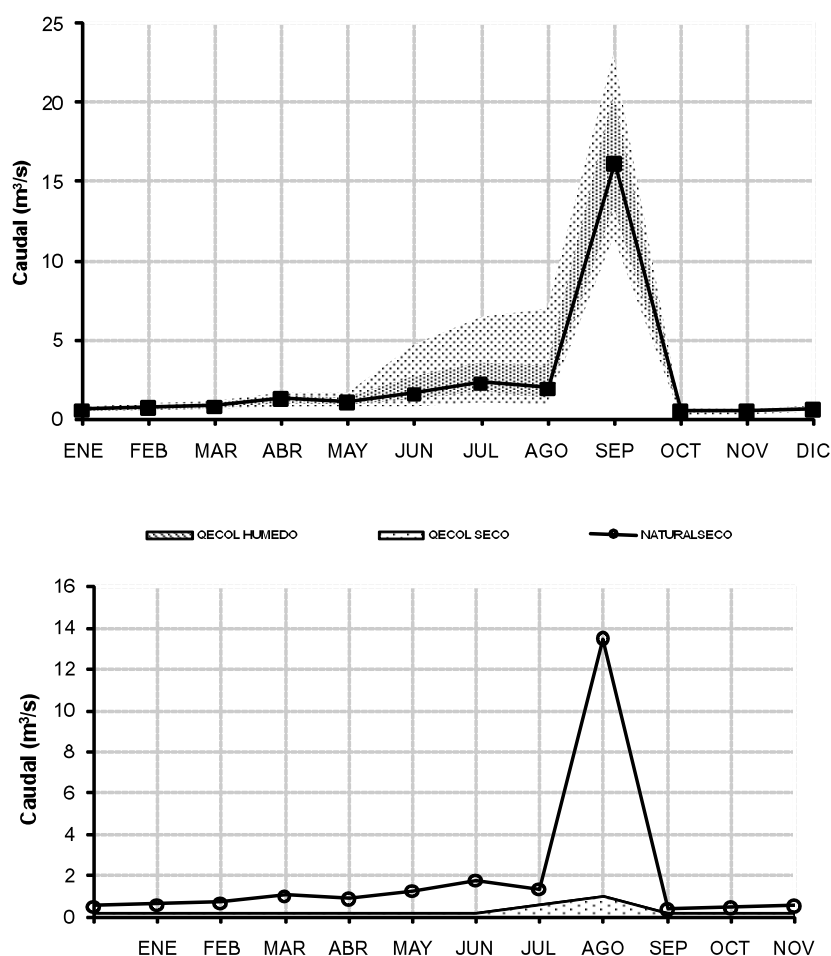


Figura 4. Comparación del caudal natural del Sitio P2, aguas abajo de la presa Francisco Villa, con la propuesta de caudal ecológico

Implicación para los usos del agua en la cuenca

La demanda de agua superficial aguas abajo de la presa Francisco Villa, en la corriente del río Poanas es principalmente para uso agrícola, por lo que se tendría que gestionar el recurso para el uso ambiental con éste sector.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones que nos permitan continuar con el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, peces, vegetación y de los ecosistemas riparios en general.

- Control de extracción de aguas subterráneas en el acuífero Vicente Guerrero-Poanas.
- Control de siembra de especies de peces exóticos en el vaso de la presa.
- Programa para eficientar el agua en el uso agrícola.
-

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se continuará con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias.

Sitio AS2-Río Súchil. Aguas arriba de la estación hidrométrica Vicente Guerrero.



Hidrología.

Se analizó la información de la estación hidrométrica Vicente Guerrero, con registros de caudal en régimen natural desde 1962 hasta 2004.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos, se observa que se trata de un río con una temporada de estiaje muy marcada que inicia en diciembre y termina en junio, permaneciendo casi 5 meses sin caudales circulantes.

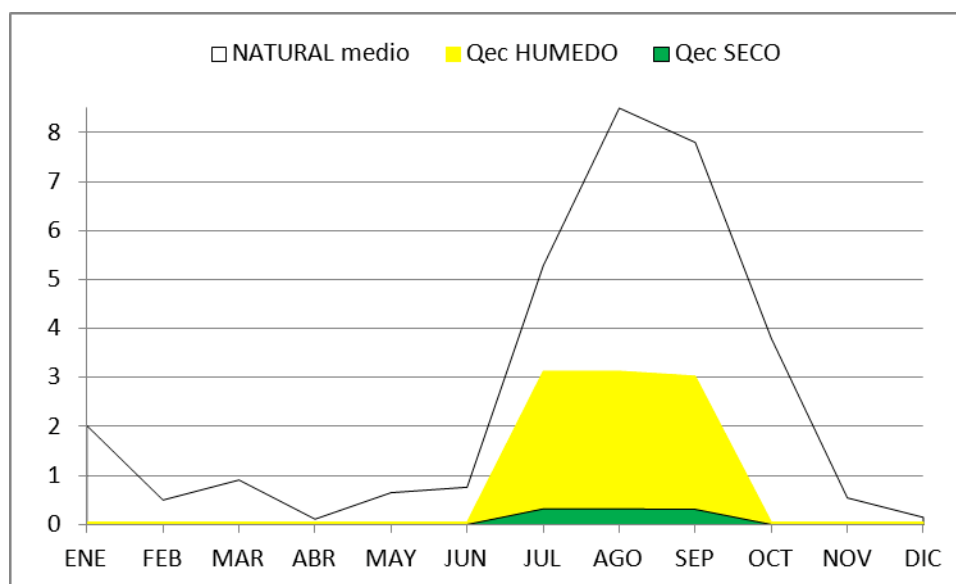
Propuesta de caudal ecológico

Se realizó el análisis hidrológico considerando que los datos más representativos para cubrir las necesidades de los indicadores biológicos correspondían a los valores del percentil 15, para el año seco y del percentil 55 para el año húmedo. La propuesta se presenta en la **tabla 1**, observando en la gráfica de la **figura 1** supone una reducción importante respecto al caudal natural.

Tabla 1. Propuesta de caudal ecológico para el sitio AS1 del río Súchil aguas arriba de la estación hidrométrica Vicente Guerrero. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTAL									
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
NATURAL Medio	2.0	0.6	0.1	0.0	0.1	0.8	5.3	8.6	7.8	3.87
Qec SECO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.32	0.31	0
Qec HUMEDO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	3.13	3.13	3.03	0.05

Figura 1. Sitio AS2. río Súchil aguas arriba de la estación hidrométrica Vicente Guerrero. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.



Sitio AG1-Río Graceros aguas abajo de la presa de Santa Elena.



Hidrología.

Se analizó la información de la estación hidrométrica del río Graceros, con registros de caudal en régimen natural desde 1961 hasta 1967.

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que se trata de un río temporal, permaneciendo más de la mitad del año sin caudales circulantes. El periodo de caudales se restringe a los meses de julio a octubre, alargándose más este periodo hasta los 9 meses según la climatología del año.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río Graceros.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,05	0,00	0,00
NATURALSECO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	1,48	0,31	0,00	0,00
NATURALMEDIO	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	5,52	2,32	0,90	0,01	0,01
NATURALHUMEDO	0,06	0,03	0,02	0,02	0,00	0,02	0,33	6,48	5,21	1,56	0,12	0,05
NATURALMUYHUMEDO	0,11	0,04	0,03	0,03	0,02	0,08	0,98	8,28	6,93	1,98	0,21	0,12

Propuesta de caudal ecológico

Se realizó el análisis hidrológico considerando que los datos más representativos para cubrir las necesidades de los indicadores biológicos correspondían a los valores del percentil 10, para el año seco y del percentil 50 para el año húmedo. La propuesta se presenta en la **tabla 2**, observando en la gráfica de la **figura 1** supone una reducción importante respecto al caudal natural.

Tabla 2. Propuesta de caudal ecológico para el sitio G1, del río Graceros aguas debajo de la presa de Santa Elena. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMEDIO	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	5,52	2,32	0,90	0,01	0,01
Q _{ECOL} SECO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,23	0,00	0,00	0,00
Q _{ECOL} HUMEDO	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	5,87	2,95	0,03	0,03	0,03

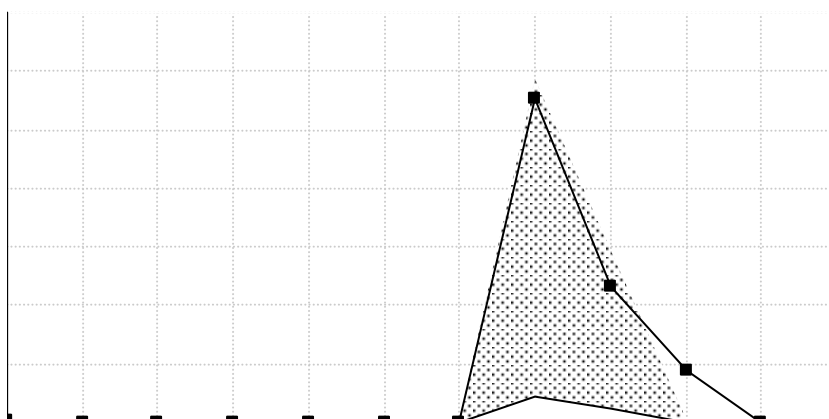


Figura 1. Sitio G1, del río Graceros aguas abajo de la presa de Santa Elena. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

Sitio SP2, El Mezquital.



Localización.

El sitio SP2, El Mezquital, se ubicó en el río Mezquital, aguas debajo de la laguna de oxidación de aguas residuales del poblado el Mezquital.

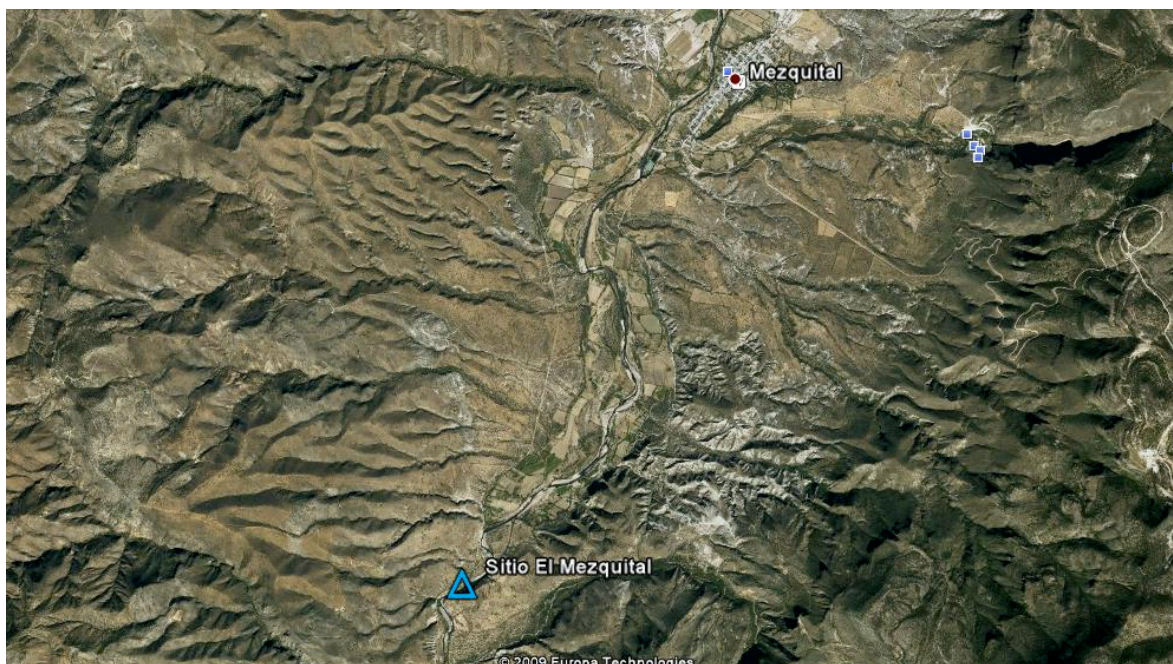


Figura 1. Ubicación del sitio SP2, El Mezquital. Google Earth

Sus coordenadas geográficas son 23 25.260' Latitud Norte, 104 25.604' Longitud Oeste, con una altitud de 1,377 m.

Geomorfología

Tramo moderadamente confinado, terreno angosto inundable, a menudo en un solo lado del canal (localizado), terraza del lecho encajonado en el canal.

El lecho pluvial es plano con pasos de rocas, predominando rápidos de cantos rodados pequeños y mediano.

Hidrología.

Se cuenta con información hidrométrica de la estación El Mezquital, con registros de 1983 a 1989.

Se analizaron las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**Tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos se extendía de los meses de marzo a mayo, alcanzando valores mínimos siempre superiores a $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$. A partir del mes de junio, comenzaba el periodo de lluvias que daba lugar a diferentes eventos de crecida.

Posteriormente a partir de octubre comenzaba la recesión de los caudales, para entrar de nuevo en marzo en el periodo de los caudales muy bajos o de estiaje.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río Mezquital.

	CARACTERÍSTICAS EN REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURALMUYSECO	1.97	1.76	1.01	0.70	0.44	0.86	3.10	3.83	3.82	1.81	1.95	2.20
NATURALSECO	2.26	2.19	1.28	0.84	0.66	1.30	3.44	4.89	6.02	2.44	2.18	2.30
NATURALMEDIO	2.55	2.63	1.64	1.00	0.90	1.73	6.08	8.52	11.84	5.74	2.55	2.77
NATURALHUMEDO	3.47	3.56	1.93	1.55	1.39	2.95	19.90	37.33	38.52	17.88	3.89	3.25
NATURALMUY HUMEDO	61.35	8.07	4.29	1.94	2.07	3.66	49.52	111.74	132.03	57.60	7.84	4.74

Hidráulica.

En la **figura 2**, se muestra la sección transversal del sitio SP2, el Mezquital. Los niveles máximos alcanzan una elevación de 2.82 m y una distancia de 85.9 m a través del canal.

A una velocidad promedio del agua de 0.9 m/s, se alcanza una profundidad de 0.63 m y una distancia a través del canal de 42.5 m, lo que representa un gasto total de 14.8 m³/s.

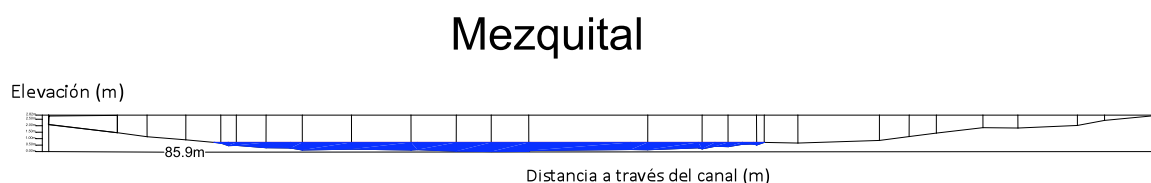


Figura 2. Sección transversal del sitio SP2, El Mezquital.

Vegetación

En el extremo más cercano a la ladera del cauce se registra un bosque homogéneo constituido de *Taxodium mucronatum*, *Salix bonplandiana* en el estrato arbóreo, en un estrato medio a *Prosopis glandulosa* y *Celtis pallida* y un estrato arbustivo constituido de *Baccharis salicifolia* y un importante número individuos en regeneración de las especies arbóreas dominantes. En el otro extremo del cauce siendo un sitio más abierto no se identificaron especies arbóreas, solamente se registraron importantes colonias de *Baccharis salicifolia* formando franjas densas paralelas al cauce del río, como un aspecto relevante fue la presencia de lirio acuático *Eichhornia crassipes*, bordeando el área de ribera, como se muestra en la **figura 3**.

La vegetación aledaña se compone de sauce, jarilla, compuestas, nopales, con ligera perturbación. En cuanto a la vegetación acuática se observó escaso lirio acuático que no invade el cauce.

MEZQUITAL

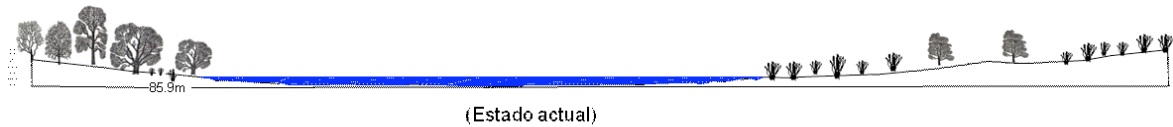


Figura 3. Perfil de transecto ilustrando el estado actual del bosque de ribera del sitio SP2, El Mezquital

Insectos acuáticos

La diversidad biológica de los insectos acuáticos fue abundante y dominancia de elementos de la familia *beliidae*, buena calidad del agua, con valores muy cercanos a una muy buena calidad del agua, indicativo de una posible degradación del ambiente, atribuible a actividades humanas, agricultura, deforestación, vertido de desechos, etc. (tabla 2)

Tabla 2. Especies de insectos acuáticos encontrados en el sitio SP2, el Mezquital.

Orden	Familia	Especie	Número de ejemplares y mes de colecta			
			A	M	J	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>	7		37	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes sp.</i>			1	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis sp.</i>	1			
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidium sp.</i>	1		3	
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes sp.</i>			8	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Paraleptophlebia sp.</i>	1			
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp.</i>	1		1	
Ephemeroptera	Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	21		27	
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus compositus</i> Hagen	2			
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Abedus sp.</i>			4	
Hemiptera	Naucoridae	<i>Ambrysus sp.</i>	12		2	
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis sp.</i>	1		4	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche sp.</i>	2			
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	5		15	
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	2		29	
Coleoptera	Dryopidae	<i>Helichus sp.</i>	1			
Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis sp.</i>	3			
Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis sp.</i>	1			
Coleoptera	Elmidae	<i>Microcyloepus sp.</i>	2		1	
Coleoptera	Elmidae	<i>Neocyloepus sp.</i>	3			
Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis sp.</i>	13			
Diptera	Chironomidae	ND			17	
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	45		25	

Peces.

Se encontró una especie nativa, el El 90% de la muestra colectada corresponde a individuos de especies exóticas, lo que representa un buen indicador de conservación ambiental (tabla 3).

Se puede calificar con categoría de *Excelente* ya que se registró el segundo valor más grande de diversidad compuesta por ocho especies, de las cuales sólo dos fueron nativas, y una de ellas el matalote del Bravo *Catostomus "plebius"* registro la mayor abundancia de todos los sitios de muestreo, situación que coloca al sitio Río Mezquital como *Excelente*, ya que los catostómidos son indicadores de buenas condiciones ambientales, sin embargo, la evaluación del resto de las métricas, como la escasa presencia y abundancia de peces nativos (sólo *Gambusia cf. longispinis* con una abundancia apenas de 7 individuos) y el registro de seis especies exóticas, podrían colocar al río Mezquital de regular a pobre. Un aspecto que es importante señalar y que puede afectar la asignación de categoría del IIB al río Mezquital, es que sólo se realizaron dos de tres muestreos propuestos, y dichos muestreos no fueron exactamente en el mismo sitio.

La presencia de especies indicadoras del estado de salud del ambiente, como fue el caso del matalote *Catostomus "plebius"*, se sugiere revalorar el intervalo de tolerancia a alteraciones ambientales de esta especie, ya que se encuentra como **sensible** a la presencia de nitratos, fosfatos y turbidez.

Tabla 3. Riqueza específica de peces, abundancia por especie en el Sitio SP2, El Mezquital.

ESPECIE	NO. INDS.	NATIVA / EXÓTICA	MUESTREO
<i>Oreochromis aureus</i>	2 2	E	Ago-2008 Jun-2009
<i>Micropterus dolomieu</i>	3	E	Ago-2009
<i>Carassius auratus</i>	4	E	Ago-2008
<i>Catostomus "plebius"</i>	83	N	Jun-2009
<i>Cyprinus carpio</i>	1	E	Ago-2008
<i>Ictalurus sp (punctatus)</i>	7	E	Ago-2008
<i>Gambusia cf. longispinis</i>	7	N	Ago-2008
<i>Micropterus salmoides</i>	12	E	Jun-2009

Estado de conservación

El resumen del estado de conservación del hábitat físico y calidad del agua con base en las observaciones y análisis de los especialistas se muestra en la **tabla 4**.

Tabla 4. Clasificación del estado de conservación en el sitio Tres Molinos. WWF-FGRA, noviembre de 2008.

	Geomorfología	Vegetación	Peces	Insectos	Calidad del agua
Clasificación	B	B	C	B-C	C

A: Bien conservado; B: Poco perturbado; C: Medianamente perturbado; D: Muy perturbado

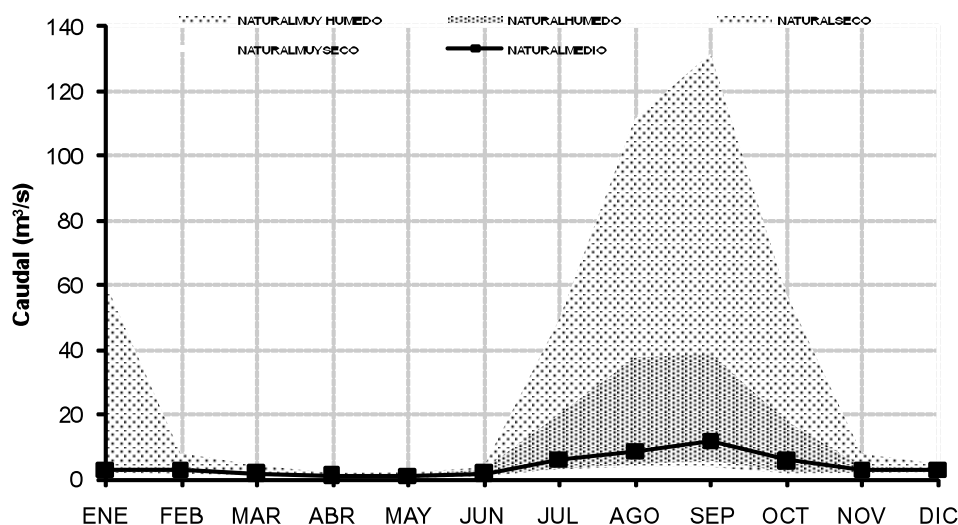
Propuesta de caudal ecológico

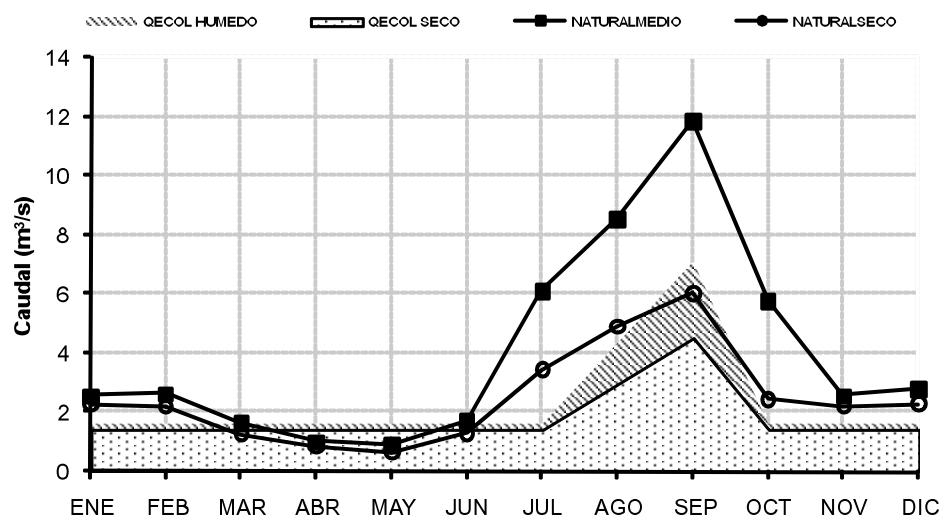
Tomando como base el estado de conservación actual, que en promedio para el sitio SP2, el Mezquital, se clasificó como “C” medianamente perturbado y que la presión por el uso del agua en la zona no es muy alta, se realizó la propuesta de caudal ecológico con el análisis de la serie hidrológica considerando los valores correspondientes a los percentiles 10 para el año seco y 16 para el año húmedo, lo que representa valores promedio naturales correspondientes a años de secos a muy secos (**tabla 5**), como se puede apreciar en la **figura 4**.

Tabla 5. Propuesta de caudal ecológico para el sitio SP2, el Mezquital. WWF-FGRA, Noviembre de 2008.

		PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NATURAL MEDIO		2.55	2.63	1.64	1.00	0.90	1.73	6.08	8.52	11.84	5.74	2.55	2.77	47.94
Q _{ECOL} SECO		1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	2.96	4.50	1.42	1.42	1.42	21.66
Q _{ECOL} HUMEDO		1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	4.36	7.10	1.62	1.62	1.62	27.66

Figura 4. Sitio SP2, el Mezquital, caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico





Implicación para los usos del agua en la cuenca

La aplicación del caudal ecológico en la cuenca no tendrá implicaciones para los usos del agua que actualmente se realizan en la misma, ya que las condiciones que prevalecen permiten que se mantenga el flujo propuesto sin afectar los derechos de agua actuales.

Criterios de manejo preliminares de calidad

Es necesario implementar una serie de acciones para regular las fuentes de contaminación por aguas residuales municipales, que permitan garantizar el cumplimiento del ciclo de vida de insectos, peces y vegetación nativa.

Controlar la siembra de especies de peces exóticas en las cuencas de aguas arriba.

Propuesta de monitoreo de Criterios de Calidad.

Se continuará con el estudio de la situación de las especies de la zona, en particular peces e insectos y calidad del agua, realizando muestreos en temporada de estiaje y lluvias lo que permitirá ampliar el conocimiento de los ecosistemas y los procesos biológicos de la zona.

Sitio SP3-Río San Pedro en la desembocadura. Marismas Nacionales, Nayarit

Hidrología.

Se analizó la información de la estación hidrométrica de San Pedro, con registros en régimen natural desde 1944 hasta 1974 donde se observan los efectos de la detención de aguas en los caudales mínimos (comienzan a aparecer periodos donde no circulan caudales, se seca el río).

Analizando las características típicas del régimen hidrológico natural para años muy secos, secos, húmedos y muy húmedos (**tabla 1**), se observa que el periodo de caudales muy bajos se extendía de los meses de noviembre hasta mayo o junio, con caudales por lo general superiores a 1 m³/s. En la época de lluvias (agosto y septiembre) los caudales siempre superaban los 100 m³/s, en años húmedos los valores medios mensuales de septiembre inclusive estaban por encima de 400 m³/s.

Tabla 1. Características del régimen hidrológico natural en el río San Pedro.

	CARACTERÍSTICAS DEL REGIMEN HIDROLOGICO NATURAL											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURAL MUY SECO	5.29	4.09	2.83	1.39	0.98	3.88	75.16	120.74	145.04	42.39	10.41	6.47
NATURAL SECO	8.26	5.26	3.14	1.80	1.24	10.22	126.97	176.04	197.32	70.53	12.46	8.97
NATURAL MEDIO	14.96	7.86	3.92	2.57	1.83	29.48	172.93	226.62	247.79	112.30	18.09	12.01
NATURAL HUMEDO	36.74	17.79	7.61	3.89	2.95	40.63	205.97	332.37	421.39	191.40	31.15	41.37
NATURAL MUY HUMEDO	50.98	37.05	19.13	4.74	4.53	57.39	251.65	386.89	475.26	222.22	62.22	61.42

Propuesta de caudal ecológico

Se realizó el análisis hidrológico considerando que los datos más representativos para cubrir las necesidades de los indicadores biológicos correspondían a los valores del percentil 10 para el año seco, y del percentil 50 para el año húmedo. La propuesta se presenta en la **tabla 2**, observando en la gráfica de la **figura 1** que el caudal ecológico para años secos representa una porción inferior respecto al caudal natural.

Tabla 2. Propuesta de caudal ecológico para el sitio SP3, del río San Pedro en desembocadura. WWF-FGRA, Abril de 2009.

	PROPUESTA DE CAUDALES AMBIENTALES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NATURAL MEDIO	14.96	7.86	3.92	2.57	1.83	29.48	172.93	226.62	247.79	112.30	18.09	12.01
QEcol SECO	5.29	4.09	2.83	1.39	0.98	3.88	75.16	120.74	145.04	42.39	10.41	6.47
QEcol HUMEDO	14.96	7.86	3.92	2.57	1.83	29.48	172.93	226.62	247.79	112.30	18.09	12.01

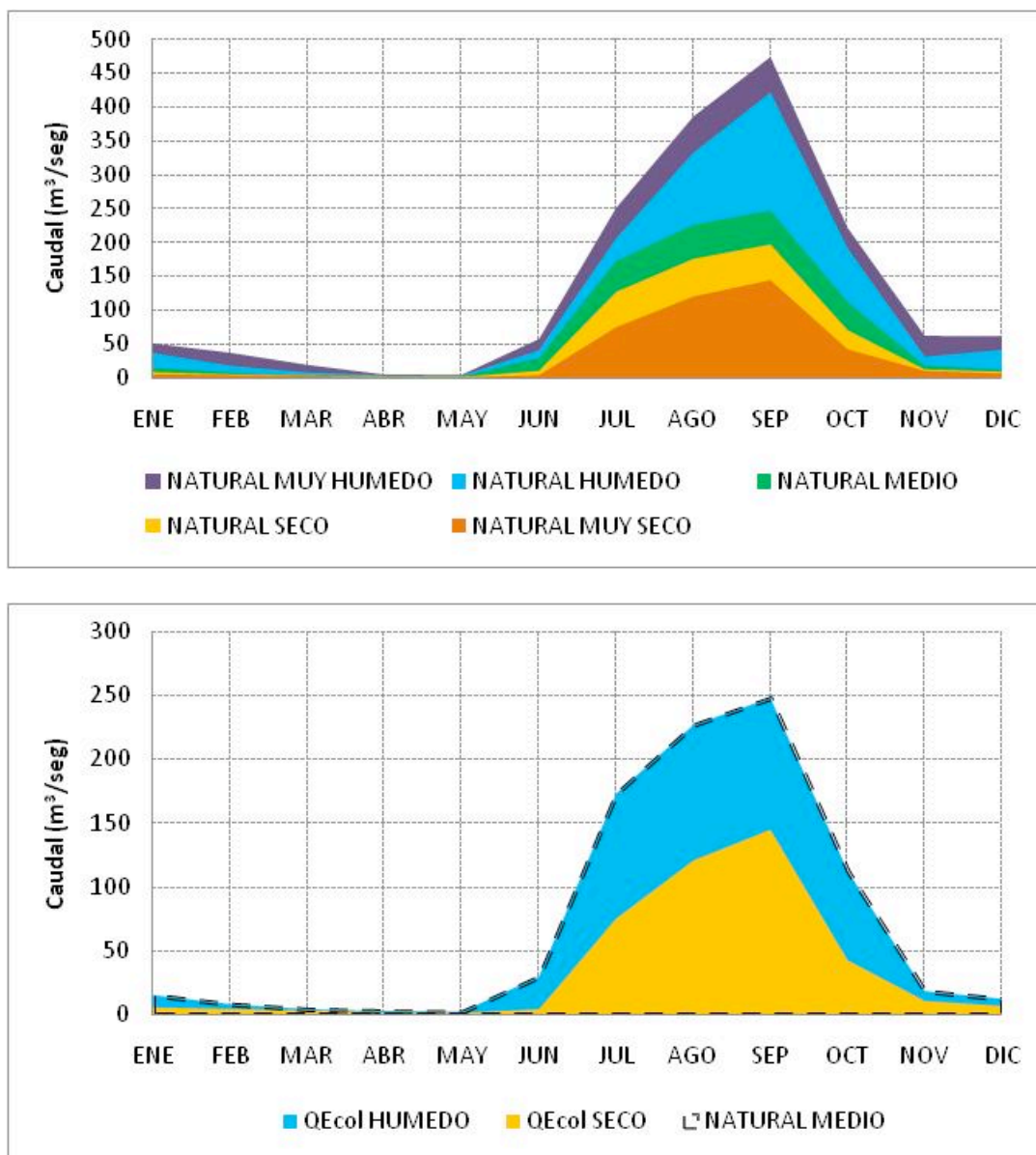
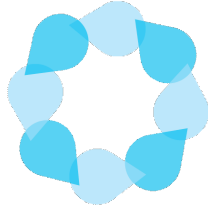


Figura 1. Sitio SP3, del río San Pedro en desembocadura, caudal natural comparado con la propuesta de caudal ecológico.

ANEXO 3



F U N D A C I O N
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

CAUDALES ECOLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SAN PEDRO-MEZQUITAL Y SU CONSIDERACIÓN EN EL ESTUDIO DE DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES

Ajuste de la disponibilidad por cuenca

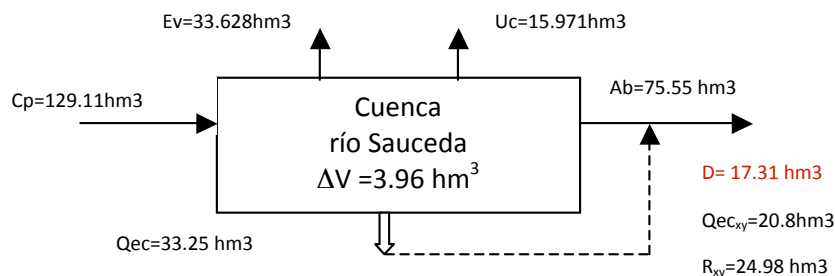
Cuenca La Saucedá

Las corrientes que conforman la cuenca la Saucedá son: el río la Saucedá que se une con el río Canatlán y aguas abajo vierten sus aguas a la presa Caboraca, para aprovecharse en el riego de 2,660 ha, de terrenos inmediatos al poblado de Canatlán y situados en ambas márgenes del río; el arroyo el mimbres, que originalmente era la principal fuente de aportación a la presa San Bartolo -actualmente ésta presa es alimentada por el agua de la presa Caboraca a través de un canal-; y el arroyo el carpintero que junto con el río la Saucedá (aguas abajo) son las principales corrientes que abastecen a la presa Peña del Águila (figura A2-1).

Para ajustar la disponibilidad incluyendo el caudal ecológico en la cuenca del río la Saucedá, se consideraron los sitios S1, aguas arriba de la presa Caboraca y S2, Santa Lucía, en los cuales se definieron valores con base en el análisis de la evolución hidrológica, condiciones hidráulicas y de conservación ambiental y el estado de conservación al que se pretende llevar el tramo, como se detalla en las fichas correspondientes del **Anexo 2**.

Para que los valores de caudal ecológico fueran representativos en toda la cuenca, se consideró necesario integrar un sitio adicional, AS1 -la Saucedá, aguas abajo-, el cual fue definido con base en el análisis hidrológico de la presa Peña del Águila y considerando un estado de conservación similar al evaluado en el sitio AS2.

El balance para el cálculo de la disponibilidad en la cuenca, se realizó tomando como base los datos del estudio de disponibilidad de la cuenca San Pedro-mezquital, específicamente, volumen medio anual de escurrimiento natural (C_p), evaporación (E_v), uso consuntivo (U_c), volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba (A_r) y volumen anual actual comprometido aguas abajo (R_{xy}).



Se considera el valor de Q_{ec} por ser mayor que el de $Q_{ec_{xy}}$ para el cálculo de la disponibilidad.

$$D_c = A_{bc} - (R_{xy} + Q_{ec_{xy}}) = 75.55 - 24.98 - 0 - 33.25 = 17.31 \text{ hm}^3$$

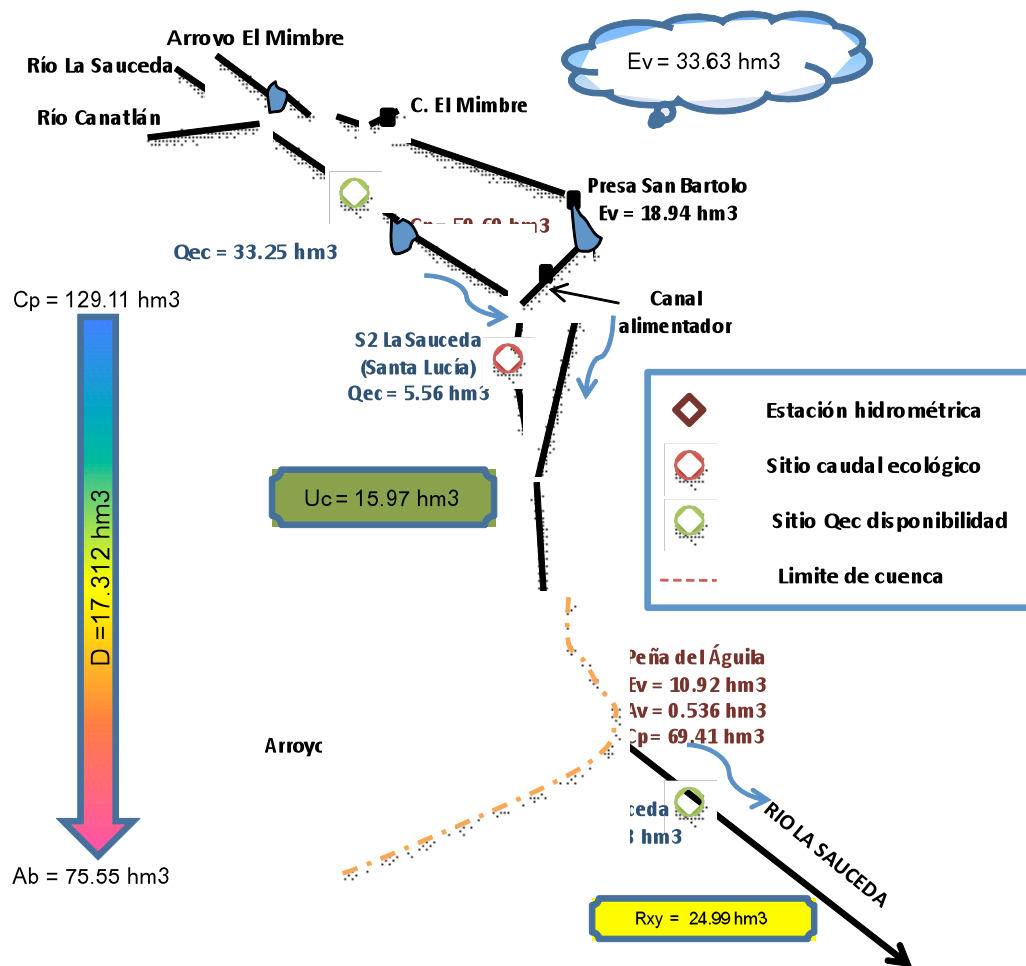
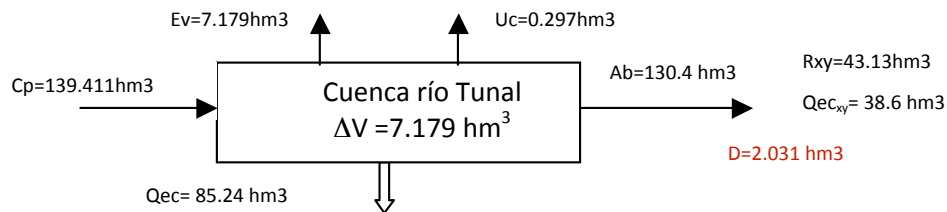


Figura A2-1.- Esquema de la evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales en la cuenca la Sauceda.

Cuenca Río Tunal

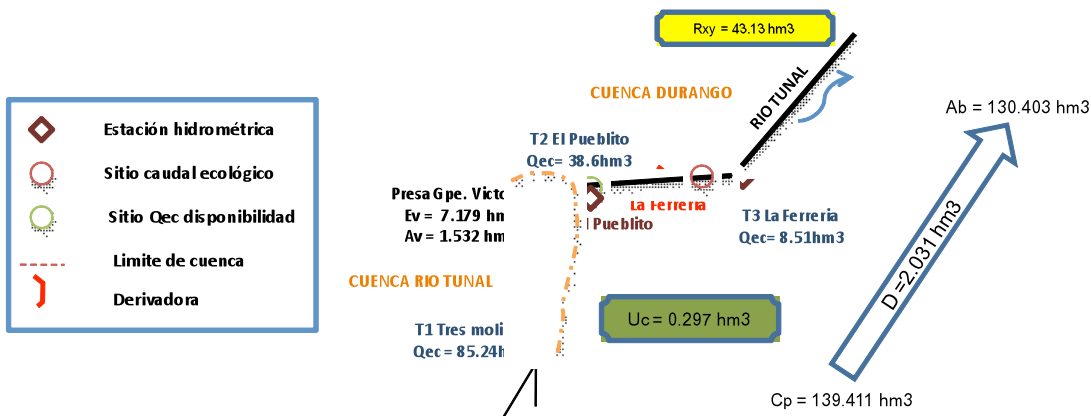
La cuenca río Tunal nace aguas arriba de la Presa Guadalupe Victoria, con la intersección de los ríos Chico y Bayas.

Se definió el valor de caudal ecológico para un sitio ubicado aguas arriba de la presa sobre el río Tunal, el cual continúa su curso en la cuenca Durango, aguas debajo de la presa se ubicó otro sitio de caudal ecológico. Por lo tanto el valor considerado para el cálculo de la disponibilidad es el del sitio ubicado aguas arriba de la presa, que sería el más limitante.



Para el cálculo de la disponibilidad se considera el valor de Q_{ec} por ser mayor que $Q_{ec_{xy}}$

$$D_D = Ab - R_{xy} - Q_{ec} = 130.403 - 43.13 - 85.24 = 2.031 \text{ hm}^3$$



La cuenca del Río Santiago Bayacora comprende desde su nacimiento aguas arriba de la Presa hasta su confluencia con el río Durango.

Diagrama de flujo de la Cuenca río Santiago Bayacora:

- Entrada lateral izquierda: $C_p = 83.4 \text{ hm}^3$
- Salida superior izquierda: $E_v = 7.132 \text{ hm}^3$
- Salida superior central: $U_c = 23.834 \text{ hm}^3$
- Salida lateral derecha: $A_b = 52.456 \text{ hm}^3$
- Salida inferior central: $Q_{ec} = 8.73 \text{ hm}^3$
- Salida inferior derecha: $R_{xy} = 17.35 \text{ hm}^3$
- Salida inferior derecha (rojo): $D_\epsilon = 26.38 \text{ hn}$
- Salida inferior derecha (rojo): $Q_{ecxy} = 8.73 \text{ hm}^3$
- Etiqueta central: Cuenca río Santiago Bayacora
- Etiqueta central: $\Delta V = -0.022 \text{ hm}^3$

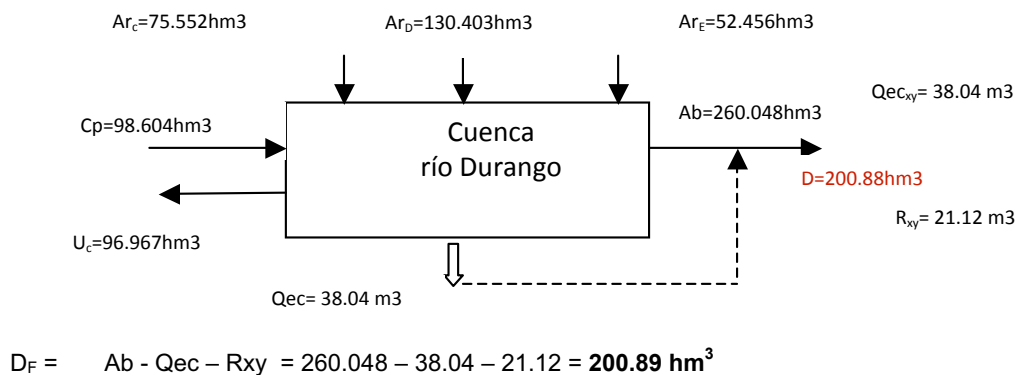
Diagrama de la cuenca hidrográfica de la Presa Stgo. Bayacora. El diagrama muestra la cuenca de drenaje con una gran flecha rosa y azul que indica el flujo principal. Se detallan volúmenes de agua en hm³: $A_b = 52.456$, $D = 26.38$, $C_p = 83.4$, $U_c = 23.834$, $E_v = 7.132$, $A_v = -0.022$, $R_{xy} = 17.35$, $Q_{ec} = 8.73$, y $Q_{ecxy} = 8.73$. Se identifican la Presa Stgo. Bayacora, la Estación hidrométrica de Santiago Bayacora, y el Canal 1/Canal 2. Se incluyen también los límites de la cuenca y derivadoras.

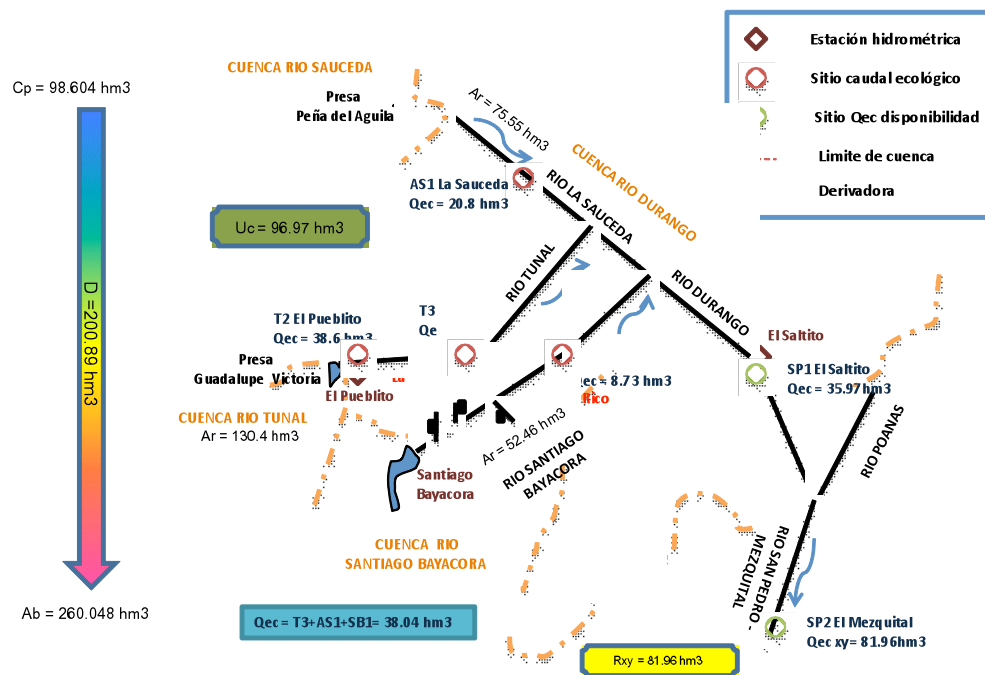
Cuenca Río Durango

La cuenca del río Durango recibe las aportaciones de los ríos la Saucedá, aguas abajo de la presa Peña del Águila, el Tunal, aguas abajo de la presa Guadalupe Victoria y Santiago Bayacora en la confluencia con la corriente del río Durango.

Para la determinación del caudal ecológico se ubicaron 2 sitios en la corriente del río Tunal, el Pueblito (T2), aguas abajo de la Presa Guadalupe Victoria y la Ferrería (T3), aguas abajo de la presa derivadora en la zona de riego del módulo III del DR 052; en la corriente del río Santiago Bayacora, se ubicó el sitio SB1, en la estación hidrométrica Refugio Salcido, aguas abajo de la presa Santiago Bayacora; y en la corriente del río Durango, el sitio SP1, en la estación hidrométrica el Saltito.

Para el análisis de disponibilidad se sumaron los valores de caudal ecológico establecidos para los sitios la Ferrería, la Saucedá y Santiago Bayacora, que en conjunto deben aportar el caudal ecológico para el sitio el Saltito, ya que es punto de salida de la cuenca.

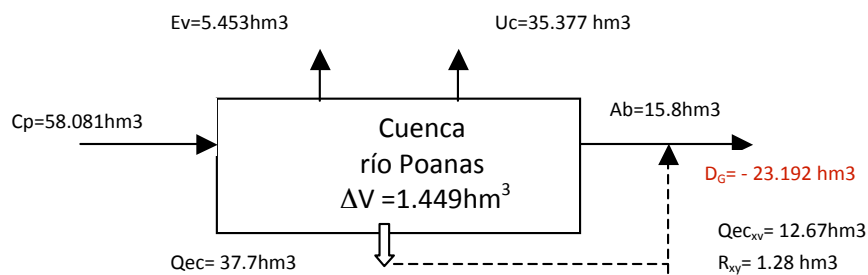




Cuenca Río Poanas

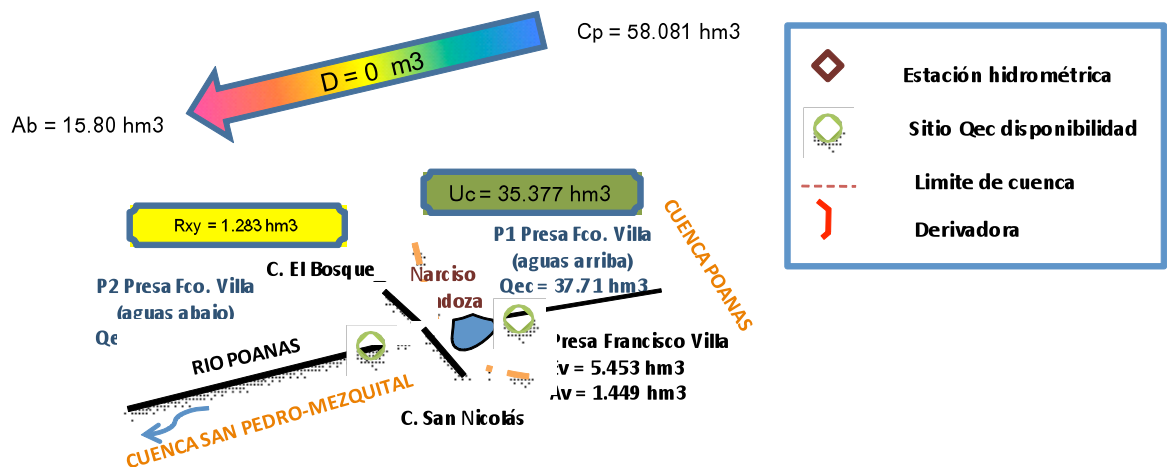
La cuenca del río Poanas comprende desde su nacimiento hasta la presa Francisco Villa. Aguas arriba de la presa se ubicó el sitio para la determinación de caudal ecológico sobre el cauce del arroyo río caliente, aguas debajo de la presa se tiene otro sitio con valores de caudal ecológico que en este caso sería el volumen comprometido.

Como el valor de caudal ecológico del sitio P1 es mayor es el que se utiliza en el cálculo de disponibilidad.



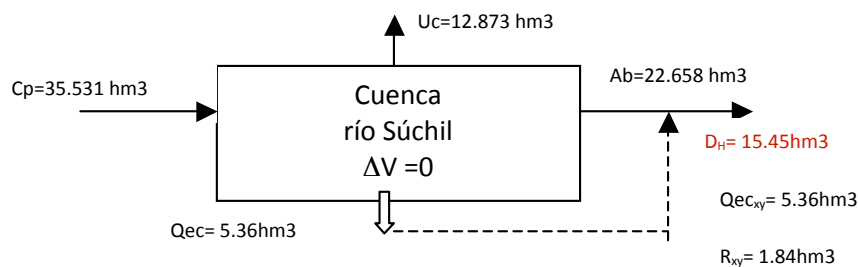
Para el cálculo de la disponibilidad se considera el valor de Qec por ser mayor que el de Qec_{xy}

$$D_G = A_b - Q_{ec} - R_{xy} = 15.8 - 37.7 - 1.28 = -23.18$$

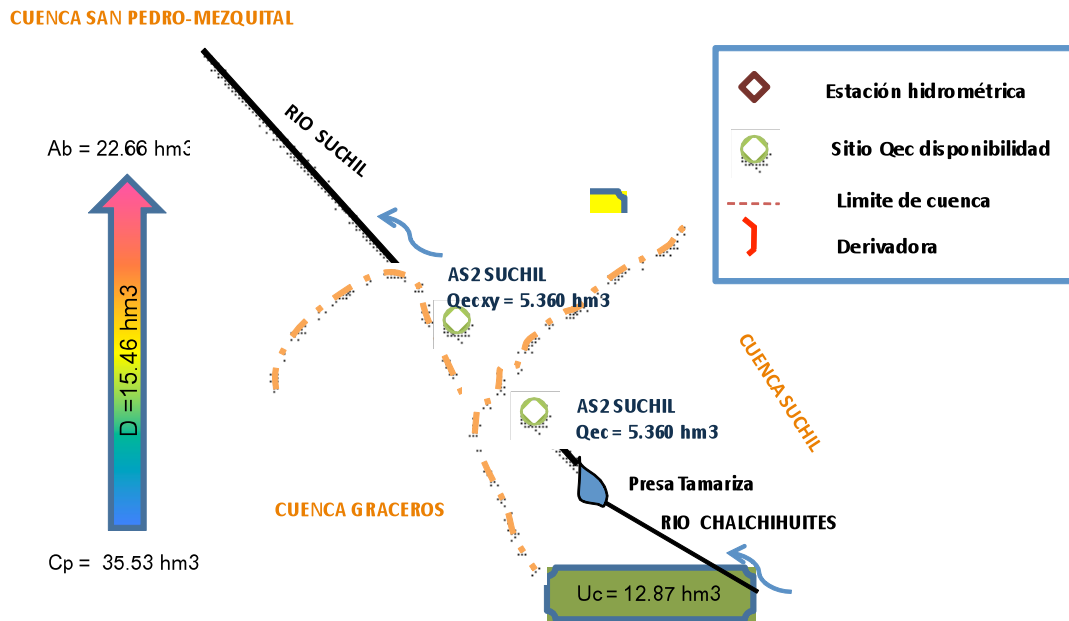


Cuenca Río Súchil

Para evaluar la disponibilidad en la cuenca del Río Súchil se fijo un valor de caudal ecológico determinado para el sitio AS2, por medio del análisis hidrológico de la estación Vicente Guerrero, en el cual se consideró el mismo valor como comprometido aguas abajo en la cuenca San Pedro-Mezquital

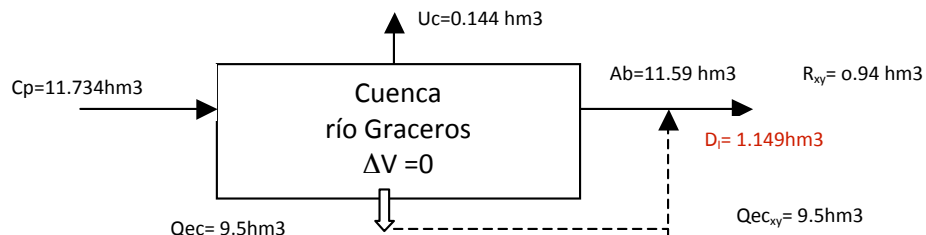


$$D_H = Ab_H - R_{xy} - Qec = 22.66 - 1.84 - 5.36 = 15.46 \text{ hm}^3$$

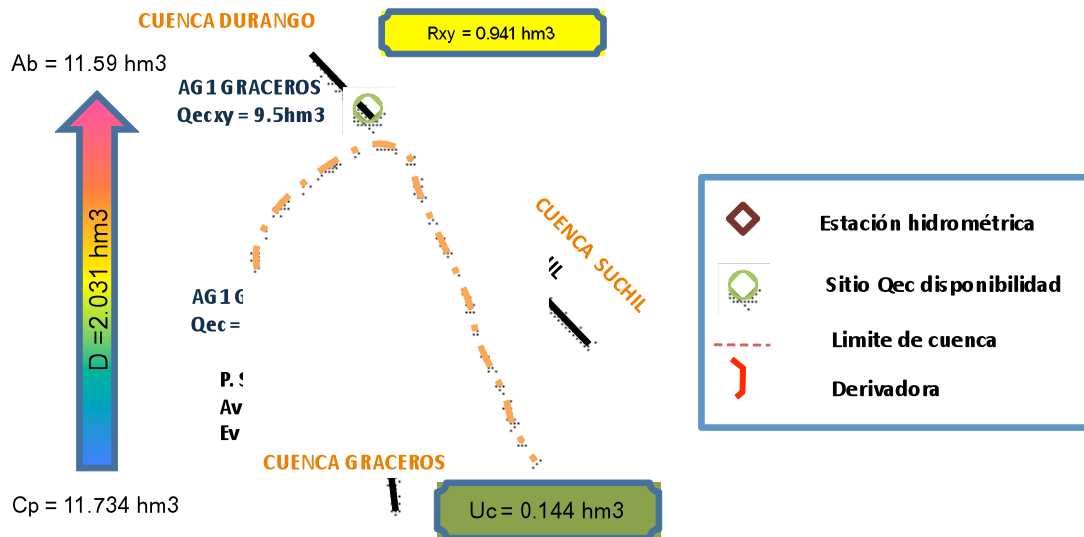


Cuenca Río Graceros

Para evaluar la disponibilidad en la cuenca del Río Graceros se consideró un valor de caudal ecológico determinado para el sitio AG1, por medio del análisis hidrológico de la estación hidrológica Graceros, fijando el mismo valor para el comprometido aguas abajo en la corriente del río Graceros en la cuenca San Pedro-Mezquital.



$$D_I = Ab_I - R_{xy} - Q_{ec} = 11.590 - 0.94 - 9.5 = 1.149 \text{ hm}^3$$

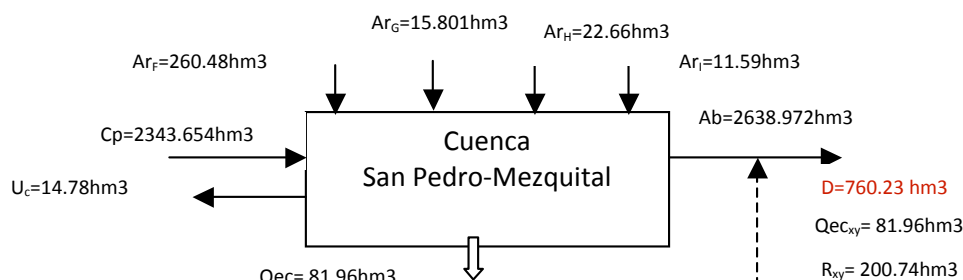


Cuenca San Pedro-Mezquital (J)

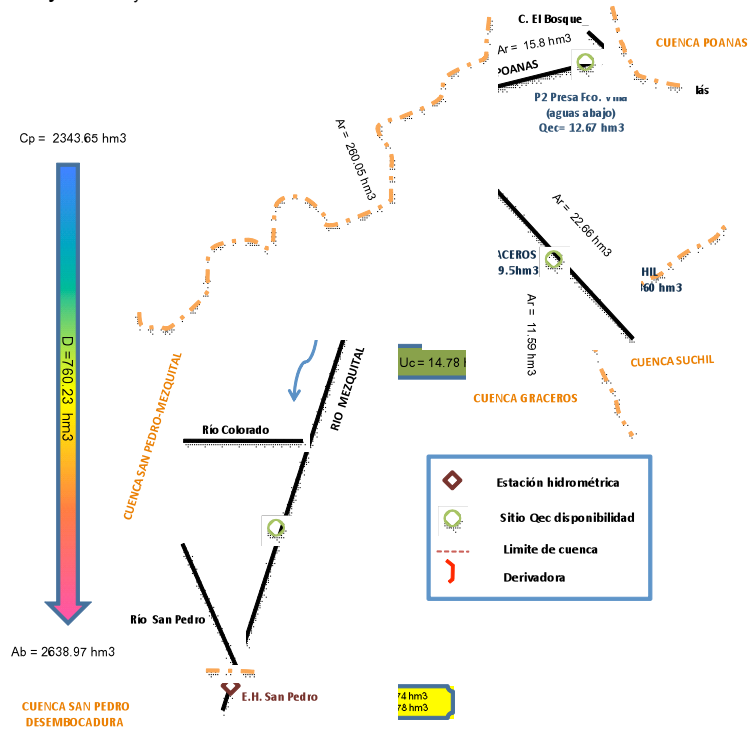
La cuenca San Pedro Mezquital recibe aportaciones de las cuencas Graceros, Suchil, Poanas y Durango y de los ríos Dolores, Colorado y San Pedro.

Se ubicaron 2 sitios en la cuenca para la determinación de caudal ecológico con base a indicadores biológicos y análisis de la hidrología, uno aguas abajo de la presa Francisco Villa (P2), en la corriente del río Poanas y otro en la corriente del río San Pedro-Mezquital (SP2), aguas abajo de la localidad del Mezquital.

Se considerando que el valor determinante para el análisis de la disponibilidad es el fijado para el sitio SP2, ya que concentra la suma de los valores de P2, SP2, AG1 y AS2, y escurrimientos de la cuenca.



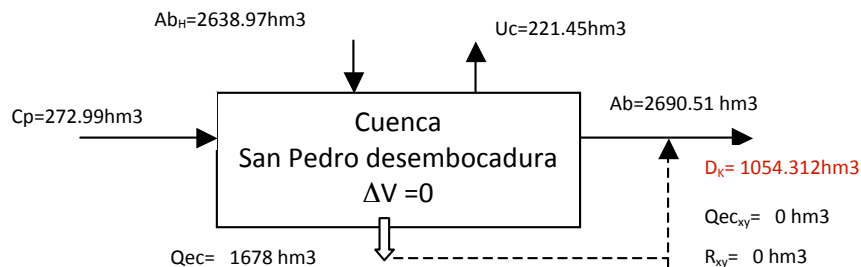
$$D_J = Ab_J - R_{xy} - Q_{ec_{xy}} = 2638.97 - 200.74 - 1678 = 760.23 \text{ hm}^3$$



Cuenca San Pedro-desembocadura

La cuenca San Pedro-desembocadura recibe las aportaciones de la cuenca San Pedro-Mezquital.

Se fijo un valor de caudal ecológico para la determinación de la disponibilidad en la cuenca, en el sitio SP3 ubicado en Marismas Nacionales, con base a un análisis hidrológico.



$$Ab_k = Cp_k + Ar_J - (Ev + Uc + \Delta V) = 272.99 + 2638.97 - 221.45 = 2690.51 \text{ hm}^3$$

$$D_k = Ab_k - Q_{ec} = 2690.51 - 1678 = 1012.51 \text{ hm}^3$$

