



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS

**Estudio integrado para el manejo de moluscos acuáticos
exóticos en la microcuenca del Río Jalpan**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Gestión integrada de Cuencas

Presenta:

Omar Yair Durán Rodríguez

Dirigido por:

Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón

Codirigido por:

M. en C. Ulises Torres García

Querétaro, Qro., México

Octubre 2018



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

Estudio integrado para el manejo de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

Omar Yair Durán Rodríguez

Dirigido por:

Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón

Codirigido por:

M. en C. Ulises Torres García

Dr. Juan Pablo Ramírez Herrejón
Presidente

M. en C. Ulises Torres García
Secretario

Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero
Vocal

Dr. Raúl Francisco Pineda López
Suplente

M. en GIC. José Carlos Dorantes Castro
Suplente

Dra. Juana Elizabeth Elton Puente
Directora de la Facultad de Ciencias Naturales

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Resumen

Dentro de las actividades de manejo de los recursos hídricos en las cuencas, una acción que ha estado estrechamente ligada al embalsamiento de los cursos de agua mediante represas es la introducción de especies invasoras. Estas introducciones de especies pueden derivar en una invasión biológica, que pone en riesgo los sistemas de soporte de la cuenca que son el sustento de los bienes y servicios que esta provee. Dentro de la microcuenca del Río Jalpan, localizada en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, se encuentran ampliamente distribuidas las especies de moluscos acuáticos invasores *Melanooides tuberculata* (caracol trompetero malayo) y *Corbicula fluminea* (almeja asiática), por lo que el propósito del presente estudio es plantear las bases para el manejo local de estas especies en el río principal de la microcuenca del Río Jalpan, considerando como directrices el mantenimiento de ecosistemas saludables y de las funciones de la cuenca. Para ello se describe la abundancia y distribución del caracol trompetero y de la almeja asiática y su relación con las condiciones ambientales dentro el río principal en el contexto de la propia microcuenca; se analizan las perspectivas, problemáticas y potencialidades de las especies en la región; y, se establecen acciones de manejo prioritarias para mitigar el proceso de invasión de estas especies, así como fomentar el bienestar ambiental y social a través de estrategias que busquen controlar las poblaciones de estas especies y generar incentivos económicos. Los impactos por las actividades humanas dentro de la microcuenca se centran en la zona baja, y es en esta parte de la cuenca donde se encuentran ampliamente distribuidas la almeja asiática y el caracol trompetero; sin embargo, los efectos puntuales de degradación como la descarga de aguas residuales y la actividad agrícola a los márgenes del cauce propician condiciones ambientales adecuadas para estas especies, facilitando su establecimiento en tramos puntuales del río. Algunas actividades productivas de la zona baja de la microcuenca se han visto afectadas por la presencia de estas especies, tal es el caso del dragado del río para la extracción de material para la construcción, el mantenimiento de los canales de riego, y la obstrucción de una bomba de riego de

un agricultor en la presa Jalpan. Adicionalmente, el único uso que presenta la almeja asiática en particular, es para consumo humano. Por esta razón, algunas de las acciones que se plantean para el manejo de los moluscos acuáticos invasores son fomentar el uso de la almeja asiática como alimento, y para ambas especies se plantea elaborar productos confeccionados con calcio de conchas con destino animal y vegetal, así como artesanías. El presente trabajo permitió realizar una aproximación hacia el entendimiento de las especies acuáticas invasoras como un problema de cuenca, a través de una visión integrada de los distintos factores que intervienen en este proceso como un instrumento para alcanzar la conservación del patrimonio natural y mantener en funcionamiento los procesos dentro de las cuencas, que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para nuestra vida diaria.

Palabras clave: enfoque de cuencas; desarrollo comunitario; degradación ambiental; manejo de especies invasoras; especies acuáticas invasoras.

Summary

The introduction of aquatic invasive species has been linked to the hydrological resources management in watershed plans due to the embanking of waters. The introduction of exotic species can cause a biological invasion, endangering the watershed goods and services. In Jalpan River micro-watershed, located in the biosphere reserve “Sierra Gorda”, the species *Melanoides tuberculata* (red-rimmed Melania) and *Corbicula fluminea* (Asian clam) are widely distributed. Because of this, the aim of this study is to present the basis for the local management of the aquatic exotic mollusks presents in the main river of the watershed, considering the conservation of healthy ecosystems and the watershed functions such a guidelines. To reach this, the abundance and distribution of both species were analyzed in a relationship with the environmental conditions of the main river in the context of the watershed; the perspective, problems, and potential uses of the species in the region were analyzed; and, it is established priority management actions to mitigate the invasion process of this species, likewise to promote environmental and social well-being through strategies that generate economically incents and control the population of this species. The human impacts and the distribution of the exotics mollusks are mainly located in the low zone of the watershed. However, point-source impacts such as wastewater discharges, agricultural and livestock in the margins of the river create the optimal environmental conditions for the establishment of this species facilitating their invasion. Some human activities in the low zone of the watershed has been affected for the presence of the aquatic exotic mollusks, so is the case with the dredging to obtaining gravel and sand for construction, the maintaining of the channels network for the water distribution, and the obstruction of a water pump for the crop irrigation. Additionally, the current use of the Asian clam is only for human consumption for some families living in the margins of the Jalpan Dam. For this reason, some of the proposed actions for the management of the aquatic exotic mollusks are to enhance the use of the Asian clam such as food and, for both

species, it is proposed to elaborate products made with calcium from shells with animal and vegetable destiny, as well as handicrafts. The present work allows realizing an approximation to the understanding of the aquatic invasive species such as watershed problem, through an integrated vision of the involved factors in the process like an instrument to reach the conservation of natural heritage and to maintain the processes into the watersheds that are the sustenance of the goods and services that we require for our daily life.

Key words: watershed approach; community development; environmental degradation; invasive species management; aquatic invasive species.

Agradecimientos

Primero que nada, quiero agradecer a mis padres y toda mi familia por apoyarme incondicionalmente en mis decisiones, desde el estudiar la carrera de biología y posteriormente en alentarme a realizar la maestría. Gracias por estar para mí siempre que lo necesito y sé que cuento con su apoyo incondicional.

Quiero hacer una mención especial para agradecer a mi compañera de vida. Gracias por todo el amor que me das, por ser un gran motivo y ser el regalo que la vida puso en mi camino. Agradezco que seas tú mi mayor registro de éxitos, que siempre me ha alentado a reconocer mis logros y mis capacidades. Agradezco que seas mi espejo y me ayudes a conocerme y a ser la mejor versión de mí mismo.

Gracias a todas las personas que de alguna u otra manera fueron parte fundamental de este proceso. Gracias a todos los compañeros del laboratorio de integridad biótica, que siempre han estado ahí o que han pasado al menos por un momento. Agradezco a Martin y a la gran mancuerna que hemos podido hacer como compas y como colegas de trabajo, esa es una dinámica de trabajo muy efectiva que la verdad pocas veces he visto. Gracias a Dany, Omarin, Gabo, Karla y Pame por todo su apoyo, sin ellos este proyecto no se hubiese cumplido en el tiempo y forma con la que se consiguió. Agradezco a Erika y todas esas pláticas que fomentaron el enriquecimiento de ese proyecto. Gracias a aquellos que aunque fue corta su participación es valiosa: Mariana, Gaby, Sam, Steph y Ernesto. Agradezco a todos lo anteriormente mencionados por hacer el proceso más ameno y divertido.

Agradezco a mi director y buen amigo JuanPa. El poder trabajar mano a mano con él ha sido un proceso verdaderamente enriquecedor, no solo en el ámbito académico, sino de forma personal y profesional. A pesar de que tal vez no realizó

las revisiones de este escrito como algunos esperarían, siempre nos alentó y orientó a dar el extra y a hacer algo con verdadero impacto. Gracias por compartir siempre tu forma de ver las cosas de manera positiva, en equilibrio y siempre disfrutando el proceso.

Agradezco a los miembros de mi comité sinodal, quienes fueron piezas claves en la realización de este trabajo. Agradezco al buen Ulises por su orientación y guía sobre mi proyecto, que durante la estancia con él salieron cosas interesantes y se obtuvo un avance sustancial del trabajo, y por ser un buen amigo y echar desmadre cuando hacía falta. A Juan Alfredo, porque fue parte fundamental para que este escrito tenga la mayor coherencia posible y por transmitir de forma práctica y efectiva el enfoque de cuencas. A Raúl, porque a pesar de sus múltiples ocupaciones, siempre compartió su sabiduría y gran experiencia, enriqueciendo este trabajo de forma sustancial. A Charly (Dorantes) por sus acertadas y pertinentes observaciones, además de aportes interesantes ya que consideraba una visión diferente del proyecto justamente contribuyendo en esas partes carentes. Gracias a todos por su amistad y por compartir sus experiencias y conocimientos siempre de una forma tan accesible.

Finalmente, pero no menos importante, agradezco a la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas por darme la oportunidad de estudiar mi posgrado y por enriquecer mi visión como profesionista, permitiéndome plantear los proyectos subsecuentes de una forma más integral para la solución de problemáticas socioambientales y aportando mayor valor. Asimismo, agradezco a la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindar las herramientas y las facilidades para realizar mi posgrado y el presente proyecto.

Índice general

Prólogo.....	14
Introducción.....	19
Capítulo 1. La pertinencia del enfoque de cuencas en el manejo de especies acuáticas invasoras.....	24
1.1 La cuenca hidrográfica: el monte, el agua, y su gente	25
1.2 Los ríos como hidro-socio-ecosistemas	27
1.3 La degradación de la cuenca y la facilitación de invasiones biológicas en los hidro-socio-ecosistemas	29
1.4 Especies acuáticas invasoras, ¿Un problema de cuenca?	31
Capítulo 2. El contexto de las especies acuáticas invasoras	36
2.1 Avances recientes en el estudio de las invasiones biológicas en los hidro-socio-ecosistemas.....	36
2.2 Las políticas públicas en torno a las especies acuáticas invasoras en México	38
2.3 Los moluscos dulceacuícolas exóticos en México	48
2.3.1 El caracol trompetero malayo (<i>Melanoides tuberculata</i>).....	50
2.3.2 La almeja asiática (<i>Corbicula fluminea</i>)	52
Capítulo 3. La microcuenca del Río Jalpan.....	55
Capítulo 4. Métodos y herramientas.....	60
4.1 Abundancia y distribución de las especies y su relación con condiciones ambientales.....	61
4.1.1 Muestreo e identificación de organismos.....	61
4.1.2 Análisis de las condiciones ambientales del río principal.....	63

4.1.3 Estimación de la Integridad Biótica	67
4.1.4 Análisis estadísticos.....	69
4.2 Perspectivas, problemáticas y potencialidades.....	71
4.2.1 Sociograma (Mapeo de actores y relaciones).....	71
4.2.2 Entrevistas semiestructuradas	71
4.3 Prioridades de manejo	72
Capítulo 5. Diagnostico integrado para el manejo de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan	74
5.1 Los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan y su relación con condiciones ambientales.....	74
5.2. Perspectivas, problemáticas y potencialidades de los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca.....	89
5.3 Prioridades de manejo de las especies de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan.....	99
Conclusiones generales	109
Literatura citada.....	114
Anexos	132

Índice de cuadros

Cuadro 1. Calificación de la valoración de la calidad ambiental visual.....	66
Cuadro 2. Criterios para la asignación de los puntajes de cada parámetro del Índice de Integridad Biológica basado en ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA).....	69
Cuadro 3. Abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos en el río principal e impactos en la microcuenca del Río Jalpan.....	75
Cuadro 4. Conocimiento tradicional y usos de los moluscos acuáticos exóticos de la microcuenca del Río Jalpan.	93

Índice de figuras

Figura 1. Caracol trompetero malayo (<i>Melanooides tuberculata</i>).....	50
Figura 2. Almeja asiática (<i>Corbicula fluminea</i>).	52
Figura 3. Localización y delimitación del área de estudio. Microcuenca del Río Jalpan, Sierra Gorda, Querétaro.	55
Figura 4. Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Río Jalpan	57
Figura 5. Impactos en la microcuenca del Río Jalpan.....	59
Figura 6. Elementos teórico-prácticos del proyecto.....	60
Figura 7. Ruta crítica del proyecto.....	61
Figura 8. Sitios de muestro de los moluscos acuáticos exóticos y de evaluación ambiental.....	62
Figura 9. Presión de invasión de moluscos acuáticos exóticos y fuentes de degradación en la microcuenca del Río Jalpan.....	77
Figura 10. Análisis de clasificación con base a las abundancias relativas de toda la comunidad de macroinvertebrados	80
Figura 11. Escalamiento multidimensional no paramétrico con base a las abundancias relativas de toda la comunidad de macroinvertebrados presentes en el Río Jalpan	82
Figura 12. Escalamiento multidimensional no paramétrico con base a las abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos presentes en el Río Jalpan en relación a los resultados de los índices ambientales	84

Figura 13. Escalamiento multidimensional no paramétrico con base a las abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos presentes en el Río Jalpan en relación a las variables de los índices ambientales	86
Figura 14. Sociograma de actores involucrados en el proceso de degradación del río y de introducción y manejo de especies exóticas	91
Figura 15. Tetralema de las opiniones y posturas respecto a la situación y el manejo de los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan	96

Prólogo

“La historia del mundo es dinámica y requiere de nuestra capacidad de re-ajustar y re-imaginar para poder verlo con otro ojos”
Latif Nasser, 2016

Este trabajo de tesis más allá de ser un proyecto detallado que busque cualquier totalización sistemática y definitiva de un problema, pretende intentar establecer el principio y la dirección de un camino que posibilite la solución de un conjunto de situaciones que involucran a diversos actores, interviniendo en la dinámica de un territorio desde algunos de sus componentes y funciones. Representa una aproximación por dar un primer paso hacia el manejo y gestión integrada de los recursos naturales de un territorio, en este caso, llamado microcuenca; teniendo en claro que el paradigma de este enfoque es un proceso adaptativo y que a pesar de sus virtudes no es la única forma de plantear soluciones a problemas socioambientales. Tratar de ajustar en su totalidad estas soluciones a un territorio definitivo a fin de cuentas generado como una construcción humana, podría considerarse una tarea de necios. No obstante, ésta es una forma de comprensión y generación de conocimiento que exige una visión holística de los problemas y una aproximación interdisciplinaria e intersectorial, que busca la integración de los diversos actores involucrados en una sola problemática para la adecuada planeación, manejo y gestión.

Por estas razones, tareas como el llevar a cabo una secuencia lógica en el presente escrito y la presentación de los resultados es una labor compleja, por lo que cualquier asignación podría considerarse superflua, teniendo en cuenta el alcance interdisciplinario e intersectorial del trabajo, y aún, sopesando sus limitaciones. El planteamiento del presente proyecto surge desde el interés científico y personal sobre el entendimiento y manejo de las especies acuáticas invasoras como una problemática de cuencas a nivel global, que requiere de una comprensión y manejo desde este enfoque, dado que, como lo menciona Cotler

(2007: 13), “el manejo de cuencas puede entenderse como un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones y medidas dirigidas al control de externalidades negativas, lo cual puede obtenerse mediante el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales con fines productivos, la conservación de los ecosistemas, y el control y prevención de los procesos de degradación ambiental en el contexto de una cuenca hidrográfica como unidad territorial. Asimismo, se busca el mantenimiento de ecosistemas “saludables” capaces de proveer bienes y servicios ambientales que mejoren la calidad de vida de los habitantes”.

La cuenca es un sistema complejo donde interactúan sus elementos generando patrones que interpretamos como una realidad y procesos a través de los cuales se da el funcionamiento de este sistema. Dentro de los sistemas complejos cada uno de sus elementos que lo integran interactúan entre sí dentro de un contexto y cada interacción afecta otra, así como a el contexto mismo y los elementos interactuantes. Por lo tanto, cada elemento tiene una influencia sobre los demás y en los procesos. Las especies acuáticas invasoras son un elemento externo que se integra a este sistema semi-cerrado que es la cuenca, y por lo tanto durante el proceso de incorporación afecta otros componentes y funciones de la misma. En este sentido, no podemos abordar el entendimiento y el manejo de estas especies desde una manera sectorial o aislada.

Dentro de la cuenca hidrográfica, los ríos son el elemento más móvil y el agua es considerada como el eje rector de la misma donde podemos evidenciar casi todas las condiciones y procesos que se han producido en la cuenca. Los ríos son el resultado de las características y dinámica del paisaje que los rodea. La cuenca actúa como un sistema complejo, donde sus componentes interactúan realizando una serie de procesos que se ven afectados por los efectos acumulativos y aditivos de actividades antrópicas como agricultura, ganadería, minería, usos residenciales y comerciales, la introducción de especies, entre otros. De tal forma, todas las actividades humanas que ocurren en la cuenca terminan

por acumularse y evidenciarse en los ríos y otros cuerpos de agua y con ello afectando su dinámica y funcionalidad.

Las cuencas con un manejo inapropiado que oriente hacia la degradación de los ecosistemas son más propensas a las invasiones biológicas que aquellas que se encuentran en condiciones prístinas; ya que estos disturbios generalmente resultan en un reajuste en el espacio (hábitat) y recursos que pueden estar ahora disponibles para nuevas especies (i.e. especies exóticas); es decir, en el ecosistema, se abren nuevas vacantes para especies con mayores capacidades de tolerancia a estresores ambientales y más adaptables al nuevo medio. De forma que el manejo y las actividades dentro de una cuenca, como el cambio de uso de suelo, la actividad agrícola y ganadera, la contaminación, el embalsamiento de sus aguas, entre otras; así como efectos de degradación puntual sobre los cauces como contaminación, descarga de aguas residuales, erosión de las riberas, etc., pueden estar favoreciendo el proceso de invasión de especies acuáticas exóticas, afectando de forma aditiva y acumulada los procesos y elementos dentro de sus cauces y en consecuencia, afectando la cantidad y calidad de bienes y servicios que estos ecosistemas aportan a la población. Inclusive, el nivel o grado de invasión biológica de un cuerpo de agua puede ser un indicador de degradación del ecosistema, incluso a una amplia escala, como lo es la cuenca.

El manejo adecuado y sustentable de los recursos naturales de la cuenca permite un equilibrio entre los modos de producción y el mantenimiento de la estructura y función de este territorio. Prácticas que fomenten el bienestar social y que a su vez eviten o mitiguen procesos como la sobreexplotación de los recursos naturales, la erosión y el transporte excesivo de sedimentos a los cuerpos de agua, la compactación e impermeabilización de los suelos, el aporte excesivo de nutrientes a los cuerpos de agua (eutrofización), así como el manejo adecuado de los desechos humanos y la conservación estructural de los cauces de la cuenca; permitirán que los patrones de este territorio se mantengan lo más cercano al

régimen natural y con esto se reduzcan las probabilidades del establecimiento de especies acuáticas exóticas invasoras que puedan poner en riesgo el bienestar social y ambiental de forma aditiva a los impactos anteriormente mencionados.

Además del manejo indirecto de las especies invasoras a través del mejoramiento de las actividades a nivel de cuenca, el manejo directo sobre las especies acuáticas exóticas es de prioridad para la sustentabilidad y el mantenimiento de cuencas saludables; ya que son consideradas como una de las principales amenazas de los ecosistemas dulceacuícolas. Pueden causar daños ecológicos como alteraciones en las redes tróficas, destrucción del hábitat y pérdida de la biodiversidad; impactos físicos como una afectación a los patrones hidráulicos y de suspensión y deposición de sedimentos; así como impactos socio-económicos como la afectación a las actividades productivas, bienes y servicios ambientales, y la transmisión de enfermedades.

Por lo tanto, estos elementos teóricos mencionados, demuestran que para mantener a las cuencas con un adecuado funcionamiento y libres de especies invasoras, el manejo, control y prevención de estas especies debe considerarse desde el enfoque integrado como lo es el enfoque de cuencas, considerando el mantenimiento de la estructura y función de la misma, así como contemplar a los diversos actores, sectores, e instituciones involucradas en el manejo de la cuenca y de las especies acuáticas invasoras, en busca de coadyuvar en el bienestar ambiental y social. En ecosistemas altamente invadidos se pueden trabajar estrategias que fomenten la revalorización de los recursos naturales, y el empoderamiento de la gente, buscando equilibrar los objetivos de la conservación y el desarrollo económico, proponiendo actividades que ayuden a mantener la función de los ecosistemas, controlando y manejando a las especies invasoras de tal forma que se generen un beneficio económico a través de la búsqueda de soluciones y del mantenimiento de los bienes y servicios que proveen los ecosistemas, considerando que el humano es parte del mismo y a través de una

aproximación de conservación y manejo a partir de un proceso de concertación y coordinación pluralista y participativo.

Para lograr esto, es imperante la búsqueda de objetivos comunes entre los habitantes de la cuenca, los tomadores de decisiones, y las instituciones involucradas. Este debe ir centrado en un manejo de los recursos naturales de la cuenca que no sobreponga los objetivos del desarrollo económico sobre el mantenimiento de su estructura y función. Es también un reto en el país ya que se encuentran significativas omisiones y vacíos de información en la legislación mexicana y en la generación y difusión de información con rigor científico sobre el entendimiento y manejo de estas especies, especialmente desde aproximaciones interdisciplinarias y holísticas. Cabe mencionar que el control y la erradicación de las especies invasoras no representan un objetivo de conservación en sí mismo, sino un instrumento para alcanzar la conservación del patrimonio natural y mantener en funcionamiento los procesos dentro de las cuencas, que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para nuestra vida diaria.

*“No podemos resolver problemas usando el mismo tipo de pensamiento que usamos cuando los creamos”
Albert Einstein*

Introducción

Entre las funciones de una cuenca hidrográfica se encuentran la captación y recolección del agua de lluvia; su almacenamiento, retención, infiltración y descarga; el control de ciclos y reacciones biogeoquímicas; y, la provisión de hábitat para la flora y la fauna (Padgett-Johnson, 2002; Black, 1997). Asimismo, la integración de estas funciones se traduce en numerosos bienes y servicios ecosistémicos para las poblaciones humanas tanto de provisión y regulación, como culturales y de soporte (Maass, 2015; Balvanera y Cotler *et al.*, 2009).

Un cambio en el mosaico (elementos y patrones) natural de las cuencas puede derivar en una alteración de sus funciones. Por estos cambios nos podemos referir a un cambio en la vegetación, en el uso de suelo, en sus recursos hídricos y en sus conjuntos o ensamblajes de especies; ya que cada uno de estos mosaicos se ha establecido a lo largo de la historia evolutiva del ecosistema y cumple ciertas funciones específicas. Existen múltiples influencias de prácticas de manejo que provocan este tipo de cambios en los elementos y procesos dentro de las cuencas. Entre ellas se encuentra la introducción de especies exóticas, especialmente en ambientes dulceacuícolas (Kolar y Lodge, 2001). Con la introducción de estos nuevos elementos se puede afectar de manera negativa bienestar humano y la salud de los ecosistemas (Simberloff *et al.*, 2013; Kolar y Lodge 2001; Sala *et al.*, 2000).

El manejo de las especies acuáticas exóticas es de prioridad para la sustentabilidad y el mantenimiento de cuencas saludables, ya que representan la segunda amenaza a nivel global para la pérdida de biodiversidad (Leung *et al.*, 2002; Vitousek *et al.*, 1996) y son consideradas como una de las principales amenazas de los ecosistemas dulceacuícolas (Dudgeon *et al.*, 2006). Este tipo de especies pueden causar daños ecológicos como alteraciones en las redes tróficas y destrucción del hábitat, además de impactos económicos y sociales como la

afectación a las actividades productivas, bienes y servicios ambientales, así como la transmisión de enfermedades (Vilà *et al.*, 2010; Sala *et al.*, 2000).

Las pérdidas económicas causadas por las invasiones biológicas implican costos de inversión muy elevados para su control y mitigación. Tan solo en los Estados Unidos, los costos por pérdida de servicios ambientales y control y erradicación se elevan a los \$178 mil millones de dólares anuales (McCormick, 2010). Las acciones de prevención implican menores pérdidas que las de manejo, no obstante, una vez que ha ocurrido la introducción de especies exóticas invasoras, las estrategias de manejo consideran dos etapas: la primera y menos costosa, implica la detección temprana de las especies implementado acciones como la intercepción, el monitoreo y la remoción de ejemplares; y, la segunda etapa, que comprende la contención, el control y la erradicación, que conlleva costos económicos más relevados y de manera general presenta menor efectividad (Simberloff *et al.*, 2013).

Dentro de las cuencas hidrográficas de Norteamérica, los moluscos representan más del cincuenta por ciento de las especies invasoras dentro del grupo de los macroinvertebrados dulceacuícolas, y son capaces de resistir la contaminación del agua y la pérdida de hábitat causada por las actividades humanas (Karatayev *et al.*, 2009a). La introducción de moluscos exóticos es un evento que probablemente termine en un proceso de invasión favorecido por los efectos de la degradación de la cuenca derivada de las actividades humanas (Bocxlaer *et al.*, 2015; Früh *et al.*, 2012; Stutzner *et al.*, 2007; Schreiber *et al.*, 2003).

En México, las cuencas con mayores niveles de degradación se encuentran ubicadas en la región centro (Mercado-Silva *et al.*, 2006). La cuenca del Río Pánuco representa uno de estos casos. Se localiza en la región Centro-Este del país y se ha visto afectada por la pérdida de cobertura vegetal, la expansión de los pastos cultivados para el ganado, el aumento de las actividades agrícolas,

combinado con la industrialización y la expansión de la urbanización (Cuevas *et al.*, 2010). Asimismo, en esta cuenca se ha registrado la amplia distribución de un molusco acuático exótico, proceso que se ha visto favorecido por la degradación ambiental de la misma (Durán-Rodríguez, *et al. en prep.*). Por otro lado, las cabeceras de esta cuenca se consideran de protección especial y de muy alta factibilidad como reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México, por la comisión nacional del agua (CONAGUA, 2011).

La microcuenca del Río Jalpan se encuentra ubicada en la cuenca del Río Pánuco, dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, caracterizada por su importancia biológica, el grado de conservación de sus elementos, procesos naturales y de ecosistemas (SEMARNAP, 1999), y ha sido decretada como una de las reservas potenciales de agua más importantes del país (CONAGUA, 2011). Aunado a la riqueza natural, la región de la sierra gorda cuenta con una gran diversidad y riqueza cultural (Vázquez-Estrada, 2010), lo que engloba variedad de formas de relación y entendimiento de la naturaleza, y por lo tanto, de su manejo y aprovechamiento (*cf.* Toledo y Barrera-Bassols, 2008).

Dentro de esta microcuenca, en su río principal, se encuentran ampliamente distribuidas las especies *Melanooides tuberculata* (caracol trompetero malayo) y *Corbicula fluminea* (almeja asiática) (Durán-Rodríguez *et al.*, in prep), consideradas de alto impacto y de prioridad para su manejo en México (Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007). Esto representa un problema potencial y una amenaza para los objetivos de la reserva y para el mantenimiento de las funciones de la microcuenca, ya que es importante mantener a las ANPs libres de especies invasoras para sostener los elementos y procesos naturales y conservar el patrimonio natural de México (Koleff *et al.*, 2010), así como es cada vez más importante que se tome conciencia de las especies invasoras (especialmente acuáticas) dentro de los planes de manejo de las cuencas para coadyuvar a mantener su estructura y función y permitir conservar el patrimonio natural (EPA, s.f.). Por lo tanto, la invasión de estas dos especies representa un alto riesgo para

disminución de la biodiversidad, la alteración de los procesos ecológicos del río y la afectación a actividades productivas y a los sistemas de soporte de la cuenca, que se traducen en servicios ecosistémicos para las poblaciones humanas.

Actualmente no se cuenta con estudios sobre los efectos del caracol trompetero y de la almeja asiática en la microcuenca del río Jalpan, ni en otras cuencas en el país. Sin embargo, los riesgos potenciales son evidentes ya que estas especies son consideradas de alto riesgo y prioritarias para su manejo en México (Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007). Por esta razón, el presente estudio se centra en la búsqueda de acciones de vigilancia o monitoreo y de remoción de ejemplares, con pérdidas económicas mínimas y que a su vez, busque coadyuvar en el desarrollo económico de algunas familias de la región. Pretende proporcionar la base teórica, principios y herramientas para el ulterior proceso de implementación de una estrategia de aprovechamiento de especies de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca.

El propósito del presente estudio es plantear las bases para el manejo de los moluscos acuáticos exóticos invasores presentes en el río principal de la microcuenca del Río Jalpan; considerando como directrices el mantenimiento de ecosistemas saludables y de las funciones de la cuenca, la conservación de la biodiversidad nativa y los servicios ambientales que el río provee; así como el bienestar social a través de una oportunidad de desarrollo de una actividad que promueva el desarrollo económico, fomente la cohesión social, el empoderamiento y la re-valorización de los recursos naturales. Para lograr lo anteriormente mencionado, se plantearon los siguientes objetivos específicos: i) describir la abundancia y distribución del caracol trompetero y la almeja asiática y su relación con las condiciones ambientales dentro del cauce principal en el contexto de la microcuenca para identificar aquellas zonas con mayor presión de invasión y las prioritarias para su manejo; ii) analizar las perspectivas, problemáticas y potencialidades de las dos especies en la región, para identificar los posibles proyectos y acciones que deriven para su manejo; y, iii) establecer las acciones de

manejo prioritarias, para mitigar el proceso de invasión de especies de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca, a través de estrategias que generen incentivos económicos, fomentando el bienestar ambiental y social.

Capítulo 1. La pertinencia del enfoque de cuencas en el manejo de especies acuáticas invasoras

Como menciona Jonathan Moore (2015: 335), la perspectiva ecosistémica de los ríos debería ser integrada en los planes de manejo de cuencas. El enfoque de cuencas es una aproximación pertinente para abordar la problemática de las especies acuáticas invasoras ya que no son eventos puntuales, sino que se ven potencializados por la degradación de los componentes y funciones de la cuenca, e involucra a diversos actores y sectores dentro de este territorio resaltando la importancia de la concepción del mismo, los recursos naturales, su apropiación y su aprovechamiento por parte de las comunidades locales. Por otro lado están las afectaciones que estas especies pueden provocar al ambiente, a los sistemas de producción, la salud humana, la economía y los ecosistemas; poniendo en riesgo los sistemas de soporte de la cuenca y sus actividades productivas.

Para estudiar y analizar la problemática de las especies acuáticas exóticas invasoras es necesaria una aproximación integradora que considere una complejidad de factores que estén interviniendo en el proceso de invasión, así como a la mayoría de los actores involucrados. Por tal razón el presente estudio surge desde la perspectiva ecosistémica de los ríos (“*Whole-system perspective in rivers*”) y desde el enfoque de cuencas, ya que estos ecosistemas son el resultado de las características y dinámica del paisaje que los rodea (Allan 2004; Moore 2015) considerando la cuenca como el territorio y el contexto que enmarca y define los cauces. En este sentido, todas las actividades humanas que ocurren en la cuenca, terminan por acumularse y evidenciarse en los ríos y con ello afectando su dinámica y funcionalidad (Reiter y Beschta, 1995), ya que el resultado de todo el funcionamiento de una cuenca termina en forma de un río, un lago, u otro tipo de cuerpo de agua.

1.1 La cuenca hidrográfica: el monte, el agua, y su gente

La cuenca hidrográfica se puede definir como aquel territorio en el cual el agua de la precipitación pluvial que cae desde la atmosfera hasta el suelo, es captada, almacenada, transportada y liberada a otras áreas en un periodo de tiempo (Padgett-Johnson, 2002). Todo territorio es parte de una cuenca así como todos los seres humanos vivimos dentro de una de ellas. En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biótico, físico, y humano, que incluye los modos de apropiación y considera aspectos institucionales (Cotler-Ávalos, 2007).

Entre las principales funciones de una cuenca hidrográfica se encuentran la captación y recolección del agua de lluvia, su almacenamiento, retención, infiltración y descarga a través de los cursos de agua o cauces (ríos y arroyos) que conforman la red de drenaje de este territorio (Padgett-Johnson, 2002; Black, 1997). Las funciones hidrológicas son las primordiales dentro de una cuenca y de ellas derivan un gran número de funciones que están interrelacionadas. En este sentido, surgen los términos en inglés utilizados comúnmente para referirse a una cuenca: “*catchment*” y “*watershed*”; donde el almacenaje y transporte es una consecuencia inevitable de la precipitación del agua dentro de un área, entre su captura (“*catching*”) y su “derramamiento” o escurrimiento (“*shedding*”) (Black, 1997).

Los cauces son el elemento más móvil en la cuenca hidrográfica o área de drenaje geográfica y el agua es considerada como el eje rector de la misma; donde podemos evidenciar casi todas las condiciones y procesos que se han producido en la cuenca ya que los cauces son el resultado de las características y dinámica del paisaje que los rodea (Allan 2004; Moore 2015). La cuenca actúa

como un sistema complejo donde sus componentes interactúan realizando una serie de procesos que se ven afectados por los efectos acumulativos y aditivos de actividades antrópicas como agricultura, ganadería, minería, usos residenciales y comerciales, entre otros. De tal forma, todas las actividades humanas que ocurren en la cuenca terminan por acumularse y evidenciarse en los ríos y otros cuerpos de agua y con ello afectando su dinámica y funcionalidad (Reiter y Beschta, 1995). Esto es, si la parte alta de la cuenca se ve afectada, los ríos corren a las partes más bajas y acarrear los problemas en sus aguas.

Las funciones hidrológicas de una cuenca no son las únicas, ni las consideraciones exclusivas a tomar en cuenta cuando hablamos de este territorio, especialmente en relación a su manejo. Las cuencas hidrográficas son consideradas como una unidad de manejo de los recursos naturales; entendiendo como manejo al proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones conjuntas y compartidas que busquen mantener la estructura y función de la cuenca, así como una mejora en la calidad de vida (Cotler-Ávalos *et al.*, 2007; 2014; Dourojeanni y Jouravlev, 2002).

El manejo en cuencas debe considerarse como un proceso adaptativo que plantea la toma de decisiones bajo ciertas condiciones de incertidumbre (Maass, 2015). Se deben contemplar una serie de factores, actores y sectores involucrados en la dinámica de este territorio que considera componentes bióticos, abióticos y humanos. Dentro del paradigma de manejo y gestión de cuencas, se consideran principios y herramientas clave tales como: la generación de procesos de comunicación, considerar una mirada de corto, mediano y largo plazo, la generación de información de calidad y oportuna, la construcción de escenarios, considerar indicadores de monitoreo y evaluación, y garantías de continuidad (cf. FAO, 2007; Faustino *et al.*, 2006). Es decir, bajo este principio de incertidumbre en el manejo de un socio-ecosistema, es indispensable conocer y monitorear el

estado del sistema, para garantizar que los resultados van en la dirección deseada. Si en el corto plazo no ocurre de tal manera, las estrategias se adaptan, orientando las acciones a fin de obtener las metas planteadas (Maass, 2015).

El manejo de los recursos naturales de la cuenca debe estar centrado en el marco del proceso de desarrollo socioeconómico local, incluyendo la participación de todos involucrados e interesados en un proceso de concertación pluralista. Se debe prestar principal atención entre los nexos y la conectividad entre los procesos y efectos que ocurren “río arriba” y “río abajo”. Por otro lado, el manejo de los recursos naturales bajo los principios de bienestar ambiental, no deben quedar en segundo plano por un excesivo compromiso con el desarrollo económico y la reducción de la pobreza (FAO, 2007). El manejo de cuencas no debe olvidar la estructura y función de la misma, atendiendo a las potencialidades de cada región, en cuanto a sus recursos naturales, así como en sus capacidades humanas (Macías *et al.* 2018).

1.2 Los ríos como hidro-socio-ecosistemas

Como se menciona anteriormente, en las cuencas hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biótico, físico y humano, que incluye los modos de apropiación y considera aspectos institucionales (Cotler-Ávalos *et al.*, 2014); por lo que es importante reconocer que estamos hablando de un socio-ecosistema (Maass, 2015). La cuenca debe considerarse como la relación inseparable entre el monte, el agua y su gente, donde se plantea un universo inherente entre estos componentes. Dicho de otro modo: el monte y el río, proveedores de sustento, y la manera en la que los seres humanos han logrado apropiarse y manejar estos recursos a lo largo del tiempo. Por lo que para cambiar y buscar una mejora en la apropiación de los recursos naturales de la cuenca, hay que cambiar las historias relacionadas a él.

Dentro de las cuencas, los ríos, así como sus demás cuerpos de agua, han sido claves a lo largo de la historia en el patrón de asentamientos humanos. Un conocimiento de la dinámica del agua y sus componentes junto a cierta organización social, ha permitido el desarrollo civilizaciones completas. Son un elemento integrador de múltiples tradiciones, costumbres, memoria histórica, formas de organización social y representaciones con un profundo contenido emocional (cf. Barabas, 2010). Para algunas personas el río es un punto de esparcimiento familiar (Vázquez Estrada, 2010) y el agua, como sustancia primordial, está presente desde los mitos de origen.

“Por ello es ámbito de los dioses y símbolo de vida. Con estas mismas valencias, aparece como uno de los elementos purificadores en diversos ritos, pues ella es a la vez muerte y vida: a través del agua se terminan ciclos y se originan nuevos. Es celeste, terrestre y subterránea, es dulce y salada, líquida y gaseosa, y en ocasiones sólida, como granizo. Periódicamente, se presenta en los ciclos de la naturaleza, como agua llena de fertilidad, como lluvia, y como agua destructora en las tormentas y en los huracanes. Su ausencia, como sequía, es también devastadora.” (Sotelo-Santos, 2016: 51)

Asimismo, los ríos son un patrimonio natural que provee de numerosos bienes y servicios a las poblaciones humanas, tales como: la disponibilidad de agua; el potencial de proveer de energía hidroeléctrica; constituyen una fuente importante de recursos alimenticios; tienen la capacidad de transportar y diluir contaminantes y sustancias tóxicas, así como de purificar parcialmente el agua; propician el mantenimiento de la estabilidad de las riberas; la fertilización y enriquecimiento de los suelos y las llanuras de inundación, entre otros (Brismar 2002).

En este sentido, el río cumple dos funciones: una simbólica y otra práctica, las cuales posibilitan la articulación de una serie de elementos de la cuenca y la cosmovisión de su gente, direccionados a la apropiación del espacio alrededor del de la vida cotidiana y de las actividades humanas relacionadas con el río y a su vez con toda la cuenca. Por esta razón, nos referiremos a los cuerpos de agua, en este caso particular al río, como un hidro-socio-ecosistema, donde se mantienen estos tres elementos: el hídrico (físico), el ecosistémico (biológico) y el humano (social) casi de forma inseparable; en otras palabras el río, el monte y su gente... la precipitación, captación y escurrimiento; la vegetación y la biodiversidad; y, el uso de suelo y los modos de apropiación del territorio y sus recursos. Al comprender y evidenciar las dimensiones tanto de las cuencas como de sus cuerpos de agua, es más fácil poder interpretar sus procesos y plantear aproximaciones hacia su entendimiento y manejo de una forma holística.

1.3 La degradación de la cuenca y la facilitación de invasiones biológicas en los hidro-socio-ecosistemas

Las cuencas con una manejo inapropiado que oriente hacia la degradación de los ecosistemas son más propensas a las invasiones biológicas que aquellas que se encuentran en condiciones prístinas; ya que estos disturbios generalmente resultan en un reajuste en el espacio (hábitat) y recursos que pueden estar ahora disponibles para nuevas especies (*i.e.* especies exóticas); es decir, en el ecosistema, se abren nuevas “vacantes” para especies con mayores capacidades de tolerancia a estresores ambientales y más adaptables al nuevo medio (Ruiz *et al.*, 1999). De forma que el manejo y las actividades dentro de una cuenca, como el cambio de uso de suelo, la actividad agrícola y ganadera, la contaminación, el embalsamiento de sus aguas, entre otras; así como efectos de degradación puntual sobre los cauces como contaminación, descarga de aguas residuales, erosión de los bancos, etc., pueden estar favoreciendo el proceso de invasión de especies acuáticas exóticas, afectando de forma aditiva y acumulada los procesos

y elementos dentro de sus cauces y por lo tanto, deteriorando la cantidad y calidad de bienes y servicios que estos hidro-socio-ecosistemas aportan a la población y afectando la dinámica de la cuenca.

Los cambios en el uso del suelo y del agua pueden afectar a los hidro-socio-ecosistemas de distintas maneras, incluyendo un importante aumento en el sedimento suspendido, cambios en los ciclos de nutrientes, alteraciones en el volumen y la temperatura del agua, cambios en la evapotranspiración de la vegetación riparia y la alteración de los regímenes de corrientes y flujos. Como resultado de esta degradación, la cantidad y calidad de los hábitats importantes para los organismos nativos se ven alterados y las especies nativas son más vulnerables a la competencia y depredación por las especies introducidas, que pueden ser más tolerantes a los sistemas degradados (Meador *et al.*, 2003). Incluso, el nivel o grado de invasión biológica de un cuerpo de agua puede ser un indicador de degradación del ecosistema a una amplia escala como lo es la cuenca (Karr *et al.*, 1985; Hughes y Gammon, 1987).

La extensiva construcción de presas durante el último siglo, ha sido otro de los factores clave en la degradación de los hidro-socio-ecosistemas. Esto ha alterado radicalmente los ambientes acuáticos a una escala global. La construcción de presas en la mayor parte de los grandes ríos ha interrumpido la conectividad de los flujos de agua y ha incrementado la abundancia de los hábitats lénticos, facilitando la existencia y dispersión de las especies acuáticas exóticas invasoras (Havel *et al.*, 2015; Havel *et al.*, 2005). Las presas son más fácilmente invadidas que los lagos naturales debido a sus propiedades fisicoquímicas, gran conectividad, carga de solutos, redes tróficas inestables y mayores niveles de perturbación al estar asociadas de forma más directa con diversas actividades humanas (Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio 2014). De manera particular, en México la legislación no solo permite la introducción de especies acuáticas exóticas a este

tipo de embalses, sino que es casi obligada, sin tomar en cuenta las especies nativas de importancia comercial ni el impacto ecológico, económico, o social (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2014)

1.4 Especies acuáticas invasoras, ¿Un problema de cuenca?

En las cuencas, los cuerpos de agua se encuentran en serios problemas de degradación a nivel global debido principalmente a la modificación de su forma y estructura, la degradación del hábitat, la contaminación del agua, la sobreexplotación, y la introducción de especies exóticas (Dudgeon *et al.*, 2006; Garrido-Pérez, 2010). La conservación de estos hidro-socio-ecosistemas es clave en el funcionamiento de la cuenca, así como en el desarrollo social y económico (cf. Dudgeon *et al.*, 2006). A pesar de que la historia y el desarrollo de la humanidad ha transformado la imagen de nuestro planeta y desde hace miles de años la introducción de especies exóticas a nuevos ecosistemas ha estado ligada a las actividades humanas (Ewel *et al.* 1999), la progresiva globalización y el desarrollo económico han incrementado este fenómeno de forma exponencial, ya sea deliberada o accidentalmente (Perrings *et al.* 2010).

El problema con la introducción de especies a nueva región es que este fenómeno puede terminar en una invasión biológica. Una invasión biológica no debe ser vista como un evento, sino más bien como un proceso que inicia con la recepción de individuos, su transporte a una nueva área y una subsecuente liberación en la naturaleza. Posteriormente, estos organismos liberados en un nuevo ecosistema “recipiente” deben establecerse y mantener una población auto-sostenible en la nueva zona, creciendo en abundancia y expandiendo su ubicación geográfica (propagación), y de manera general provocando daños ecológicos, económicos y/o sociales (Blackburn *et al.*, 2011; Duncan *et al.*, 2003; Karatayev *et*

al., 2009b; Richardson *et al.*, 2000; Sakai *et al.*, 2001; Schreiber y Lloyd-Smith, 2009).

Las especies exóticas han invadido prácticamente todas las cuencas a nivel global con excepción de la Antártida (Simberloff, 2015), y los hidro-socio-ecosistemas no se encuentran excluidos a este fenómeno, considerándose incluso más vulnerables e este intercambio biótico y los efectos de dichas introducciones en comparación a los ecosistemas terrestres (Gherardi, 2007; Sala *et al.*, 2000). Esto es debido a la estrecha relación de estos ecosistemas con los humanos, principalmente por el uso que se le da al recurso agua y la intensidad con la que se realizan actividades en los hidro-socio-ecosistemas, ya sea de recreación, como fuente de alimento (pesca), o por rutas de comercio (Ricciardi, 2001; Rachel, 2000).

Los parteaguas suelen ser el mayor limitante en la distribución de las especies acuáticas, la barrera natural por excelencia en la distribución de las especies exóticas es la cuenca. El intercambio de especies entre los ambientes dulceacuícolas de manera natural es limitado; ya que en este contexto, estos ecosistemas se comportan básicamente como “islas” debido a que presentan una reducida conectividad con organismos de otros ecosistemas y muchas especies presentan adaptaciones a condiciones muy locales (Vander Zanden *et al.*, 2016). Asimismo, la dispersión de especies enteramente acuáticas como peces y otros invertebrados que carecen de estadios de desarrollo que les permitan desplazarse sobre tierra, se encuentra restringida a paisajes lineares y de patrones dendríticos (ríos y arroyos que conforman la red de drenaje de la cuenca), ya que poseen una reducida o nula capacidad de moverse entre parches distantes sin pasar a través de una serie de parches conectores o intermedios, es decir a lo largo del recorrido del cauce hasta llegar a algún sitio en específico (Fagan 2002).

En este sentido, de manera natural el intercambio de una especie enteramente acuática entre una cuenca a otra es muy limitado, por lo que las

especies invasoras requieren del su transporte a través de las actividades humanas como la pesca, el intercambio comercial, el acuarismo, la acuariofilia, o su transporte accidental por medio del ganado. Esto implica que las comunidades acuáticas se encuentren espacialmente vulnerables a los impactos de las especies acuáticas exóticas, particularmente en sitios donde los organismos nativos carezcan de una historia evolutiva de competencia o depredación con otras especies, o donde no se encuentre la presencia de depredadores naturales de las nuevas especies introducidas que ayuden a mantener sus poblaciones (Cox y Lima 2006; Vander Zanden *et al.*, 2016).

Como se mencionó anteriormente, los procesos de degradación de la cuenca pueden estar facilitando las invasiones biológicas en los cuerpos de agua, por lo que es imperante el mantenimiento de la estructura y función de la misma para mantener a los hidro-socio-ecosistemas libres de especies acuáticas invasoras que pongan en riesgo sus sistemas de soporte. El manejo adecuado y sustentable de los recursos naturales de la cuenca permite un equilibrio entre los modos de producción y el mantenimiento de la estructura y función de este territorio. Prácticas que fomenten el bienestar social y que a su vez eviten o mitiguen procesos como la sobreexplotación de los recursos naturales, la erosión y el transporte excesivo de sedimentos a los cuerpos de agua, la compactación e impermeabilización de los suelos, el aporte excesivo de nutrientes a los cuerpos de agua (eutrofización), así como el manejo adecuado de los desechos humanos y de la industria; permitirán que los mosaicos naturales de la cuenca se mantengan lo más cercano al régimen natural, y con esto se reduzcan las probabilidades del establecimiento de las especies acuáticas exóticas invasoras (cf. Lapointe *et al.*, 2012; Meador *et al.*, 2003; Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio 2014).

Además del manejo indirecto de las especies invasoras a través del mejoramiento de las actividades a nivel de cuenca, el manejo directo sobre las especies acuáticas exóticas es de prioridad para la sustentabilidad y el mantenimiento de cuencas saludables; ya que son consideradas como una de las

principales amenazas de los hidro-socio-ecosistemas (Dudgeon *et al.*, 2006). Pueden causar daños ecológicos como alteraciones en las redes tróficas y destrucción del hábitat, además de impactos socio-económicos como la afectación a las actividades productivas, bienes y servicios ambientales, así como la transmisión de enfermedades (Vilà *et al.*, 2010; Sala *et al.*, 2000).

Por lo tanto, estos elementos teóricos mencionados, demuestran que para mantener a las cuencas con un adecuado funcionamiento y libres de especies invasoras, el manejo, control y prevención de estas especies debe considerarse desde un enfoque integrado, considerando el mantenimiento de la estructura y función de la cuenca, así como incluir a los diversos actores, sectores, e instituciones involucradas en el manejo de la cuenca y de los recursos naturales, en busca de objetivos comunes para el bienestar ambiental y social. En ecosistemas altamente invadidos se pueden trabajar estrategias que fomenten la revalorización de los recursos naturales, y el empoderamiento de la gente, buscando equilibrar los objetivos de la conservación y el desarrollo económico, proponiendo actividades que ayuden a mantener la función de los hidro-socio-ecosistemas, mediante del control y manejo de las especies invasoras de tal forma que se generen un beneficio económico a través de la búsqueda de soluciones y del mantenimiento de los bienes y servicios, considerando que el humano es parte del ecosistema por medio de una aproximación de conservación y manejo participativo (Bradshaw y Bekoff, 2001).

Para lograr esto, es imperante la búsqueda de objetivos comunes entre los habitantes de la cuenca, los tomadores de decisiones, y las instituciones involucradas. Este objetivo común debe ir centrado en un manejo de los recursos naturales de la cuencas que no sobreponga los objetivos del desarrollo económico sobre el mantenimiento de la estructura y función de la misma. Es también un reto en el país ya que se encuentran significativas omisiones y vacíos de información en la legislación mexicana y en la generación y difusión de información con rigor científico sobre el entendimiento y manejo de estas especies, especialmente

desde aproximaciones interdisciplinarias y holísticas (Ortiz-Monasterio 2014; Mendoza-Alfaro *et al.*, 2014). Cabe mencionar que el control y la erradicación de las especies invasoras no representan un objetivo de conservación en sí mismo, sino un instrumento fundamental para alcanzar la conservación de la biodiversidad y mantener el funcionamiento de los procesos ecológicos que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para nuestra vida diaria (Koleff-Osorio *et al.*, 2010).

Capítulo 2. El contexto de las especies acuáticas invasoras

2.1 Avances recientes en el estudio de las invasiones biológicas en los hidro-socio-ecosistemas

Debido a que las invasiones biológicas son consideradas como una de las principales amenazas para la conservación de biodiversidad y un problema económico y de salud pública tanto a nivel global (Perrings *et al.*, 2010) como una de las principales amenazas dentro de los ecosistemas acuáticos (Dudgeon *et al.*, 2006); durante las últimas dos décadas ha incrementado el número de estudios sobre el tema de las invasiones biológicas de manera considerable (Blackburn *et al.*, 2011). Esto se ve reflejado en el incremento en el número de publicaciones en los últimos 20 años en el tema de las invasiones biológicas en cuerpos de agua dulce (Durán-Rodríguez *et al.*, *en prep.*; Gherardi, 2007), así como la implementación de políticas públicas para el estudio, manejo y control de especies exóticas invasoras en diversos países (*cf.* Hulme, 2016; Simberloff *et al.*, 2013).

Las especies acuáticas invasoras han sido objeto de investigación tanto en ecosistemas naturales como en aquellos manejados por el hombre, y algunos científicos han sintetizado los impactos de estas especies en las comunidades nativas (Parker *et al.*, 1999; Sala *et al.*, 2000; Wilcove *et al.*, 1998; Williamson *et al.*, 1986), así como a nivel de ecosistema (Vitousek y Walker, 1989). Sin embargo; a pesar de que son considerables los estudios principalmente de investigación básica y otros cuantos en ciencia aplicada, hay una reciente aceptación de la falta de estudios de sobre el tema de las especies invasoras en ambientes dulceacuícolas (Sakai *et al.*, 2001), especialmente en relación a su manejo y entendimiento desde una aproximación holística (Durán-Rodríguez *et al.*, *en prep.*).

A pesar del alto potencial científico y de la importancia sobre los estudios de las invasiones biológicas a nivel global (incluidos los hidro-socio-ecosistemas), existen vacíos de información, esfuerzos aislados y áreas de oportunidades. Especialmente, hace falta centrar los estudios hacia un enfoque multi e interdisciplinario con una aproximación hacia el entendimiento de las invasiones biológicas en ecosistemas dulceacuícolas, así como en el manejo de estas especies desde enfoques holísticos, como lo es el enfoque de cuencas.

Además del planteamiento de nuevas perspectivas, es necesario que los países realicen mayores esfuerzos para la conjunción de estrategias y herramientas para el control, manejo y prevención de invasiones biológicas, ya que ni los ecosistemas ni las especies invasoras reconocen fronteras geopolíticas, así como el parteaguas de una cuenca. Además, el creciente intercambio comercial ha facilitado el intercambio de especies de un país a otro, ya sea deliberada o accidentalmente. En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas junto con otros organismos internacionales han financiado iniciativas como el Programa Global de Especies Invasoras (GISP), con el fin de centrar esfuerzos en el estudio de las especies invasoras. Éstas son un tema prioritario en el programa de trabajo sobre la biodiversidad de la Comisión de Cooperación Ambiental para América del Norte en el que colaboran Canadá, México y Estados Unidos de América en el ámbito del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN) (Koleff-Osorio *et al.*, 2010).

Por su parte, en México los impactos de las especies exóticas no han sido cuantificados, y actualmente no se tienen certeza de las especies invasoras que se han establecido en el país, cuál es su distribución geográfica, o sus tamaños poblacionales. Por esta razón, es necesario contar con información y un diagnóstico general de esta situación para tomar medidas al respecto. La problemática de las especies invasoras debe ser atendida por varios sectores, ya

que involucra actividades agropecuarias, forestales, pesqueras, comerciales, de transporte, turísticas, sanitarias, aduanales y de conservación de la diversidad biológica, entre otras. Por ello, es fundamental la atención coordinada de todos los sectores y actores para constituir un programa nacional de acción y una política pública transversal (Koleff-Osorio *et al.*, 2010).

Por lo tanto, se generó la Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México, que establece el marco para que el país haga frente a esta amenaza global conjuntando esfuerzos que integren la prevención, la detección, la respuesta rápida, el control y la erradicación de especies invasoras, en función de las prioridades determinadas tanto por las amenazas como por la biodiversidad en riesgo, para mantener la salud de los ecosistemas y, en consecuencia, el bienestar social y económico del país.

2.2 Las políticas públicas en torno a las especies acuáticas invasoras en México

La dirección y el marco de las políticas públicas en torno a las especies invasoras se encuentran establecidas en una serie de compromisos detallados en la Estrategia Nacional de Especies Invasoras (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Dicha estrategia propone una visión a diez años, tiempo en el cual se deberán consolidar sus sistemas de prevención, control y erradicación; de manera que los impactos negativos de las especies invasoras se reduzcan significativamente, y orientar la participación y el trabajo coordinado de instituciones y sectores clave de la sociedad para alcanzar la visión planteada.

Como uno de los primeros grandes pasos que dio el país para la inclusión de las especies invasoras en sus políticas públicas, fue la publicación en el diario

oficial de la federación, las modificaciones a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y a la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y su Reglamento (DOF 2010), en las que se define el término “especie exótica invasora” y se establecen algunas medidas para su manejo e identificación.

México forma parte de numerosos convenios internacionales que lo comprometen a acatar ciertas responsabilidades. Tal es el caso del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), lo que implica que “debe considerar el desarrollo humano para cubrir sus necesidades de seguridad alimentaria, medicinas, aire puro y agua dulce, vivienda y un medio ambiente limpio y saludable para vivir” (CDB, 2012). En el artículo 8h del mencionado convenio, se establece que las partes deberán “impedir que se introduzcan, y a su vez se controlarán o erradicarán las especies exóticas que amenacen a los ecosistemas, hábitats o especies”.

Existen diversos instrumentos legales en torno a las especies exóticas invasoras, entre los que sobresalen los ordenamientos sobre recursos naturales y sanitarios. No obstante, en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos no hay referencias directas a las especies exóticas invasoras, pero en tres de sus artículos (4°, 25 y 27) (CPEUM, 1917) se plantean las disposiciones generales que son relevantes para el tema.

El artículo 4° constitucional en sus párrafos 4, 5 y 6, establece:

“Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La Ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la

conurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución”.

“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”.

“Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.

Por su parte, el artículo 25 de la Constitución determina que el Estado debe regir el desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable. El apoyo e impulso a las empresas sociales y privadas se debe sujetar a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente. Éste es el fundamento para que el gobierno conduzca las actividades productivas y comerciales en el sentido que propone la Estrategia Nacional, al igual que para que las autoridades sanitarias y ambientales intervengan con ese fin.

Finalmente, el artículo 27 constitucional señala que la regulación pública sobre los elementos naturales susceptibles de apropiación (esto incluye los ejemplares de especies silvestres y los ferales) debe hacerse en beneficio social y con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

La principal ley mexicana en relación al aspecto ambiental es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988). Como se mencionó anteriormente, en el 2010 se incluyó a las especies exóticas invasoras y en el 2014 se introdujo al artículo 46 un último párrafo que prohíbe su introducción en Áreas Naturales Protegidas. No obstante, como menciona Ortiz-Monasterio (2014: 176), la legislación ambiental y de recursos naturales se caracteriza por estar muy fragmentada. En este sentido la Estrategia Nacional trata de encontrar aquellas oportunidades y a su vez identificar los vicios en la legislación mexicana en torno a las especies exóticas invasoras.

Por otro lado, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS, 2000) trata el tema de las especies exóticas desde hace unos 18 años. Desde las modificaciones de abril de 2010, la LGVS hace referencia textual a las especies exóticas, sobre las que define que ejemplares y poblaciones exóticos deben sujetarse a manejo en confinamiento controlado, definiendo medidas de contingencia en el plan de manejo correspondiente; ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales, susceptibles de medidas de manejo, control y erradicación o remediación; y prevé la publicación de listas y disposiciones enfocadas en prevenir su importación, así como para su manejo, control y erradicación.

De manera particular, la Estrategia Nacional establece metas, acorde a distintos artículos de diversas leyes y lineamientos relacionadas directamente con las especies exóticas invasoras (incluyendo a las acuáticas), o que podrían modificarse en menor medida para regular las invasiones (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2014).

Entre las leyes, normas y lineamientos que están relacionadas directamente con las especies acuáticas invasoras, destacan las siguientes:

Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) y su Reglamento (modificado en 2007). Establece atribuciones al INAPESCA, tal como Coadyuvar en la realización de análisis de riesgo sobre la introducción, establecimiento y diseminación de plagas y enfermedades acuícolas. Asimismo, establece en su artículo 96, respecto de la introducción de especies vivas que no existan de forma natural en el cuerpo de agua de jurisdicción federal receptor, la Secretaría, considerando la opinión del INAPESCA, y de acuerdo a los resultados del periodo de cuarentena previo, resolverá sobre la procedencia de la misma, observando lo que dispongan las disposiciones reglamentarias que deriven de esta Ley. Será requisito para obtener el permiso de introducción de especies vivas en cuerpos de agua de jurisdicción federal, que el solicitante cuente con el certificado de sanidad acuícola que otorgue el SENASICA, en los términos de esta Ley.

En el *reglamento* de esta misma ley, se establece en su capítulo V, que En el caso de que se pretenda introducir especies exóticas, además de la información establecida en la fracción I y de los documentos señalados en la fracción II de este artículo, se deberá presentar la descripción del posible efecto que causaría la introducción de la especie sobre la flora y fauna nativas, y particularmente la de las especies sujetas a algún régimen de protección especial, de conformidad con

las normas y demás disposiciones legales aplicables. Y en su capítulo VI, que la Secretaría podrá autorizar la introducción a territorio nacional de especies vivas de la flora y fauna acuáticas, mediante la presentación de un certificado de sanidad expedido por la autoridad competente del país de origen. Asimismo expedirá las normas en materia de sanidad acuícola relativas a la prevención, diagnóstico y control de las enfermedades que puedan afectar a los organismos acuáticos vivos.

La Actualización a la Carta Nacional Acuícola (ACNA, publicada en 2012). Detalla el grado de invasividad de algunas especies (carpa, tilapia, bagre, trucha, langosta australiana, rana toro) y establece directrices según la actividad, como el establecimiento de medidas de bioseguridad, certificación sanitaria, evaluación de impacto ambiental, implementación de estrategias preventivas, etc.

Ley de Aguas Nacionales (LAN, con sus reformas, adiciones y derogaciones de 2004 y 2008). En esta ley, en su artículo 14 BIS 5, se establecen los principios que sustentan la política hídrica nacional, de los cuales se destacan los siguientes en relación a las especies acuáticas exóticas que amenacen ecosistemas, hábitats o especies.

I. El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional;

IX. La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos;

X. La gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrológica, se sustenta en el uso múltiple y sustentable de las aguas y la interrelación que existe entre los recursos hídricos con el aire, el

suelo, flora, fauna, otros recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas que son vitales para el agua;

Entre estos principios, se denota la importancia de mantener a los recursos hídricos libres de especies invasoras, ya que ponen en riesgo su preservación en calidad, y no fomentan el desarrollo sustentable de las aguas y de la interacción con otros recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas.

Ley Federal de Sanidad Animal (LFSA) publicada en 2007) y su Reglamento (modificado en 2012) (RLFSA). Previene y provee de las normas y procedimientos necesarios para evitar y controlar la introducción de animales, bienes de origen animal, desechos, despojos y demás mercancías cuando sean originarios o procedan de zonas, regiones o países que no han sido reconocidos por la Secretaría como libres de enfermedades o plagas exóticas o enzoóticas.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Establece que en las áreas naturales protegidas queda prohibida la introducción de especies exóticas invasoras. En las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas quedará expresamente prohibido introducir ejemplares o poblaciones exóticas de la vida silvestre, así como organismos genéticamente modificados. Asimismo, considera para la preservación y aprovechamiento sustentable de flora y fauna, la protección y conservación de especies del territorio nacional, contra la acción perjudicial de especies exóticas invasoras, plagas y enfermedades, o la contaminación que pueda derivarse de actividades fitopecuarias.

Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y todas aquellas normas que legislen en materia acuática, de recursos naturales y su aprovechamiento. Define el concepto de especie exótica. Asimismo, establece que no se permitirá la liberación

o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras. La Secretaría determinará dentro de normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales las listas de especies exóticas invasoras. Las listas respectivas serán revisadas y actualizadas cada 3 años o antes si se presenta información suficiente para la inclusión de alguna especie o población. Las listas y sus actualizaciones indicarán el género, la especie y, en su caso, la subespecie y serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica. Asimismo, expedirá las normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales relativos a la prevención de la entrada de especies exóticas invasoras, así como el manejo, control y erradicación de aquéllas que ya se encuentren establecidas en el país o en los casos de introducción fortuita, accidental o ilegal. El manejo de ejemplares y poblaciones exóticas sólo se podrá llevar a cabo en condiciones de confinamiento que garanticen la seguridad de la sociedad civil y trato digno y respetuoso hacia los ejemplares, de acuerdo con un plan de manejo que deberá ser previamente aprobado por la Secretaría y el que deberá contener lo dispuesto por el artículo 78 Bis, para evitar los efectos negativos que los ejemplares y poblaciones exóticas pudieran tener para la conservación de los ejemplares y poblaciones nativos de la vida silvestre y su hábitat. No se autorizará la importación de especies exóticas invasoras o especies silvestres que sean portadoras de dichas especies invasoras que representen una amenaza para la biodiversidad, la economía o salud pública.

Reglamento interno de la SEMARNAT. Establece que La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente tendrá la facultad de Programar, ordenar y realizar visitas u operativos de inspección, para vigilar y evaluar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables a las especies exóticas que amenacen ecosistemas, hábitats o especies. La Subprocuraduría de Inspección Industrial tendrá como atribuciones supervisar y coordinar la ejecución de la política de inspección y vigilancia del cumplimiento de la normatividad ambiental en materia de especies exóticas que amenacen ecosistemas, hábitats o especies. La

Dirección General de Inspección y Vigilancia de Vida Silvestre, Recursos Marinos y Ecosistemas Costeros tendrá las atribuciones siguientes: Formular y conducir la política de inspección y vigilancia en materia de especies exóticas que amenacen ecosistemas, hábitats o especies; Promover la participación de las autoridades federales, de los gobiernos estatales, del Distrito Federal y municipios, así como de institutos de educación superior, de investigación y demás organizaciones de los sectores público, privado y social, en las actividades relacionadas con las especies exóticas que amenacen ecosistemas, hábitats o especies. La Dirección General de Operación Regional tendrá como atribución Proponer al Comisionado Nacional la estrategia para el control y erradicación de especies ferales, invasoras y exóticas en las áreas naturales protegidas competencia de la Federación.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica. Establece que se deberá impedir que se introduzcan, y a su vez se controlarán o erradicarán las especies exóticas que amenacen a los ecosistemas, hábitats o especies.

El Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO-CCPR), aprobado a escala global por los países miembros de la FAO en octubre de 1995. Establece que los Estados deberían consultar con sus Estados vecinos, cuando proceda, antes de introducir especies no indígenas en los ecosistemas acuáticos transfronterizos. Los Estados deberían conservar la diversidad genética y mantener la integridad de las comunidades y ecosistemas acuáticos mediante una ordenación adecuada. En particular, deberían tomarse medidas para reducir al mínimo los efectos perjudiciales de la introducción de especies no nativas o poblaciones alteradas genéticamente utilizadas en la acuicultura, incluida la pesca basada en el cultivo, especialmente en aguas donde haya posibilidades significativas de que esas especies no nativas o poblaciones alteradas genéticamente, se propaguen a aguas sometidas tanto a la jurisdicción del Estado de origen como a la de otros Estados. Los Estados deberían fomentar, cuando sea

posible, la adopción de medidas destinadas a reducir al mínimo los efectos negativos genéticos que los peces cultivados que se escapan pueden producir en las poblaciones silvestres: genéticos, enfermedades, etc. Los Estados deberían cooperar en la elaboración, adopción y aplicación de códigos internacionales de prácticas y procedimientos para la introducción y transferencia de organismos acuáticos. Los Estados, con el fin de reducir al mínimo los riesgos de transmisión de enfermedades y otros efectos negativos para las poblaciones silvestres y cultivadas, deberían alentar la adopción de prácticas adecuadas en el mejoramiento genético de los reproductores, la introducción de especies no nativas y la producción, venta y transporte de huevos, larvas o crías, reproductores u otros materiales vivos. Los Estados deberían facilitar la preparación y aplicación de los códigos nacionales de prácticas y procedimientos apropiados a tal efecto.

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM). Establece que se tomarán todas las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino causada por la utilización de tecnologías bajo su jurisdicción o control, o la introducción intencional o accidental en un sector determinado del medio marino de especies extrañas o nuevas que puedan causar en él cambios considerables y perjudiciales.

A pesar de que la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables permite la introducción de especies que no se distribuyen de manera natural en un cuerpo de agua, sujeta estas introducciones a ciertos requisitos de información y a que cuenten con certificado sanitario, pero no a un análisis de riesgo propiamente. Asimismo, “las NOM de manejo de grandes y pequeños embalses no sólo permiten el uso de especies invasoras, sino que casi obligan a ello, sin tomar en cuenta las especies nativas de importancia comercial ni el impacto ecológico o social” (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2014: 189).

Parte de todas estas leyes, lineamientos y normas anteriormente mencionadas, únicamente cuentan con acciones para atender directamente las especies invasoras; no existe el fomento de un manejo integral (holístico) de los ambientes acuáticos y sus cuencas, para disminuir la vulnerabilidad de los mismos a ser invadidos por especies exóticas (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2014).

En marco legal en México en torno a la regulación y manejo de especies acuáticas invasoras, se encuentra fragmentado. Por su parte, la inclusión de marcos que establezcan los principios y las bases para un manejo holístico de estas especies, por ejemplo desde el enfoque de cuencas, en relación al manejo de recursos naturales es una necesidad imperante. Por otro lado, también es importante dar mayor énfasis a las introducciones accidentales de aquellos organismos que carecen de importancia comercial, tal es el caso de algunos invertebrados, incluyendo algunos moluscos acuáticos exóticos, que de manera general su introducción está asociada a la introducción de otras especies de importancia comercial como plantas o peces.

2.3 Los moluscos dulceacuícolas exóticos en México

El grupo de los moluscos dulceacuícolas comprende a los caracoles (gasterópodos) y almejas (bivalvos), y algunas de estas especies cuentan con una amplia distribución y con la capacidad de establecerse de manera exitosa en nuevos ambientes (Naranjo-García y Olvera-Carrasco, 2014). Los moluscos representan más del cincuenta por ciento de las especies invasoras dentro del grupo de los macroinvertebrados dulceacuícolas, dentro de la cuencas de Norte América y son capaces de resistir la contaminación del agua y la pérdida de hábitat causada por la degradación de la cuenca (Karatayev *et al.* 2009). Por lo

tanto, la introducción de moluscos exóticos muy probablemente puede terminar un proceso de invasión favorecido por los efectos de la degradación ambiental derivada de las actividades humanas (Bocxlaer *et al.* 2015; Früh *et al.*, 2012; Schreiber *et al.*, 2003; Statzner *et al.*, 2007).

Actualmente en México se tiene el registro de la presencia de tres especies dulceacuícolas invasoras de moluscos que provienen del continente asiático: el caracho rojo malayo o trompetero (*Melanooides tuberculata*, Müller, 1774), *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) y la almeja asiática (*Corbicula fluminea*, Müller, 1774). Además del caracol chivita (*Pomacea flagellata*, Say, 1827), que es una especie nativa del vertiente del golfo de México; de las regiones hidrológicas Tuxpan-Nautla, Papaloapan y Coatzacoalcos; sin embargo, se considera translocada en las cuencas vertientes del Pacífico Mexicano (Naranjo-García y Olvera-Carrasco, 2014). Por su parte, caracol trompetero y la almeja asiática son especies invasoras consideradas de alto impacto y de prioridad para su manejo en México (Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007).

La presencia de estas especies suele pasar inadvertida (Naranjo-García y Olvera-Carrasco, 2014) debido a que su introducción comúnmente es accidental o fortuita, ya que son especies que carecen de importancia económica. No obstante, su arribo a una nueva cuenca suele estar asociado a las actividades humanas, principalmente a actividades de pesca, acuarismo y acuariofilia (Albarran-Melze *et al.*, 2009; Madsen y Frandsen, 1989), y estas especies suelen ser forontes (pasajeros) accidentales en vegetación acuática de interés comercial para la acuariofilia o en materiales de pesca y siembras de especies de importancia económica. Por otro lado, los efectos de la introducción de estas especies en México son desconocidos (Naranjo-García y Olvera-Carrasco, 2014), por lo que representa un área de oportunidad y prioritaria debido a los riesgos potenciales que estas especies representan, ya que numerosos estudios en otros países han

demostrado sus afectaciones negativas tanto en las especies nativas, el ecosistema, como en la salud animal y humana, así como repercusiones económicas negativas.

2.3.1 El caracol trompetero malayo (*Melanooides tuberculata*)

El caracol trompetero (Figura 1) es una especie de gasterópodo nativa de África tropical y subtropical y del hemisferio sur de Asia (Facon *et al.*, 2003; Abbott, 1973; Malek, 1962). Debido a sus características biológicas y ecológicas representa un alto potencial como especie invasora. Entre estas características destacan su omnivoría, su rápido crecimiento, partenogénesis (un solo individuo puede generar una nueva población completa), madurez sexual temprana, múltiples estrategias de propagación, y una longevidad de aproximadamente 5 años (Pointier *et al.*, 1993; 1989). Por otro lado, se destaca su capacidad de vivir en distintos tipos de hábitats aunque teniendo una preferencia por aquellos sustratos de sedimento fino, y su asociación a actividades humanas o a la degradación ambiental (Livshits y Fishelson, 1983).



Figura 1. Caracol trompetero malayo (*Melanooides tuberculata*).

Esta especie se puede propagar a través de varias estrategias, como deriva en las corrientes, por fosis (transporte en aves, insectos y ganado), el arrastre de vegetación acuática, o por actividades humanas como la pesca y la ganadería (Albarran-Melze *et al.*, 2009; Pérez-Rodríguez, 2001). Esta especie puede habitar tanto en ambientes con agua corriente o en aguas estancadas, prefiriendo aquellos con poca corriente. Presenta hábitos alimenticios omnívoros, alimentándose principalmente de perifiton, detrito fino, diatomeas, algas epilíticas, y plantas en descomposición (Madsen, 1992; Raw 2016).

En el año 1964 se hace una de las primeras menciones de la introducción de esta especie en el continente Americano, en el estado de Texas (Murray, 1964); sin embargo, Abbott (1973) y Contreras-Arquieta *et al.*, (1998) argumentan que el caracol trompetero fue introducido en México en la década de los 60s en el estado de Veracruz. Esta especie ha presentado múltiples introducciones en diferentes partes del continente americano (Facon *et al.*, 2003). Se introdujo al continente probablemente debido al acuarismo mediante el comercio de plantas acuáticas (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014; Albarran-Melze *et al.*, 2009). Algunos autores argumentan que esta especie se encuentra ampliamente distribuida en México (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014); no obstante, no hay estudios dirigidos a conocer el rango de propagación actual de esta especie en el país ni sus efectos en el ecosistema.

Como se mencionó anteriormente, esta especie es considerada como prioritaria para su manejo y de alto impacto para México (Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007). Esto es principalmente debido a su alta invasividad y por sus efectos potenciales. Se reconoce su capacidad de erradicar macroinvertebrados nativos, principalmente otros moluscos gasterópodos y de ser vectores de

parásitos que pueden llegar a afectar poblaciones de algunos vertebrados (peces, aves y mamíferos), incluyendo a las poblaciones humanas (Pino *et al.*, 2010).

2.3.2 La almeja asiática (*Corbicula fluminea*)

La almeja asiática (Figura 2) es nativa del sur de China, Corea, el sureste de Rusia y la cuenca Ussuri (Aguirre y Poss, 1999). Es una especie con alto grado de invasividad debido a sus rasgos biológicos. Presenta hermafroditismo (el individuo posee ambos sexos) (Qiu *et al.*, 2001) y tiene la capacidad de auto-fecundarse (Foster *et al.*, 2015; GISD, 2005). Cuenta con la capacidad de resistir temperaturas que van desde los 2 hasta los 30 grados Celsius (Balcom, 1994); presenta una longevidad de hasta 7 años (Karatayev *et al.*, 2003); tiene tasas reproductivas muy altas, donde puede llegar a haber hasta 20,000 individuos por metro cuadrado, dominando la comunidad béntica (Sickel, 1986). Es hábitos filtradores alimentándose del plancton (Foster *et al.*, 2015); habita tanto en lagos como en ríos de cualquier tamaño con sustratos como arena, lodo, arcillas y grava (INHS, 1996); y resiste más a la contaminación que las especies nativas (CABI, 2015).



Figura 2. Almeja asiática (*Corbicula fluminea*).

Es una especie que en su región nativa es consumida como alimento para el humano y para aves de corral (Aguirre y Poss, 1999); incluso en algunas otras regiones, como en Nueva York suele ser vendida para el consumo humano (Phelps, 1994). En estados unidos es utilizada como carnada para pesca (Aguirre y Poss, 1999). Estos factores son algunos de los que han propiciado su introducción en el continente, aunque también se piensa que uno de los principales medios de transporte e introducción de dicha especie es mediante las aguas de lastre (Karatayev *et al.*, 2007).

Probablemente fue introducida en Canadá antes del año 1924 (Counts, 1981), y en estados unidos se tiene el primer registro de esta especie en el año 1938 (Hanna, 1966). En México se ha registrado hacia el norte del país en las vertientes del Pacífico y del golfo de México (Taylor, 1981; Hillis y Madden, 1985; Morton, 1986; Contreras-Arquieta y Contreras-Balderas, 1999; Torres-Orozco y Revueltas-Valle, 1996).

En Estados Unidos, la almeja asiática es considerada como una peste (Counts, 1981; Isom, 1986). Genera numerosas pérdidas económicas por daños a infraestructura hidráulica e hidroeléctrica (Anon, 2005; OTA, 1993; Potter y Liden, 1986), debido a las grandes masas de individuos que obstruyen tuberías y dañan la infraestructura. Por otro lado, en Ohio y Tennessee, donde los ríos son dragados para el aprovechamiento de extracción de material como arena y grava para construcción, las altas densidades de la almeja asiática incorporadas al material extraído bajan la calidad del mismo, ya que excavan a la superficie cuando el cemento comienza a fraguar, debilitando la mezcla y por lo tanto las estructuras generadas con dicho material (Sinclair e Isom, 1961). Otro caso particular sobre afectación causada por la almeja asiática es en el Canal Delta-Mendota, donde la acumulación de sedimento y de conchas de la almeja reduce la capacidad de descarga del canal (Arthur y Cederquist, 1976).

Por otro lado, algunos estudios han demostrado que la actividad filtradora de la especie resulta en una remoción significativa de los materiales suspendidos en la columna de agua, lo que provoca una considerable disminución del fitoplancton en los ríos (Leff *et al.*, 1990; Cohen *et al.*, 1984). Esta disminución en la materia particulada de la columna de agua, tiene severas repercusiones en el resto de la biota (CABI, 2015). Asimismo, la presencia de esta especie se ha asociado a mayores tasas de sedimentación, lo que puede implicar serios efectos ecológicos, así como gastos de manejo del río en actividades como el dragado. A pesar de que no hay evidencias directas, se ha asociado la presencia de esta especie con la disminución de poblaciones de especies nativas consideradas bajo amenaza en los Estados Unidos y Gran Bretaña, principalmente debido a la competencia por espacio y alimento (Aldridge y Muller, 2001). No obstante, en México no se cuenta con información acerca de los impactos tanto ecológicos como socio-económicos de esta especie (Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014).

Capítulo 3. La microcuenca del Río Jalpan

La microcuenca del Río Jalpan (Figura 3) comprende el área de captación y escurrimiento de aguas superficiales que alimentan el Río Jalpan, desde su inicio en la parte alta en el municipio de Pinal de Amoles, donde el río recibe el nombre de Río Escanela; posteriormente transcurre hacia las localidades de Escanelilla y Ahuacatlán donde recibe el nombre de Río Escanelilla; y finalmente en la cueva del diablo en el municipio de Jalpan de Serra donde recibe el nombre de Río Jalpan, hasta su desembocadura en el Río Santa María, municipio de Arroyo Seco, Querétaro. La microcuenca cuenta con una extensión de 571. 284 km². Se localiza dentro de la subcuenca hidrográfica Tampaón-Santa Martha-La Laja, en la región hidrológica Pánuco; y está ubicada en la parte norte del estado de Querétaro, formando parte de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

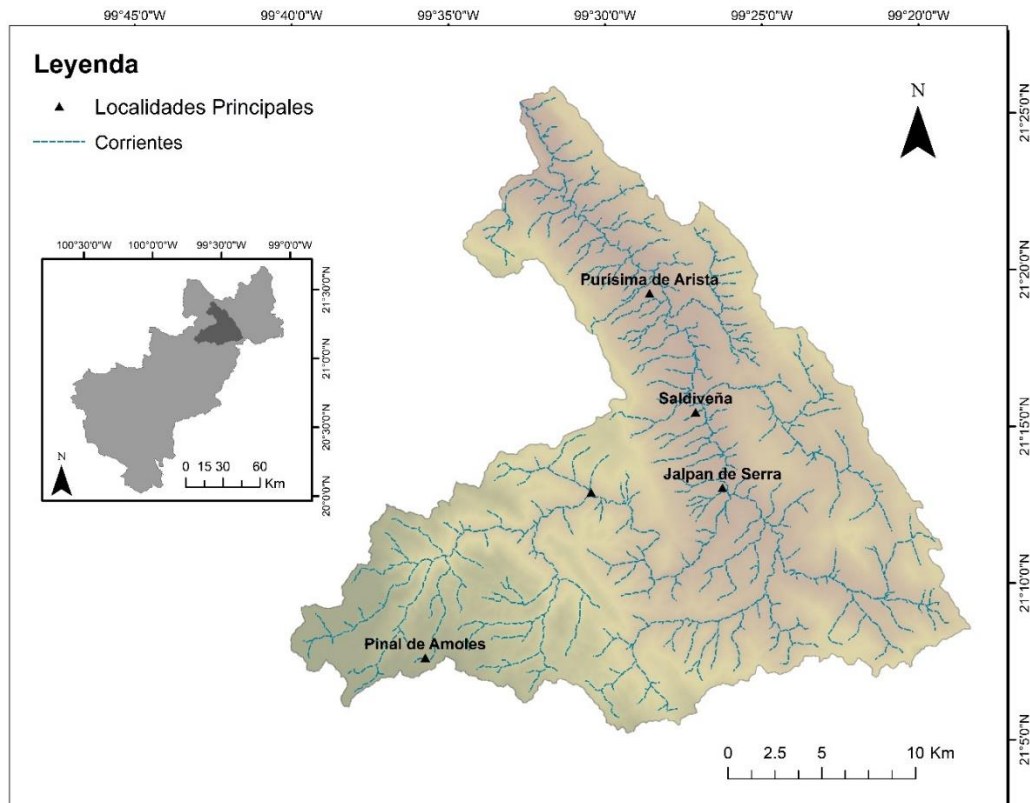


Figura 3. Localización y delimitación del área de estudio. Microcuenca del Río Jalpan, Sierra Gorda, Querétaro. Fuente: Elaboración Propia.

La microcuenca del Río Jalpan cuenta con 192 localidades. En ésta microcuenca se presenta un considerable grado de marginación, donde el 75.5% de las localidades de este territorio se encuentran un nivel de marginación de alto a muy alto, y tan solo el 6.25% de las localidades se consideran sin marginación (categorías bajo y muy bajo) (Datos abiertos del índice de marginación, CONAPO, 2010). Es decir, en la región existe un alto grado de precariedad en la estructura de oportunidades sociales para los habitantes de la microcuenca que los expone a privaciones, riesgos y vulnerabilidades sociales. Lo cual, probablemente se vea reflejado a su vez en el elevado nivel de migración, aunado al aspecto cultural, ya que el 41.6% de las localidades cuenta con registros de personas que han migrado, con un registro total de 827 personas de 5 años o más que residen en otra entidad federativa tan solo hasta el año 2010 (Censo de población y vivienda; 2010, INEGI).

En esta región predominan los climas cálidos y húmedos, con lluvias en verano y lluvias invernales. Presenta una altitud que va desde los 484 hasta los 3102 msnm. La vegetación en su mayoría se compone de selvas bajas caducifolias que se establecen principalmente en las partes bajas; sin embargo cuenta con otros tipos de vegetación como bosque de pino, encino y pino-encino, así como con áreas de cultivo, tanto de riego como de temporal (Figura 4). Desde el punto de vista de las formas del terreno en relación a su historia geológica, en la microcuenca, así como el resto de la parte norte del estado de Querétaro, se denota la presencia de calizas que imprime al paisaje moderno una típica fisiografía kárstica, caracterizada por estructuras asociadas a la disolución de la caliza por acción del agua, meteórica y subterránea. Entre estas estructuras destacan los valles, las dolinas, los sótanos y las cavernas, que incluso son un atractivo turístico en la región (Molina-Garza, 2016).

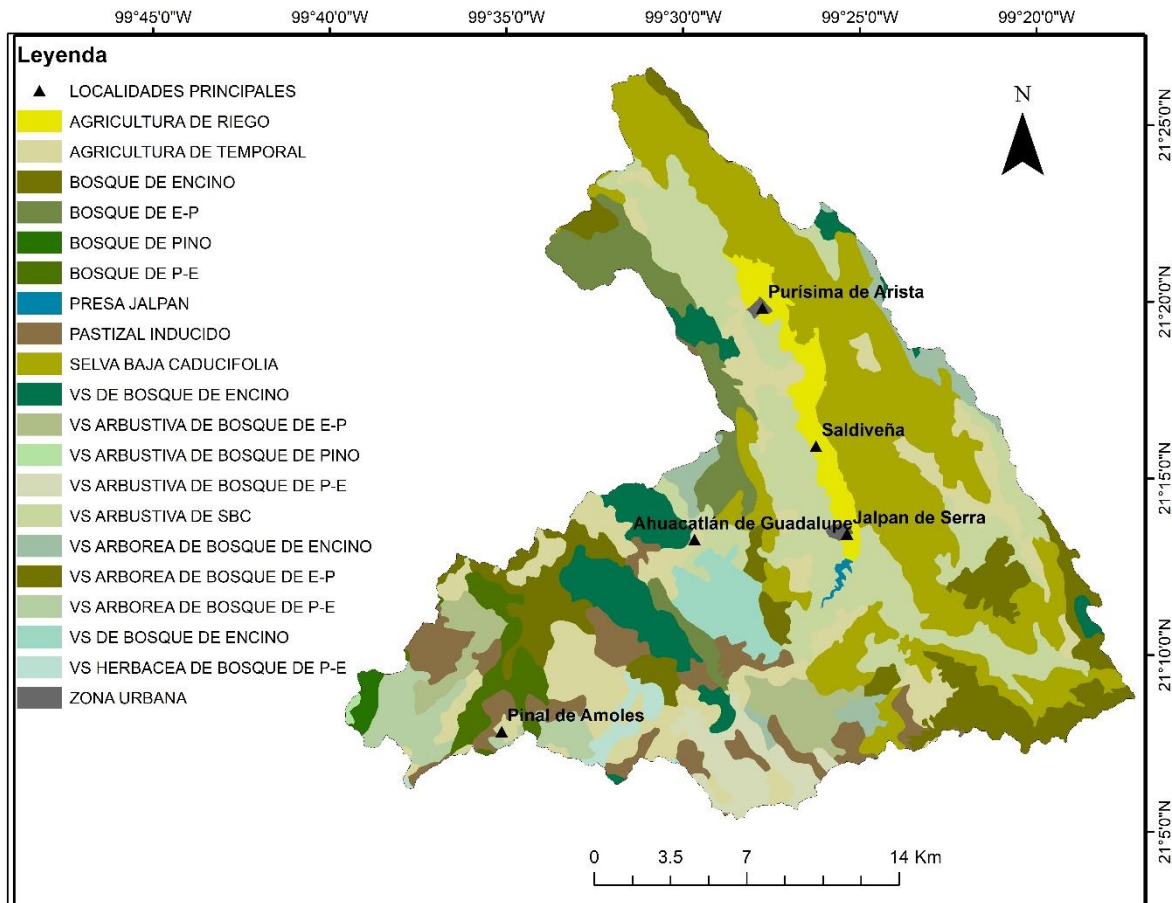


Figura 4. Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Río Jalpan. Fuente: Elaboración propia, datos de CONABIO. VS. = Vegetación secundaria; P-E = Pino-Encino; E-P = Encino-Pino.

La agricultura tanto de temporal como de riego, así como la ganadería extensiva, son de las principales actividades económicas. Asimismo, el turismo es una actividad que genera alta derrama económica en la región. Existen grupos organizados en relación a las dos primeras actividades económicas mencionadas. Estos son: i) la zona de riego, que coordina a todos los agricultores que hacen uso del agua del sistema de canales de riego que derivan de la presa Jalpan, y el otro grupo es la unión ganadera regional de Jalpan, en donde participan ganaderos de Jalpan principalmente, pero también hay algunos participantes de los municipios de Pinal de Amoles, Arroyo Seco y Landa de Matamoros.

En la parte turística, se presentan grupos que proveen de distintos servicios, como actividades ecoturísticas, hospedaje, recorridos, etc. Existen algunos centros turísticos principales en la microcuenca, tal es el caso de “El Chuveje” y Rio Escanela en Pinal de Amoles, y la Misión Jalpan y la Presa Jalpan, en el municipio con el mismo nombre. La presa Jalpan es un embalse artificial construido en el año 1976, con una capacidad de 8.7 millones de m³ y una área al nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) de 113 ha (CONAGUA s.f.), con el fin de abastecer de agua a las localidades de Jalpan de Serra, así como incentivar la actividad agrícola a través del sistema de riego. En este embalse, al momento de su construcción se introdujeron especies de peces de importancia económica, con el fin de fomentar la pesca de subsistencia, comercial y recreativa. Algunas de estas especies fueron la carpa (*Cyprinus carpio*) la tilapia (*Oreochromis sp.*) y la lobina (*Micropterus salmoides*).

En la parte baja de la microcuenca se localizan tres de las cuatro principales localidades (debido al número de habitantes). Es también en esta parte de la microcuenca donde se localizan las dos principales zonas urbanas, así como la actividad agrícola de riego, en donde se hace uso de fertilizantes y pesticidas químicos. En toda la microcuenca se encuentran tres plantas tratadoras de aguas residuales (PTARs), dos localizadas en la parte baja en Jalpan de Serra y en la localidad de Purísima de Arista, y una en la parte media de la microcuenca en la localidad de Ahuacatlán de Guadalupe. Estas plantas tratadoras liberan sus descargas directamente al cauce principal de la microcuenca y su capacidad se encuentra rebasada, a excepción de la localizada en Purísima de Arista. En sus partes altas y media la microcuenca tiene presiones de actividades como pastizales inducidos para la ganadería y la agricultura de temporal (Figura 5). Entonces, la parte baja de la microcuenca tiene presiones urbanas y por la agricultura de riego y de temporal, y la parte media por agricultura de temporal y por ganadería extensiva (Figura 11).

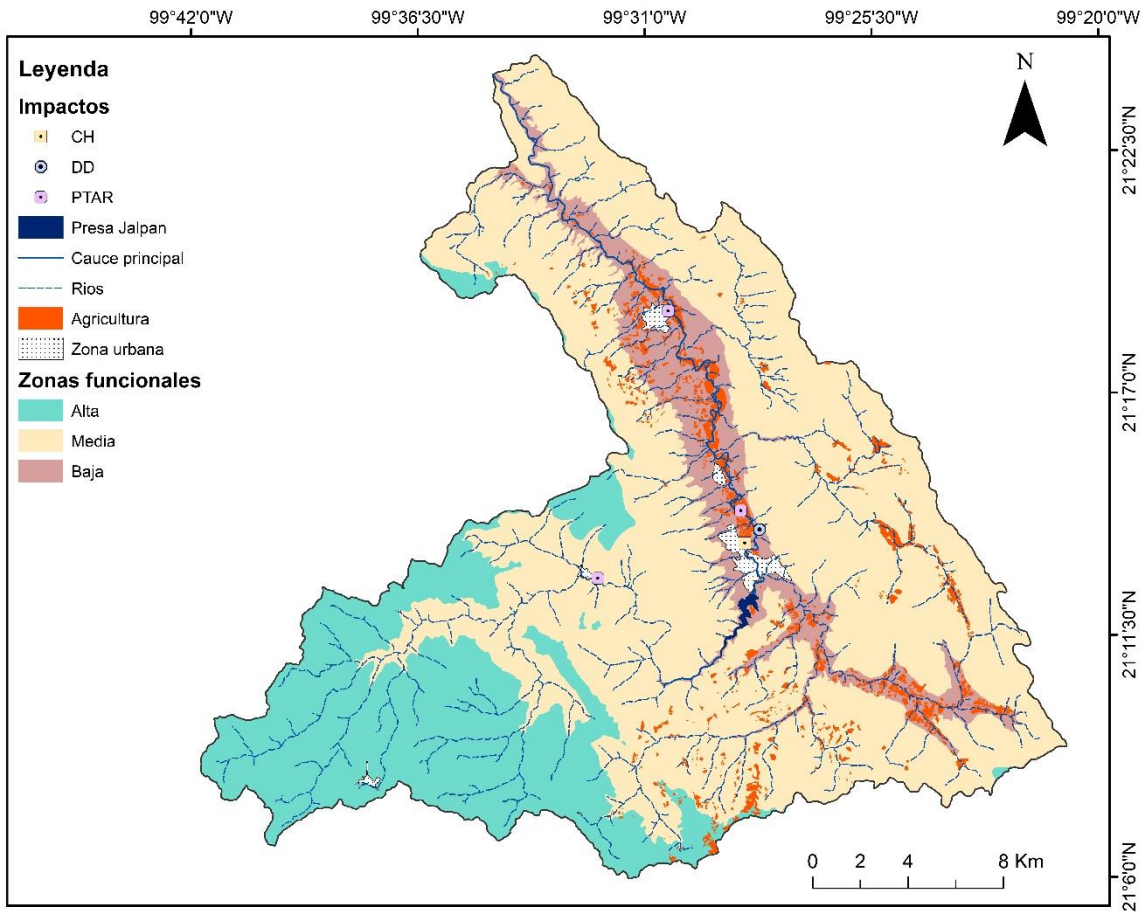


Figura 5. Impactos en la microcuenca del Río Jalpan. Fuente: Elaboración propia.
 CH = Chiqueros; DD = descarga de aguas residuales; PTAR = Planta tratadora de aguas residuales.

Capítulo 4. Métodos y herramientas

El proyecto consta de tres elementos clave (Figura 6), y de cada uno desprende una serie de actividades y métodos a realizar (Figura 7). Estos son: i) un componente ecológico, que consiste en muestrear y caracterizar las poblaciones de moluscos exóticos del cauce principal de la microcuenca (Río Jalpan) y su relación con las condiciones ambientales del mismo y de la microcuenca; ii) un componente social, donde se busca obtener información con actores clave, acerca de las perspectivas, problemáticas y potencialidades asociadas a las especies de moluscos exóticos acuáticos en la microcuenca; y iii) aspectos sobre el aprovechamiento, que incluye la identificación de zonas prioritarias, acciones y actores para establecer las prioridades de manejo de las especies en la microcuenca.

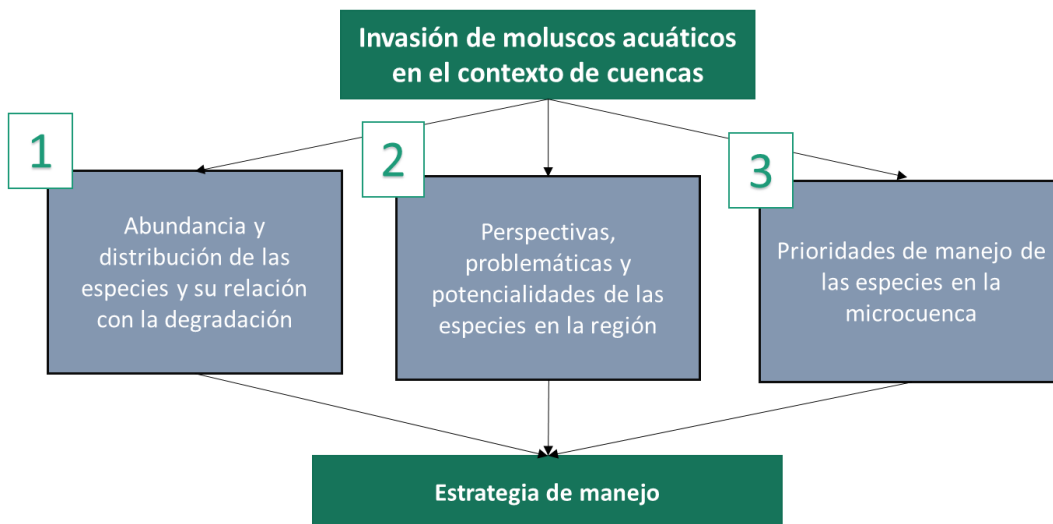


Figura 6. Elementos teórico-prácticos del proyecto.

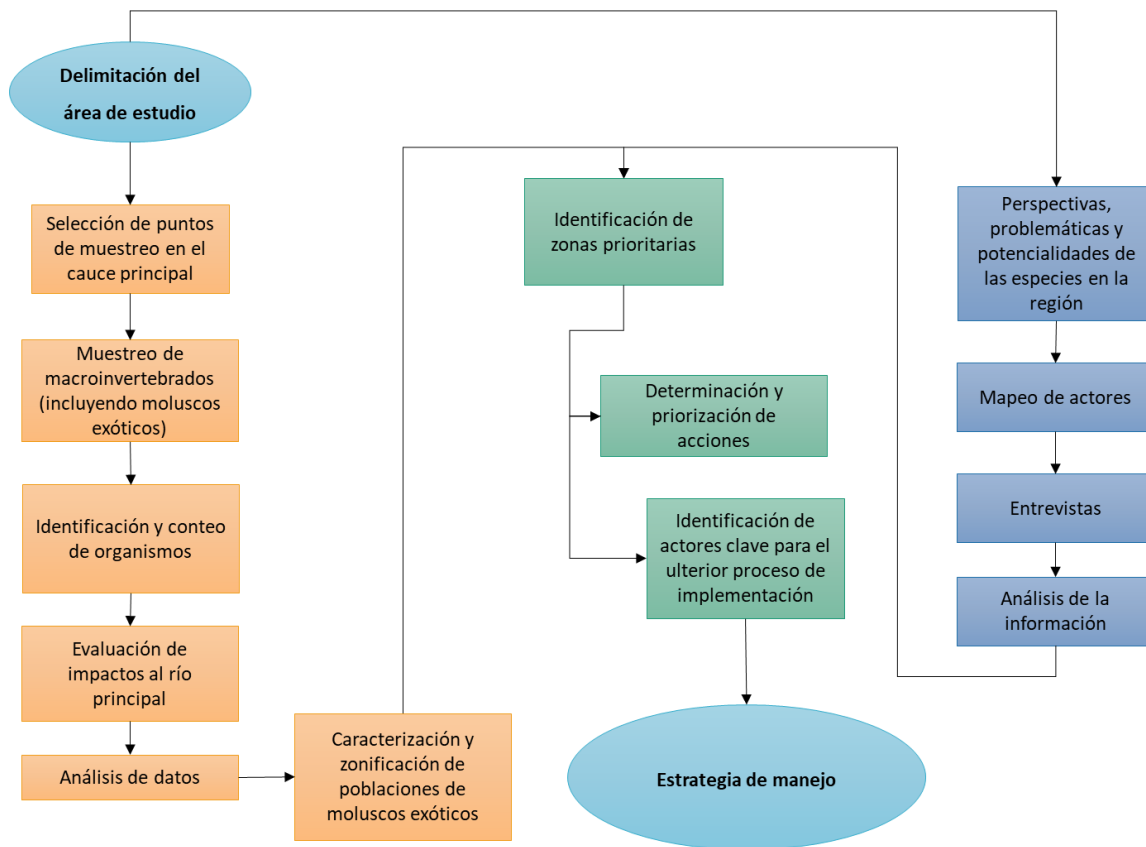


Figura 7. Ruta crítica del proyecto.

4.1 Abundancia y distribución de las especies y su relación con condiciones ambientales

4.1.1 Muestreo e identificación de organismos

Para hacer el diagnóstico de las poblaciones del caracol trompetero (*M. tuberculata*) y de la almeja asiática (*C. fluminea*), se realizó un muestreo de macroinvertebrados en distintos tramos del río principal de la microcuenca (Río Jalpan), ya que es ahí donde se reconoce la presencia de dichas especies, ya que río arriba se desconoce de la presencia de estas especies; sin embargo, es necesario un muestreo exhaustivo para corroborar tal información. Se definieron

ocho puntos de muestreo, considerando la presencia de las dos especies de moluscos exóticos, así como una consideración *a priori* de la variación en el estado de conservación de cada tramo del río y la ubicación de dichos sitios en áreas estratégicas de cada unidad de escurrimiento dentro de la microcuenca Jalpan, considerando principalmente los puntos de salida de cada escurrimiento. La evaluación *a priori* se basó en conocimiento previo del área, así como en una evaluación preliminar de la calidad ambiental visual del hábitat con base en el protocolo de Barbour (1999). Los sitios considerados fueron los siguientes: Río Adentro, La Playita, Puente USEBEQ, Presa Vieja, Saldiveña, Purísima, El Trapiche, y Desembocadura Jalpan (Figura 8).

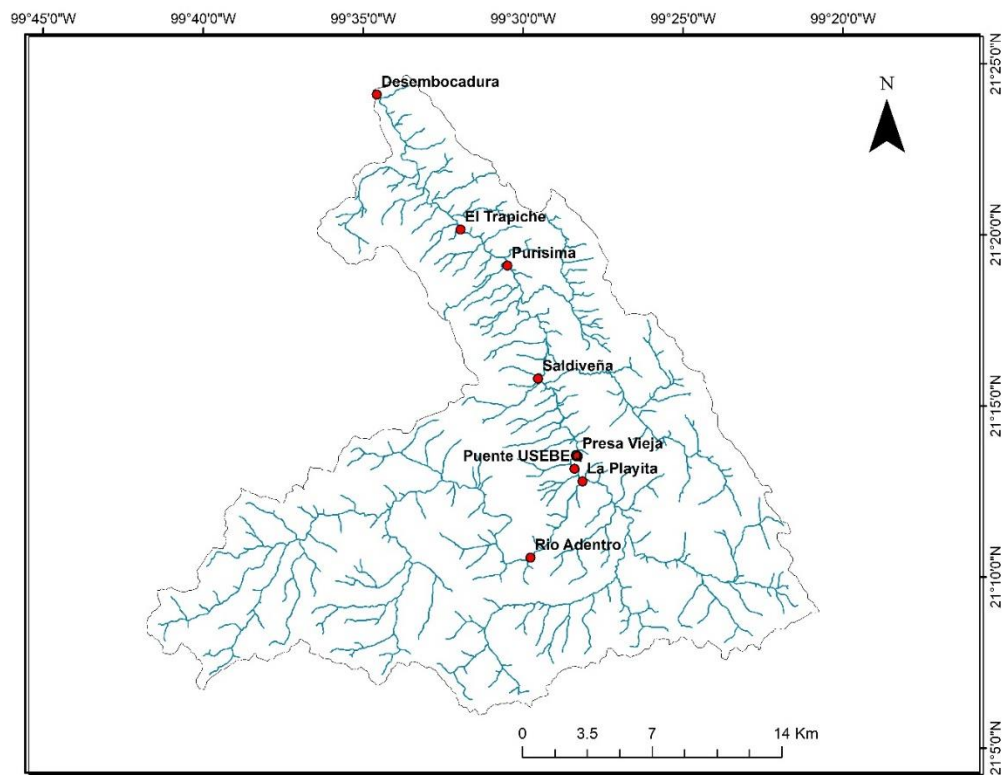


Figura 8. Sitios de muestro de los moluscos acuáticos exóticos y de evaluación ambiental.

El muestreo consistió en una recolecta directa con una red acuática tipo “D” de 30 centímetros de diámetro con una luz de malla de 300 μm . Se llevó a cabo un muestreo en cada unidad hidromorfológica identificada en cada tramo de estudio del río (Parasiewicz, 2007; Parasiewicz *et al.*, 2009), considerando que el número de muestras está determinado en función de la cantidad de microhábitats disponibles para los macroinvertebrados, con un mínimo de tres muestras por unidad hidromorfológica. Se realizaron tres muestreos durante temporadas distintas: una considerada como secas (abril-mayo); al inicio de la temporada de lluvias (julio), y al finalizar la temporada de lluvias (diciembre).

Los macroinvertebrados acuáticos (incluyendo los moluscos exóticos), se separaron del detrito y material abiótico *in situ* y colocaron en frascos con alcohol al 80% para su fijación, considerando un esfuerzo de recolecta de organismos de 30 minutos por cada unidad hidromorfológica. Posteriormente se transportaron al laboratorio de Integridad Biótica UAQ-Aeropuerto, donde la comunidad de macroinvertebrados se contabilizó e identificó a nivel de familia utilizando claves especializadas (*v.g.* Merrit *et al.* 2008), y a nivel de especie en el caso de los moluscos acuáticos exóticos (Harrold y Guralnick, 2010; Samadi, David y Jarne, 2000).

4.1.2 Análisis de las condiciones ambientales del río principal

Para analizar la relación de la invasión con las características ambientales, se consideraron aspectos físicos, químicos y biológicos: características del agua, hábitat fluvial y condición de la ribera, y un índice de integridad biótica, respectivamente, con el fin de considerar los impactos o efectos de la degradación ambiental.

Variables fisicoquímicas del agua

Se llevó a cabo una toma de parámetros fisicoquímicos del agua mediante una sonda multiparamétrica, considerando las variables: potencial de hidrogeno (unidades de pH), oxígeno disuelto (mg/L y %), temperatura (°C), turbidez (NTU); potencial de óxido-reducción, conductividad (mS/s) y solidos disueltos totales (ppm). La toma de estas variables se realizó para cada unidad hidromorfológica identificada en cada tramo de estudio del río, considerando tres réplicas en cada uno. Los muestreos se realizaron considerando tres temporadas: una considerada como secas (abril-mayo); al inicio de la temporada de lluvias (julio), y al finalizar la temporada de lluvias (diciembre).

Evaluación de la calidad ambiental visual

Para evaluar la calidad ambiental de río Jalpan se empleó el protocolo establecido por Barbour *et al.* (1998) (Cuadro 1). Se utilizaron los criterios de gradiente alto debido a las características de río, ya que la acumulación de sedimentos está principalmente dominada por sustrato grueso que supera la textura de gravas y arena. Aunque este método reconoce el tramo en estudio como 40 veces el ancho de la ribera máxima determinada en el análisis geomorfológico, es recomendable que para estudios puntuales se considere conforme a la NMX-AA-159-SCFI-2012, que el tramo corresponde a cinco veces el ancho del canal, considerado como la zona federal. La evaluación se llevó a cabo durante la fase de bajo flujo del río, ya que es en este momento cuando las condiciones son más estables y estamos evaluando la condiciones propias del sistema no de una crecida.

Esta evaluación visual rápida considera las siguientes variables:

- Sustrato disponible para la epifauna. Se refiere a la cantidad y variabilidad de sustratos disponibles para el asentamiento de macroinvertebrados.
- Embebimiento. Se refiere a la cantidad de los sustratos para la colonización de la epifauna que se encuentran cubiertos de sedimentos finos, tales como cieno o arcilla, o bien por algas filamentosas.
- Patrones de velocidad/profundidad. Esta variable califica la forma como la corriente se encuentra en el cauce, toma en cuenta la presencia de cuatro patrones: Rápido/profundo, Lento/profundo, Rápido/somero y lento/somero; debido a que se califica para el gradiente alto, se considera profundo si la columna tiene una altura mayor a 0.5 m y rápido si la velocidad es mayor a 0.3 m/s.
- Gradiente de sedimentación. Califica la acumulación anómala de sedimentos.
- Estado del flujo. Considera la forma como la corriente toca las riberas.
- Alteraciones del canal. Se consideran aquellas evidencias de modificaciones y/o alteraciones en el canal, como resultado de obras construidas por el hombre.
- Frecuencia de “*riffles*”. Toma en cuenta la frecuencia de los “*riffles*” considerando el ancho del cauce y la distancia promedio que separa a los “*riffles*”.
- Estabilidad de las riberas. Se refiere a la proporción que ocupan en el tramo las evidencias de erosión y/o fallas de las riberas.
- Protección vegetal de las riberas. Estima la proporción de las riberas del cauce que se encuentran con vegetación ribereña nativa.
- Ancho de la zona de vegetación de ribera. Estima el ancho de la zona de amortiguamiento proporcionado por la vegetación nativa de la zona riparia en ambas riberas.

Cuadro 1. Calificación de la valoración de la calidad ambiental visual (Retomado de la NMX-AA-159-SCFI-2012).

CATEGORÍA	INTERVALO	CALIFICACIÓN	INTERPRETACIÓN	ASOCIACIÓN A LAS ALTERACIONES ECOHIDROLÓGICAS DE LA NMX-AA-159-SCFI-2012
OPTIMA	16 - 20	200 - 165	Es comparable con el ambiente natural y en consecuencia se trata de zonas prioritarias para la conservación de los procesos ecosistémicos que mantienen la diversidad biológica de la zona de estudio.	Nula o mínima. Se conserva el régimen natural.
SUBÓPTIMA	11 - 15	164 - 143	Es sostenible y aunque se han perdido algunos procesos ecosistémicos, se conservan los que mantienen los mecanismos de transporte y disipación de la energía dentro del cauce, por lo que la rehabilitación de estos cauces podría hacerse únicamente con programas de intervención pasiva, como aislar a los cauces de las actividades humanas que les han impactado y muy pocas acciones activas donde ocurren programas de revegetación o de reconstrucción de riberas.	Presencia mínima de infraestructura antropogénica (caminos, granjas, descargas domésticas de aguas residuales). Alteraciones moderadas al régimen natural.
MARGINAL	6 - 10	142 - 109	Se trata de sitios con impactos de fuertes a moderados en los que los programas de rehabilitación son principalmente con programas de acciones activas, tales como, modificación de las riberas para la revegetación de las mismas.	Presencia evidente de infraestructura antropogénica. Alteraciones evidentes y significativas, pero se mantienen ciertos componentes del régimen hidrológico.
POBRE	0 - 5	109 - 0	No es un sitio sostenible, se han perdido la mayoría o todos los procesos ecosistémicos necesarios para la conservación de la diversidad biológica de zona de estudio.	Alta presencia de infraestructura antropogénica. Régimen Completamente alterado.

Evaluación de la calidad de las riberas

Se implementó el índice de calidad de riberas, propuesto por González del Tánago y García de Jalón (2011) que evalúa de forma cualitativa el estado ecológico de las riberas. El método consiste en evaluar de forma visual y cualitativa siete atributos de las zonas de ribera: continuidad longitudinal, dimensiones de la llanura de inundación, composición y estructura, regeneración natural, condiciones de los bancos, conectividad lateral y permeabilidad; a través de un protocolo y un formato establecido que considera categorías de condición y la asignación de puntaje de cada una de las variables. Este índice se realiza de manera cualitativa por al menos dos personas para evitar sesgos en la asignación de las categorías y puntajes. El índice permite identificar afectaciones estructurales y funcionales de las riberas, y a su vez proporciona opciones y sugerencias de manejo, dependiendo de las condiciones observadas.

4.1.3 Estimación de la Integridad Biótica

Para la estimación de la integridad biótica, se utilizó el Índice de Integridad Biótica basado en Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos (IIBAMA), propuesto por Pérez-Munguía y Pineda-López (2005). Se utilizaron los datos biológicos y de campo obtenidos durante el muestreo de la época de sequía, por considerar que es esta la época en la que las corrientes son más estables y porque se pueden obtener muestras de los taxones que son residentes en los sitios de muestreo, minimizando el efecto de deriva provocado por las variaciones en el flujo durante la época de precipitaciones o por ingreso accidental de fauna terrestre que ocurren en estas condiciones (Moncayo-Estrada *et al.*, 2015).

Para la estimación del índice de integridad biótica, se asume que es posible obtener información sobre la integridad de los ensamblajes biológicos con base en las características de estos, las cuales pueden variar de una forma predecible cuando se incrementa la influencia humana sobre los ecosistemas. A este grupo de características se les define como las variables de respuesta al ambiente (Torres-Olvera *et al.*, *en prensa*; Pineda-López, *et al.*, 2014.).

Las variables de respuesta al ambiente que se emplean para calcular el índice, son:

Riqueza de taxones (RT). Se refiere al número de familias de macroinvertebrados encontradas en el sitio de referencia.

Número de familias de Efemerópteros, Plecópteros Tricópteros (REPT). Se calcula con el número de familias de Efemerópteros (excepto la familia Baetidae), Plecópteros y Tricópteros; encontradas en la muestra.

El número de taxones de insectos intolerantes (RII). Se refiere al número de familias de insectos acuáticos que son intolerantes (sensibles) o muy intolerantes (muy sensibles).

Número de taxones intolerantes (#TI). A la variable anterior hay que sumarle el número de otras familias de macroinvertebrados que no son tolerantes.

Valor de la Tolerancia media. Corresponde al promedio de los valores de tolerancia presentes en la muestra.

El número de taxones fijos (#TF). Corresponde al número de taxones que tienen hábitos de vida fijos al substrato.

El índice se calcula por la suma de los puntajes obtenidos de cada variable (Cuadro 2). La información sobre cada variable del índice, como el valor de tolerancia y el hábito de vida se obtuvieron de Pineda-López *et al.* (2014).

Cuadro 2. Criterios para la asignación de los puntajes de cada parámetro del Índice de Integridad Biológica basado en ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA). Criterios para la asignación de los puntajes de cada parámetro del Índice de Integridad Biológica basado en ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA). TR = riqueza de taxones; EPTR = riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera; RSI = riqueza de insectos intolerante; RST = riqueza de taxones tolerantes; TVA = Promedio de valor de tolerancia; #CT = Número de taxones fijos. "Y" representa el valor obtenido para cada variable.

Variable	Categoría/Puntaje asignado				Respuesta ante la degradación
	1	2	3	4	
TR	$Y < 23$	$23 \leq Y < 27$	$27 \leq Y < 30$	$Y \geq 30$	Decrece
EPTR	$Y < 9$	$Y = 9$	$Y = 10$	$Y \geq 11$	Decrece
RSI	$Y < 9$	$9 \leq Y < 12$	$12 \leq Y < 14$	$Y \geq 14$	Decrece
RST	$Y < 10$	$10 \leq Y < 12$	$12 \leq Y < 14$	$Y \geq 14$	Decrece
TVA	$Y \geq 5.33$	$5.13 \leq Y < 5.33$	$4.65 \leq Y < 5.13$	$Y < 4.65$	Incrementa
#CT	$Y < 9$	$9 \leq Y < 11$	$Y = 11$	$Y \geq 12$	Decrece

4.1.4 Análisis estadísticos

Para analizar los patrones en la invasión de los moluscos y la relación con las condiciones ambientales, se realizaron una serie de análisis estadísticos previos y exploratorios, tal fue el caso de un análisis de varianza (ANDEVA) para identificar posibles diferencias entre las condiciones fisicoquímicas por cada temporada. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP)

considerando todas las variables ambientales (*i.e.* fisicoquímicas, y las variables de los índices ICAV y RQI) para identificar patrones en las condiciones ambientales y principalmente para identificar aquellas variables que explican la mayor variación de todo el conjunto de datos ambientales (Quinn y Keough, 2002). Adicionalmente, se realizaron correlaciones bi-variadas de Pearson para identificar posibles redundancias en las variables ambientales, y eliminar aquellas variables redundantes de los análisis subsecuentes.

Se realizó un análisis de clasificación en base en las abundancias relativas de toda la comunidad de macroinvertebrados y otro considerando únicamente las abundancias relativas de los moluscos exóticos, para sintetizar la información y encontrar patrones de similitud y posibles grupos. Asimismo, se llevó a cabo un análisis de similitud (“ANOSIM” por sus siglas en inglés) para corroborar con un estadístico (p) la significancia de los grupos generados por el análisis de clasificación. Posteriormente se llevó a cabo un análisis de porcentaje de similitud (“SIMPER” por sus siglas en inglés), para identificar el porcentaje de contribución de los moluscos exóticos en la diferencia entre grupos creados por el análisis que consideró las abundancias toda la comunidad de macroinvertebrados.

Finalmente, para identificar patrones generales en la invasión de los moluscos en el río Jalpan, así como las relaciones de este proceso con las condiciones ambientales, se llevó a cabo un escalamiento multidimensional no paramétrico (“NMDS” por sus siglas en inglés). Este análisis se llevó a cabo tanto considerando a toda la comunidad de macroinvertebrados, como únicamente las abundancias relativas de los moluscos exóticos. Se incluyeron los índices ambientales y de integridad biótica como indicadores de degradación y las variables de los mismos depuradas de los análisis estadísticos previos.

El análisis ANDEVA y las correlaciones bi-variadas se llevaron a cabo en el programa SPSS v. 20.0 (IBM corp., 2011). El análisis de clasificación, el ACP, el “ANOSIM”, el “SIMPER” y el “NMDS”, se ejecutaron el paquete estadístico PAST 3.3 (Hammer *et al.*, 2001).

4.2 Perspectivas, problemáticas y potencialidades

4.2.1 Sociograma (Mapeo de actores y relaciones)

Se realizó un mapeo de aquellos actores clave que pudieran estar relacionados con la problemática de las especies de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca, buscando información acerca de los usos, perspectivas, problemáticas y potencialidades de la almeja asiática y del caracol trompetero en la región. Esto se llevó a cabo mediante un sociograma o mapa de relaciones, para identificar a los actores o grupos sociales presentes en el territorio y relacionados al tema, así como las posibles relaciones entre ellos ya sean agonistas o antagonistas, así como para identificar sus fuerzas o el poder de cada actor de tipo socio-político y su capacidad de influencia en las estrategias planteadas. Estos mapas permiten identificar a aquellos actores con mayor afinidad al proceso (Alberich, *et al.*, 2009).

4.2.2 Entrevistas semiestructuradas

Se elaboró un guion de entrevista para cada actor identificado, considerando los objetivos y los temas particulares para cada uno. Es decir, se plantearon nueve guiones de entrevistas semi-estructuradas, uno para cada actor clave (los guiones de entrevistas se muestran en el Anexo 1). Estos actores clave fueron: La Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) sede Jalpan de Serra; la Asociación Ganadera local de Jalpan; La Casa de

Artesanías; la Unidad o Zona de Riego; agricultores; areneros/graveros; ganaderos; habitantes de las riberas de río Jalpan; y, Líder del grupo de pescadores.

Las entrevistas siguieron un modelo de una conversación entre iguales y no de un intercambio formal de preguntas y respuestas (*cf.* López-Estrada y Deslauriers, 2011). Las entrevistas se implementaron para obtener la información sobre la problemática (usos y problemáticas asociadas a la presencia de estas especies), y descubrir las posiciones (perspectivas) y posibles estrategias (potencialidades). Una vez comenzado el proceso de implementación de las primeras entrevistas se siguió el efecto “bola de nieve”, *i.e.* unas personas entrevistadas proporcionaron el contacto de otras (Alberich, *et al.*, 2009). Se realizaron un total de 23 entrevistas semiestructuradas y cada una tuvo una duración entre 30 y 80 minutos.

Se llevó a cabo un análisis narrativo y conversacional de los diálogos obtenidos de las entrevistas (Ryan y Bernard, 2003) a través de la codificación de la información, donde se agrupó en categorías que concentraran las ideas, conceptos o temas similares (Rubin y Rubin, 1995), para al final hacer una integración en una narrativa (Alberich *et al.*, 2009) que involucrara el contexto, la definición de la situación, las distintas perspectivas, las maneras de pensar acerca del objeto, el proceso, actividades, eventos, estrategias, relaciones y estructura, y los métodos relacionados con el problema (Bogdan y Biklen, 1992).

4.3 Prioridades de manejo

Identificación de zonas prioritarias

Para identificar las zonas prioritarias para el manejo y aprovechamiento de las especies de moluscos exóticos, se consideró la presencia y abundancia del caracol trompetero y de la almeja asiática, es decir, aquellas zonas con mayor presión de invasión (*i.e.* mayor número de individuos), que corresponden a la zona baja de la microcuenca. Asimismo, se consideraron aquellos tramos del río donde las condiciones ambientales se encontraban con un mayor nivel de degradación y cuentan con facilidades de acceso y cercanía a localidades.

Determinación y priorización de acciones e identificación de actores clave para el ulterior proceso de implementación

Para determinar las acciones que se pueden llevar cabo para dar un manejo a las especies de moluscos exóticos y a su vez obtener un beneficio socio-económico, así como para identificar aquellos posibles actores claves para el ulterior proceso de implementación, se consideraron las narrativas obtenidas de las entrevistas, tomando en cuenta el contexto, la definición de la situación, las perspectivas, las maneras de pensar acerca del objeto, el proceso mismo, las actividades y eventos relacionados al tema, las estrategias planteadas, así como las relaciones y estructura de los actores y sectores involucrados.

Capítulo 5. Diagnostico integrado para el manejo de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan

5.1 Los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan y su relación con condiciones ambientales

Dentro de la microcuenca del Río Jalpan, la almeja asiática y el caracol trompetero se encuentran en seis y siete de los sitios muestreados respectivamente, en el río principal dentro de la parte baja de la microcuenca. Desde río arriba con apenas la presencia de un individuo del Caracol, hasta la parte intermedia donde incrementa la abundancia de ambas especies en relación a toda la comunidad de macroinvertebrados acuáticos¹: La Playita (5.1% y 10.4% del caracol trompetero y la almeja asiática respectivamente), Puente USEBEQ (2.0% y 4.7%), Presa vieja (1.8% y 12.1), Saldiveña (7.6% y 6.3); y posteriormente comenzando a transcurrir hacia río abajo en: Purísima de Arista (4.5% y 4.7%) y El Trapiche (2.2% 1.2%); hasta finalmente llegar al punto de salida de la microcuenca (Desembocadura Jalpan), donde no se encontró presencia de ninguno de los dos organismos (Cuadro 3). Esto puede ser debido a que este tramo del río se seca durante la temporada de estío, lo cual limita el establecimiento de poblaciones permanentes en dicha zona.

Considerando las tres temporadas de muestreo se obtuvo un total de 658 individuos del caracol trompetero y 1,010 de la almeja asiática. En las zonas media y alta de la microcuenca las especies no han sido registradas; sin embargo, hace falta un muestreo exhaustivo en ríos y arroyos tributarios al río principal, ya que solo se puede confirmar su ausencia en el río principal en la zona alta de la microcuenca, que comprenden el Río con Escanelilla y el Río Escanela.

Los tres sitios con mayor abundancia relativa de moluscos acuáticos exóticos fueron: La Playita (7.8%), Saldiveña (6.9%) y Presa Vieja (6.9%); seguidos por Purísima (4.6%) y Puente USEBEQ (3.4%) que presentaron abundancias moderadas; el trapiche con poca abundancia de las especies (1.7%) y por último Río Adentro (0.1%) y Desembocadura Jalpan (0%), donde solo se observó un individuo del caracol trompetero en Río Adentro (Cuadro 3; Figura 9). Los sitios con mayor abundancia de moluscos exóticos reciben aportes de las escorrentías que trascurren por la parte más urbanizada de la microcuenca, que corresponde a la cabecera municipal de Jalpan de Serra.

Cuadro 3. Abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos en el río principal e impactos en la microcuenca del Río Jalpan. RA = Río Adentro, LP = La Playita, SG = Saldiveña, PA = Purísima de Arista, Tr = El Trapiche, DJ = Desembocadura Jalpan; CT = Abundancia relativa del Caracol Trompetero, AA = Abundancia relativa de la Almeja Asiática; Tot. = Promedio de la abundancia relativa de los moluscos acuáticos exóticos.

Sitio	CT (%)	AA (%)	Tot. (%)	Fuentes de degradación de la zona baja	Nivel de presión	Aportes de escorrentías superficiales (zona media)	Uso de suelo del área de drenaje de los aportes (zona media)
RA	0.2	0	0.1	Ganadería extensiva/Turismo	Bajo	Cuenca arriba (zona media y alta)	Vegetación, Peri-urbano y agricultura de temporal
LP	5.1	10.4	7.8	Urbano/Turismo	Moderado	-	Agricultura, ganadería y turismo
PU	2	4.7	3.4	Urbano	Alto	Arroyo del Real	Vegetación nativa, agricultura de temporal, y ganadería extensiva
PV	1.8	12.1	6.9	Urbano/Ganadería/Descargas de aguas residuales (Irregular y Rastro municipal)	Alto	-	Vegetación nativa, agricultura de temporal, y ganadería extensiva
SG	7.6	6.3	6.9	Urbano/Agricultura de Riego/Ganadería	Alto	San Vicente	Vegetación nativa
PA	4.5	4.7	4.6	Urbano/Agricultura de Riego/Ganadería	Moderado	Purísima de Arista	Vegetación nativa y agricultura de temporal
Tr	2.2	1.2	1.7	Urbano	Bajo	Purísima de Arista	Vegetación nativa
DJ	0	0	0	N/A	Muy bajo	El trapiche	Vegetación nativa

¹Los resultados de toda la comunidad de macroinvertebrados se presentan en el Anexo 2

La Playita presenta un uso de suelo circundante principalmente urbano, se localiza debajo de la cerrada (cortina) de la presa Jalpan, el principal embalse de la microcuenca que durante la época de secas evita el paso de agua al río de aportes de cuenca arriba, lo que reduce el flujo del río propiciando el estancamiento de sus aguas, generando estanques idóneos para el establecimiento de las dos especies de moluscos acuáticos exóticos, especialmente de la almeja, ya que se generan pozas profundas, mayores a 1 metro de tirante. Asimismo, la presa funciona como un punto de retención de sedimentos que viene de aportes de cuenca arriba. Adicionalmente, la Playita presenta presiones por alto arribo de personas ya que es un área considerada como turística, y por esta razón presenta contaminación por desechos sólidos (basura) (Figura 9).

La Presa vieja tiene presiones por los efectos de la zona urbana de Jalpan, y el uso de suelo circundante al cauce en este punto es urbano y con algunas zonas de actividad agrícola y principalmente ganadera (Figura 9). Saldiveña cuenta con actividad agrícola de riego en los márgenes del río, donde se utilizan productos químicos como fertilizantes y pesticidas, lo que puede estar generando contaminación y el aporte excesivo de nutrientes al río, aunado a las descargas de la PTAR del municipio de Jalpan de Serra que descarga cerca de este sitio y presenta con un funcionamiento deficiente, ya que está diseñada para tratar una descarga de 20 L/s y actualmente se descargan 35 L.; por lo que los 15 L. restantes se descargan sin tratamiento (solo se añaden pastillas de hipoclorito de sodio). Adicionalmente, río arriba de la descarga de la PTAR, se encuentra una descarga irregular de aguas residuales sin tratar, de 1 l/s que derivan de una colonia (La cruz) que no cuenta con drenaje conectado a la red del municipio (Figura 9).

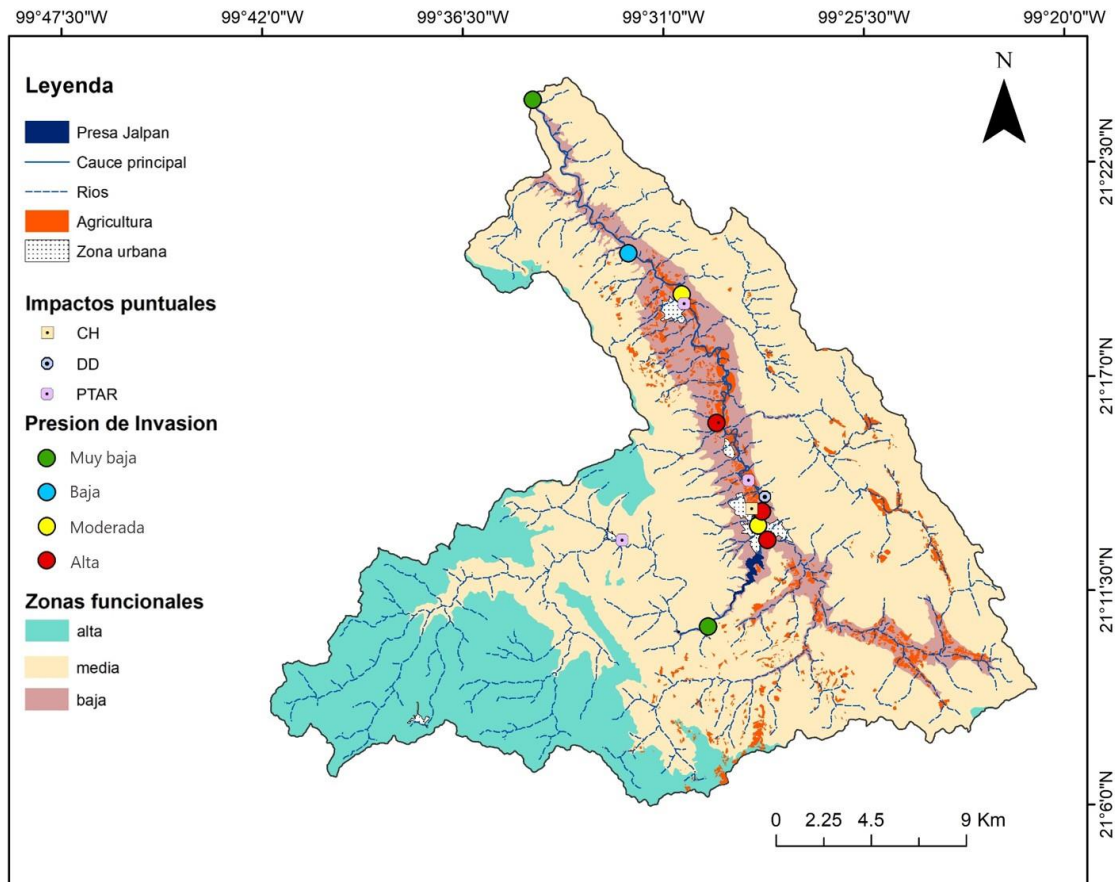


Figura 9. Presión de invasión de moluscos acuáticos exóticos y fuentes de degradación en la microcuenca del Río Jalpan. Fuente: Elaboración propia. CH = chiqueros o galpones para puercos; DD = Descarga de aguas residuales; PTAR = Planta tratadora de aguas residuales.

Los sitios con presión de invasión moderada (Puente USEBEQ y Purísima de Arista) presentan un uso de suelo circundante principalmente urbano. Puente USEBEQ se encuentra dentro de la zona urbana con mayor número de habitantes (Jalpan >10 mil habitantes) y Purísima cuenta con 2,300 habitantes (INEGI, 2010) y unos kilómetros río debajo de la última presión urbana (Saldiveña); sin embargo, también hay actividad agrícola y ganadera en la región

y recibe aportes de la planta tratadora de aguas residuales de la misma localidad; no obstante, esta se sabe se encuentra en correcto funcionamiento (Figura 15).

Los sitios con menor presión de invasión (Río adentro, El Trapiche y Desembocadura Jalpan) presentan un uso de suelo circundante con poca presión de degradación, tanto en la zona baja como en la zona media de la microcuenca que otorga aportes de escorrentías superficiales. Río Adentro se encuentra en la parte alta del Río Jalpan, antes de su afluencia a la presa Jalpan y las actividades que propician la degradación del sitio son actividad turística y ganadería; sin embargo, no son intensivas estas actividades y las riberas del cauce se encuentran conservadas (RQI = 130; calidad de las riberas muy buena). Adicionalmente, durante secas no recibe aporte de cuenca arriba ya que el río principal es de temporal en la parte media de la microcuenca. El Trapiche presenta actividad ganadera y agrícola a pequeña escala. El área urbana de este sitio está representada por una población de 225 habitantes, y se encuentra a unos tres kilómetros río abajo de distancia desde la última presión urbana y agrícola considerable proveniente de Purísima. Desembocadura Jalpan se encuentra río abajo y ha trascurrido un tramo de unos 12 kilómetros sin cambio de uso de suelo evidente y mantiene sus riberas en un estado óptimo de conservación (RQI = 147; calidad de las riberas muy buena). Este último es el sitio es el de mejor estado de conservación del uso de suelo circundante al cauce y de la zona media de microcuenca que da aportes de agua superficial. Asimismo, los efectos acumulativos se ven disminuidos ya que las presiones por las actividades humanas se encuentran a mayor distancia de este punto de muestreo (12 km.); no obstante, es la parte más baja de la microcuenca (Figura 9).

Al no obtener diferencias significativas en las variables fisicoquímicas entre las tres temporadas de muestreo ($P > 0.05$) se promediaron los valores (los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en campo se muestran en

el Anexo 3). Asimismo, se eliminaron variables ambientales redundantes para simplificar el modelo multidimensional y por lo tanto su interpretación (las variables eliminadas de los análisis multivariados se muestran en el Anexo 3).

El análisis de clasificación en base a toda la comunidad de macroinvertebrados, así como el “ANOSIM”, mostraron dos grupos de sitios ($P < 0.05$). Esto se puede explicar en relación al nivel de degradación de los mismos y a la presencia y abundancia de moluscos exóticos. Por un lado tenemos a los sitios Desembocadura Jalpan y Río Adentro, que son sitios con prácticamente nula presión de invasión de moluscos (un solo individuo en Río adentro) y los más cercanos a la condiciones naturales del sistema; donde conservan sus riberas en un muy buen estado, el uso de suelo circundante está poco modificado y está representado principalmente por vegetación nativa y los aportes que reciben de la parte media de la microcuenca también son de zonas conservadas. Por otro lado, en el segundo grupo se encuentra el resto de los sitios: La Playita, Saldiveña, Presa Vieja, Purísima, Puente USEBEQ, y El Trapiche (Figura 10), donde hay mayor presión de invasión de moluscos acuáticos, así como mayores niveles de degradación tanto por los efectos de las actividades humanas, como el uso de suelo circundante al cauce (urbano, turismo, ganadería y agricultura), así como de los aportes que reciben de la parte media de la microcuenca (agricultura y ganadería). En esta diferencia entre grupos marcada por el análisis de clasificación y el ANOSIM los moluscos tienen un porcentaje de contribución del 5.3% en el caso de la almeja asiática y de 1.8% en el caso del caracol trompetero ocupando el 5° y el 8° lugar respectivamente en el porcentaje de contribución en la disimilitud entre grupos considerando las abundancias de toda la comunidad de macroinvertebrados. El análisis de clasificación y el “ANOSIM” considerando únicamente las abundancias relativas de los moluscos acuáticos invasores, no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$).

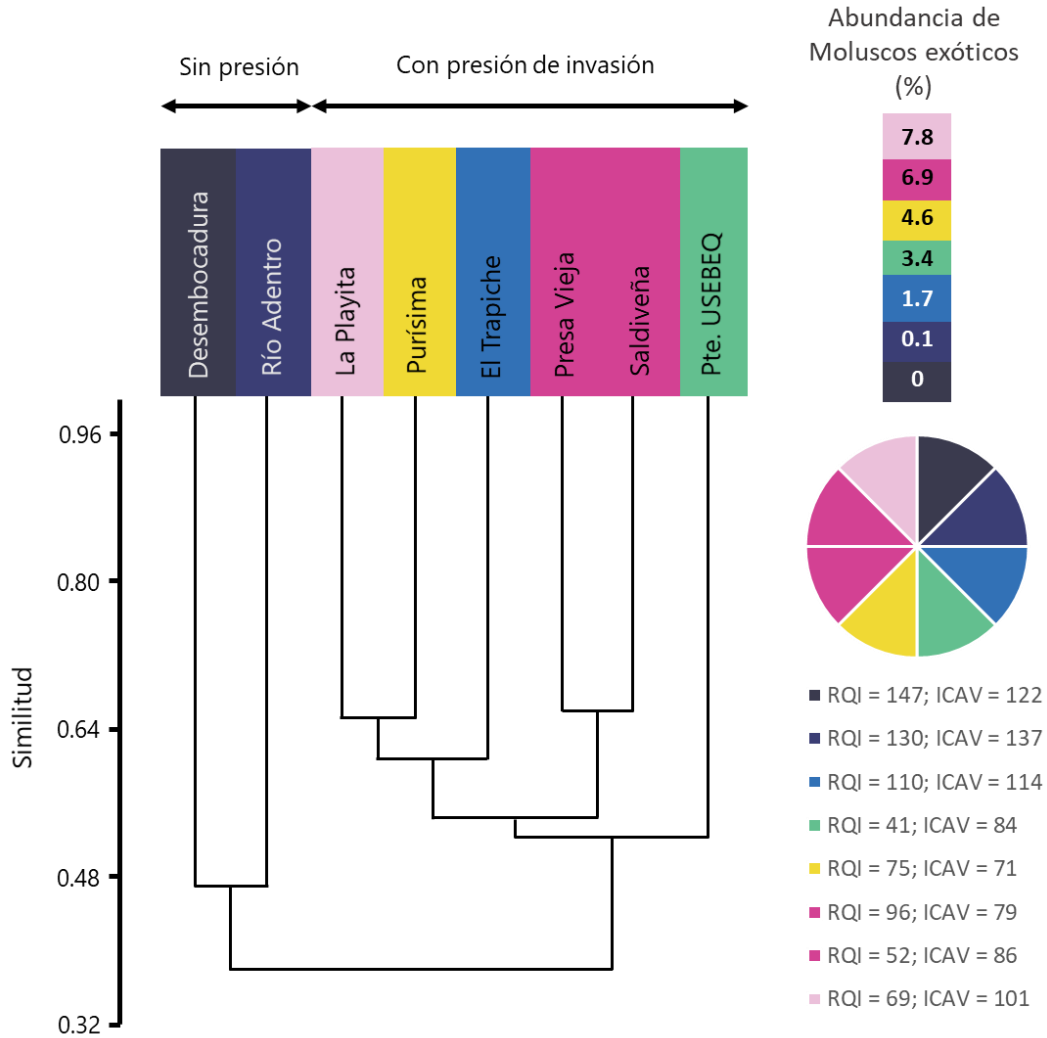


Figura 10. Análisis de clasificación con base a las abundancias relativas de toda la comunidad de macroinvertebrados. Se muestra las abundancias de los moluscos acuáticos exóticos, así como los valores del índice de calidad de riberas (RQI) y del índice de calidad del hábitat (ICAV).

En la ordenación del NMDS considerando a toda la comunidad en su conjunto el eje 1 explica la mayor varianza ($r = 0.7$), a diferencia del eje 2 ($r = 0.03$). En la ordenación se muestra que el sitio con una mejor condición ecológica es Desembocadura Jalpan, donde no se distingue la presencia de ningún molusco exótico, seguido por Río Adentro otro sitio con buena condición

ecológica y donde se encontró sólo un individuo del caracol trompetero. Estos dos sitios se relacionan con condiciones de buena integridad biótica (IIBAMA = 19 y 18 respectivamente), una condición estable del río y heterogeneidad del hábitat (ICAV = 122 y 137), riberas conservadas (RQI = 147 y 130) y cercanas su estado natural, donde mantiene su funcionalidad, así como valores de buena disponibilidad de oxígeno disuelto (6.8 y 6.49 mg/L), sin acides en sus aguas (pH = 8.19 y 8.29), y temperaturas de 20.4 y 21.1 °C. Sobre el eje 1 de izquierda a derecha, con una tendencia diagonal hacia abajo, incrementan los indicadores de degradación ambiental, así como la abundancia de moluscos acuáticos exóticos. Dos de los sitios con mayor abundancia de moluscos exóticos (Presa Vieja y Saldiveña), se ordenan en un sentido de relación de mayores niveles de temperatura (22.5 y 22.4 °C respectivamente), menor disponibilidad de oxígeno (6.1 y 4.5 mg/L), aguas con valores de pH más bajos (pH = 7.6 y 7.2), menor calidad del hábitat (ICAV = 79 y 86), una integridad biótica pobre (IIBAMA = 12 y 9), y altos niveles de degradación de las riberas (RQI = 96 y 52) (Figura 11) (Los resultados desglosados de los indicadores ambientales [Fisicoquímicos, ICAV, RQI, e IIBAMA] se muestran en el Anexo 4).

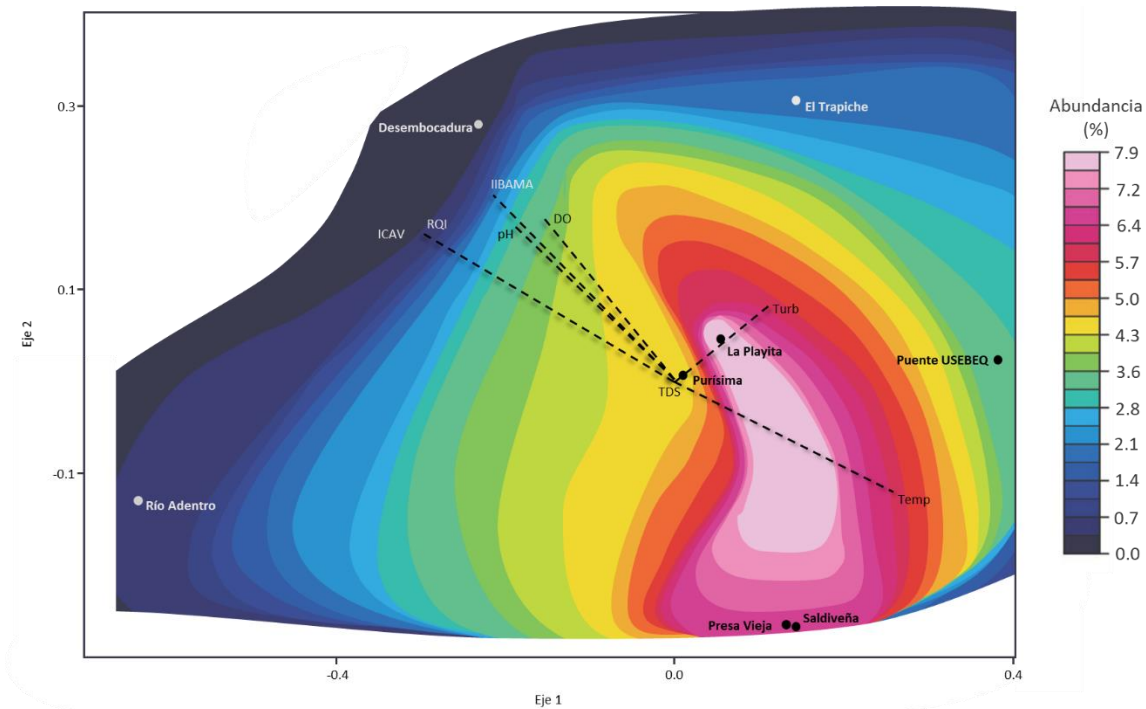


Figura 11. Escalamiento multidimensional no paramétrico con base a las abundancias relativas de toda la comunidad de macroinvertebrados presentes en el Río Jalpan. “Stress” = 0.108; Eje 1, $r = 0.7$; Eje 2 $r = 0.03$. Temp = Temperatura; TDS = Sólidos disueltos totales; Turb = Turbidez; DO = Oxígeno disuelto; pH = Potencial de hidrogeno; IIBAMA = Índice de Integridad Biótica basado en Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos; ICAV = Índice de Calidad Ambiental Visual; RQI = Índice de Calidad de Riberas. Se muestra la abundancia relativa de los moluscos acuáticos exóticos.

El NMDS con base en las abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos presentes en el Río Jalpan (Figura 12), muestra la misma tenencia de mayor abundancia de moluscos exóticos en condiciones de degradación ambiental del río. En este caso, la temperatura es un factor que está relacionado de forma significativa con la abundancia de moluscos exóticos, y que probablemente esté relacionado con la pérdida de cobertura vegetal de la microcuenca y especialmente con la vegetación de ribera. Por el otro lado, la calidad del hábitat y la calidad de las riberas son factores que están

inversamente relacionados con la abundancia de moluscos exóticos. Es decir, entre mayor degradación del hábitat se halla registrado en los sitios de muestreo, se observa mayor abundancia de estos organismos. Esto se puede deber a que las dos especies presentan una preferencia por hábitat lenticos y con sedimentos finos, proceso que se ven favorecidos por la degradación de la cuenca por las actividades humanas, y a los efectos acumulativos y fuentes de degradación puntual sobre el río. Por el contrario, la turbidez y los sólidos disueltos totales parecen estar poco relacionados con los patrones de abundancia y distribución de los moluscos acuáticos exóticos dentro del río Jalpan. Los sitios Presa vieja y La Playita, son los que mostraron mayores abundancias relativas de la almeja asiática, 12.1% y 10.4% respectivamente (Cuadro 4). Esto se puede deber a que son sitios que se encuentran contiguos a un embalsamiento de aguas, la Presa vieja y la Presa Jalpan respectivamente. Esto puede estar propiciando condiciones de hábitat más adecuadas para las especies como lo es presencia de materia orgánica en abundancia, redes tróficas menos estables, sedimentos finos en suspensión y en deposición excesiva y principalmente poco flujo en sus aguas generando un sistema dominado por pozas.

El nivel de conservación de las riberas es un factor que parece estar manteniendo el proceso de invasión en niveles moderados y bajos tal y como lo muestra el NMDS. La disminución del oxígeno y valores más bajos de pH del agua factores que están relacionados con mayor presencia de moluscos acuáticos exóticos. Esto puede estar relacionado con las grandes cantidades de aportes de nutrientes debido a la actividad agrícola y a las descargas de aguas residuales. Asimismo, son procesos que están relacionados ya que, el aumento de la temperatura y la presencia de materia orgánica aumentan la demanda química y bioquímica de oxígeno y a su vez provoca una reducción de los niveles de pH de las aguas.

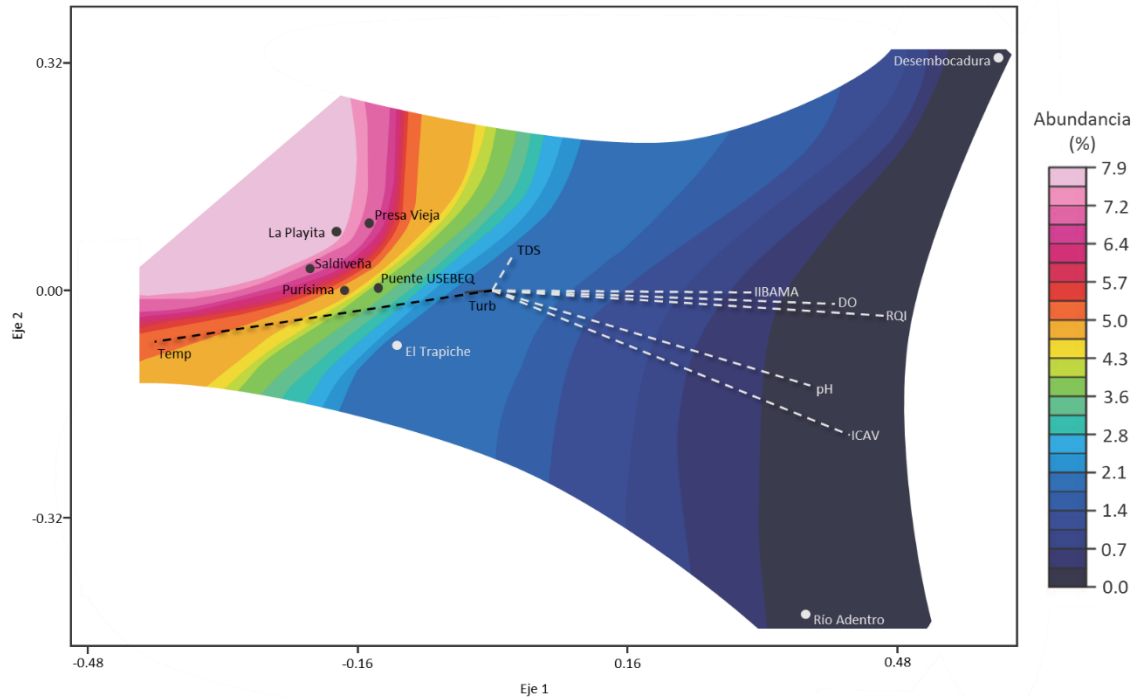


Figura 12. Escalamiento multidimensional no paramétrico con base a las abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos presentes en el Río Jalpan. “Stress” = 0.109; Eje 1, $r = 0.78$; Eje 2, $r = 0.71$. Temp = Temperatura; TDS = Sólidos disueltos totales; Turb = Turbidez; DO = Oxígeno disuelto; pH = Potencial de hidrógeno; IIBAMA = Índice de Integridad Biótica basado en Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos; ICAV = Índice de Calidad Ambiental Visual; RQI = Índice de Calidad de Riberas. Se muestra la abundancia relativa de los moluscos acuáticos exóticos.

El NMDS con base en las abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos presentes en el Río Jalpan y considerando cada una de las variables de los índices por separado permitió observar las relaciones e influencias de forma directa. Las relaciones más conspicuas que muestra la ordenación son: temperaturas más elevadas con mayor abundancia de moluscos exóticos; un flujo heterogéneo (patrones de velocidad/profundidad) como corriente fuerte poco profunda y profunda, y estanques someros y profundos, con una menor

abundancia de moluscos acuáticos exóticos; menor acumulación de sedimentos anormales en el río, así como la presencia de taxones que habitan fijos a algún sustrato firme, con una menor abundancia de los moluscos exóticos. Esto es un reflejo de que el flujo es un factor determinante en el establecimiento de los moluscos acuáticos exóticos, ya que estas especies muestran una preferencia por hábitat lenticos y con sedimentos finos (Figura 13).

Asimismo, riberas conservadas, con mayor anchura, con una continuidad longitudinal y con una heterogeneidad de formas de vida en sus especies se relaciona con una menor abundancia de moluscos exóticos. De manera general, una condición más estable de las riberas, donde hay una composición y estructura de la vegetación diversa, con diferentes edades y formas de vida de la vegetación (herbáceas, arbustos y leñosas), estabilidad en los bancos, con pocos procesos erosivos, y un canal sin afectaciones mantenido su forma y sinuosidad, se relaciona con una menor abundancia de la almeja asiática y del caracol trompetero. Esto porque esta estabilidad en las riberas fomenta el mantenimiento del cauce, la retención de sedimentos y con ello la deposición de estos en el fondo y ayuda a mantener la dinámica fluvial generando una presencia de diferentes patrones de flujo-profundidad lo que da heterogeneidad de hábitat y fomenta el mantenimiento de unidades hidromorfológicas con flujo que limitan el establecimiento de estas especies.

Además, una mayor contaminación orgánica, mayor turbidez y sólidos disueltos en el agua, se relacionan con mayor presencia de estas dos especies. La materia orgánica y la deposición de sedimento fomentan la generación de recursos y hábitat para estas dos especies de moluscos acuáticos exóticos. Por lo tanto, los efectos de degradación puntual sobre el río, así como los efectos acumulativos de las actividades humanas a nivel de microcuenca como la agricultura tanto de riego como de temporal (por el uso de pesticidas y fertilizantes que contaminan y eutrofizan el agua), la ganadería extensiva, la

urbanización y la descarga de aguas residuales pueden estar generando condiciones dentro del río que favorecen el proceso de invasión de estas dos especies. No obstante, la conservación de las riberas mitiga este tipo de impactos a nivel de cuenca actuando como un amortiguador de dicho efectos y fomentando la conservación del río, y por lo tanto generando unas condiciones cercanas a régimen natural de poca invisibilidad del río.

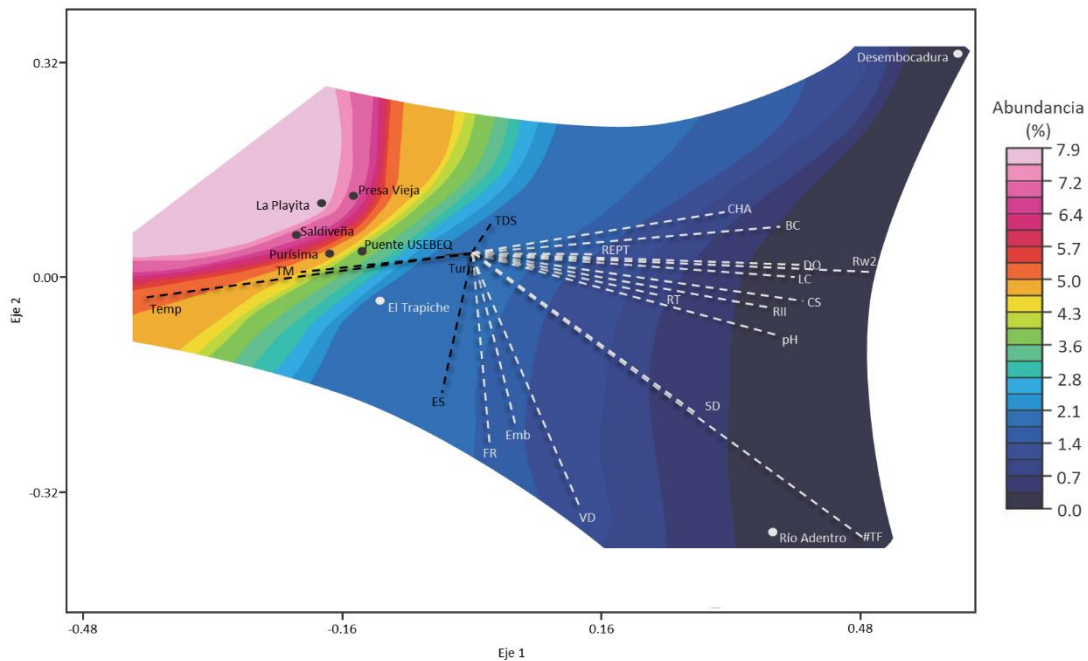


Figura 13. Escalamiento multidimensional no paramétrico con base a las abundancias relativas de los moluscos acuáticos exóticos presentes en el Río Jalpan. “Stress” = 0.109. Temp = Temperatura; TDS = Sólidos disueltos totales; Turb = Turbidez; DO = Oxígeno disuelto; pH = Potencial de hidrógeno; ES = sustrato disponible para la epifauna; Emb = embebimiento; VD = Patrón de velocidad/profundidad; SD = Gradiente de sedimentación; CHA = Alteración del canal; FR = frecuencia de rabiones; Rw2 = Ancho de la ribera; LC = continuidad longitudinal de la ribera; CS = composición y estructura de la vegetación; BC = Condiciones de los bancos; RT = Riqueza de

Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera; RII = Riqueza de insectos; TM = Valor de tolerancia media.

La degradación de la parte baja de la microcuenca parece estar favoreciendo el proceso de invasión del caracol trompetero y de la almeja asiática. El hecho de que estas dos especies no se encuentran en la parte media y alta de la microcuenca se puede deber a que los efectos acumulativos de la degradación ambiental de la microcuenca así como los efectos puntuales de degradación no sean tan evidentes y no estén potencializando este proceso, así como que la mayoría de los cuerpos de agua presentes en estas zonas son temporales y durante la época de secas no presentan agua superficial aunado a que las temperaturas de sus aguas son más templadas, alcanzando los 14 °C. Debido a este patrón de degradación-invasión que se expresa en la parte baja de la microcuenca, no es evidente un efecto directo de estas especies de moluscos acuáticos exóticos sobre los componentes bióticos, físicos y humanos de la microcuenca en sus partes media y alta; ya que sus posibles efectos ecológicos pudieran verse reflejados únicamente sobre el lugar en que se encuentran y río abajo, aunado a que la especie carece de un uso extendido actualmente en la región.

Debido a la dinámica del río durante la temporada de estío, y al embalsamiento de agua ocasionado por la presa que fomentan un sistema de pozas a lo largo del cauce, aunado a los impactos ocasionados por las actividades humanas que generan acumulación excesiva de nutrientes y de sedimentos, el río Jalpan presenta un sistema con alta invasibilidad (es propenso a la invasión), y las especies acuáticas invasoras que en él se encuentran son especies que debido a sus características biológicas presentan alta invasividad (invaden fácilmente). Por lo tanto, esta es una mancuerna perfecta para que el proceso de invasión continúe de forma exitosa si no se mejora las condiciones del cauce y la cuenca y si no se controlan las poblaciones de estas especies.

La presencia de estas especies puede afectar aspectos ecológicos dentro del río principalmente en la parte baja de la microcuenca desde la red trófica y la dinámica de nutrientes, ya que estas especies pueden generar cambios a nivel de la productividad primaria debido a su actividad forrajeo y filtrante, así como debido a las elevadas concentraciones de nitratos que generan a través de la liberación de sus sustancias de excreción, fomentando el establecimiento excesivo de algas filamentosas y con esto generar un efecto en cascada que afecte a otros niveles tróficos; pueden afectar los patrones de suspensión y deposición de sedimentos debido a su actividad forrajera y filtrante cambiando la disponibilidad de fitoplancton en el ambiente; e intervenir en la capacidad de descarga del cauce provocando un efecto de “azolve” del mismo debido a la masa de conchas depositadas en el fondo.

Asimismo, debido a las características de las especies en el contexto de la microcuenca, estas tienen el potencial de afectar actividades productivas como: la pesca, ya que especialmente el caracol trompetero es vector de numerosas especies de parásitos digeneos incluyendo a *Centrocestus formosanus* que en altas densidades puede afectar a las poblaciones de peces particularmente de la tilapia causando la muerte de los individuos (Arguedas Cortés et al., 2010); el dragado de material de río, ya que hay algunos areneros que obtienen material (grava-arena) de ciertas zonas del río para la construcción, y particularmente la almeja asiática puede crecer en tales abundancias que el sustrato del río sea remplazado por conchas, disminuyendo la calidad del material obtenido; la obtención de agua del río, debido a que las elevadas abundancias de estos individuos puede generar obstrucciones en tuberías y demás infraestructura hidráulica; y a la salud humana ya que los parásitos que transmite el caracol trompetero como el *C. formosanus* es considerado zoonótico y se han reportado casos de infección en humanos y pueden representar un problema de salud pública si se consumen peces infestados mal cocinados (Arguedas Cortés et al., 2010).

Por otro lado, representan un potencial para su aprovechamiento si se realiza de la manera adecuada. Por ejemplo la almeja, asiática es una especie comestible en su zona nativa, principalmente en Corea, y el calcio de las conchas de ambas especies puede ser utilizado de diversas formas, como por ejemplo para mejorar suelos, para aditivos en dietas de aves de corral, en técnicas de construcción natural, etc., así como su uso para la elaboración de artesanías.

5.2. Perspectivas, problemáticas y potencialidades de los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca.

En la zona baja de la microcuenca del Río Jalpan se encuentran las especies de moluscos acuáticos exóticos: el caracol trompetero y la almeja asiática dentro de su río principal. Existen diversos actores y sectores que de manera directa o indirecta están relacionados (o podrían estarlo) con la presencia y el manejo de estos organismos. A través del sociograma, se identificaron ocho actores clave que se consideraron afines al proceso de las especies de moluscos acuáticos exóticos, con el fin de buscar información acerca de los usos, perspectivas, problemáticas y potencialidades tanto de la almeja asiática, como del caracol trompetero dentro de la microcuenca.

Se consideraron como base social a aquellos usuarios directos de recursos del río, ya sea de su agua, como un espacio recreacional, del sustrato, o de los recursos naturales que provee (e.g. peces). Se incluyó a los pescadores, agricultores, habitantes de las riberas y los areneros. En el tejido asociativo se incluyeron aquellos grupos sociales con capacidades organizativas y de gestión, que vinculan a la base social con instituciones o actores de mayor poder. En este caso se consideró a la asociación ganadera, la unidad o zona de riego, y a

la cooperativa de artesanos (“casa de artesanías”) de la sierra gorda. Por último, se consideraron como figuras de poder a aquellos actores que representan una imagen de poder organizacional y en la toma de decisiones, y que tuvieran interés directo sobre aspectos de especies invasoras y la degradación ambiental. En este caso se consideró únicamente a la CONANP, ya que el resto de las instancias principalmente gubernamentales que pudieran estar relacionadas al proceso, no tienen incidencia relevante en el territorio, a diferencia de la CONANP que cuenta con sus oficinas en la cabecera municipal de Jalpan de Serra, y con una coordinación de monitoreo de la biodiversidad (Figura 14).

En la figura 14 se muestran las relaciones consideradas entre los distintos actores involucrados en el proceso. Como relaciones débiles están representadas aquellas que están unidas por una línea punteada, como relación fuerte las unidas por una línea continua, como relaciones antagónicas aquellos actores que están unidos por una línea roja marcada con una equis. Se consideraron como “opuestos” aquellos actores que se piensa están en contra de que las actividades dentro de la microcuenca que están llevando al río Jalpan a su degradación se continúen llevando de la misma manera, es decir ya que dependen directamente del río se asume que su degradación y la invasión de moluscos les perjudica de forma directa. Se consideran como ajenos aquellos que tienen poco o nada que ver con el proceso de degradación del río y de la invasión de los moluscos. Por otro lado, se consideran a “favor pero”, aquellos actores que no están a favor de la degradación del río ni la introducción de especies, pero tienen que tomar un papel de equilibrio que no limite las actividades como se están realizando actualmente y busca una mejora sin plantear un cambio total de los procesos, sino solo algunas modificaciones para mitigar el proceso. “A favor” se consideraron aquellos actores que su actividad está directamente relacionada con a la degradación del río y/o con la introducción de especies, aunque esto no lo realicen de forma deliberada o intencional, sino más bien como resultado indirecto de su actividad (Figura 14).

Asimismo, en el mapeo de actores (Figura 14) se muestran ordenados en un supuesto del poder que presentan en la región y en el proceso, así como su participación en relación al tema y las relaciones entre ellos. Se deliberó que la CONANP es un actor que representa una unidad con poder dentro del territorio en cuanto al proceso de las invasiones biológicas y su manejo, y como un elemento con relación con la mayoría del resto de los actores considerados. La cooperativa de artesanos se incluye ya que representa un actor potencial y una oportunidad para el manejo de los moluscos acuáticos invasores a través de una estrategia de aprovechamiento artesanal de estas especies. Por su parte, la zona de riego mostró cierto poder y con una relación fuerte con los agricultores, ya que coordina muchas de las actividades que estos realizan, específicamente de aquellos que hacen uso de los canales de riego para sus cultivos. Los pescadores, los areneros o graveros, los agricultores y los habitantes de las riberas se consideraron como aquellos que hacen algún uso directo de los recursos del río.

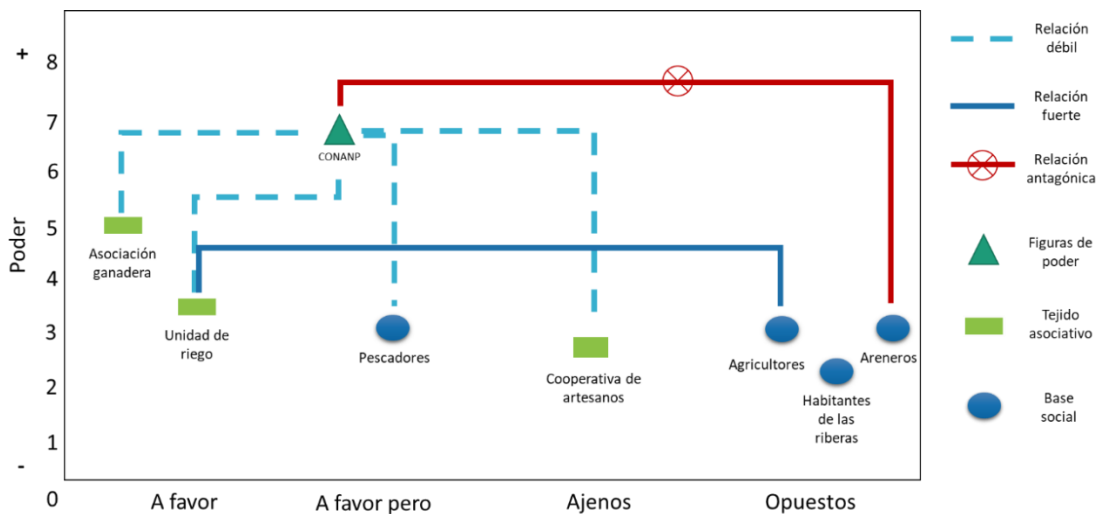


Figura 14. Sociograma de actores involucrados en el proceso de degradación del río y de introducción y manejo de especies acuáticas invasoras.

Dentro de la zona baja de la microcuenca, el río ha dejado de utilizarse por los habitantes de las riberas desde que contaron con el servicio de agua potable. Esto, aunado a la percepción general de incremento en la suciedad y contaminación del río, las personas han tenido cada vez menor relación con este hidro-socio-ecosistema a lo largo del tiempo. Específicamente en ciertas zonas como debajo de la descarga de aguas residuales de la planta tratadora de aguas residuales (PTAR) de Jalpan de Serra, (Localidad muestreada: "Saldiveña"/SG) por el aterrizaje de Jalpan y principalmente durante la época de secas, cuando la contaminación del río es evidente, y los habitantes aledaños a este argumentan que el mal olor es muy fuerte y el agua no la pueden usar ni para los animales. Es precisamente en esta zona donde también se hallaron grandes abundancias de los moluscos acuáticos exóticos, esencialmente de la almeja asiática. En esta área se evidencian los impactos acumulados y aditivos de la zona urbana de Jalpan, la actividad agrícola de riego (uso de pesticidas y fertilizantes) y ganadera de la parte baja de la microcuenca, aunado efectos puntuales sobre el río como la descarga de aguas residuales de la PTAR y la descarga irregular.

A pesar de este proceso de cada vez menor relación de las personas con el río, existe cierto grado de conocimiento de las dos especies de moluscos acuáticos exóticos presentes en el río Jalpan y algunos usos muy particulares de la almeja asiática en la presa esencialmente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Conocimiento tradicional y usos de los moluscos acuáticos exóticos de la microcuenca del Río Jalpan.

Tema	Especie	
	Caracol trompetero malayo (<i>M. tuberculata</i>)	Almeja asiática (<i>C. fluminea</i>)
Introducción y establecimiento	Hace aproximadamente 20 años. Introducción accidental. Probablemente transportados en contenedores, material de pesca, o siembras de peces. Se identifica un incremento de sus abundancias a lo largo del tiempo	Hace unos 8 años. Introducción accidental. Probablemente transportados en contenedores, material de pesca, o siembras de peces. Se identifica un incremento de sus abundancias a lo largo del tiempo, principalmente en los últimos dos años
Hábitat	Se encuentran principalmente en las orillas del río cuando el nivel del agua baja. En zonas con arena o fango (sedimentos finos)	Se encuentran principalmente en la presa Jalpan y en “la Playita” y en las pozas del río cuando el nivel del agua baja. En zonas con arena o fango (sedimentos finos)
Ecología	La carpa se alimenta de los caracoles en la presa; y con el forrajeo de esta, disminuyeron las abundancias del caracol en algunas zonas de la presa	-
Usos Actuales	-Alimento ocasional para aves (sólo los ejemplares juvenes)	-Recreacional: los niños y los jóvenes las sacan para jugar con ellas, “escribir” su nombre o llevárselas en “bolsadas” -Consumo humano: En la presa hay un pescador que con su familia las consumen en arroz cocido y en caldo -Alimento ocasional para aves (sólo las almejas juveniles)

Hay una mención general de los distintos actores entrevistados, de que no se contaba con la presencia de estas especies (caracol trompetero y almeja

asiática) hace unos 20 años atrás aproximadamente. Específicamente, se identifica que el caracol trompetero se introdujo de manera fortuita a través de contenedores, material de pesca o siembras de peces que llegaban a la presa hace unos 20 años. Por su parte, la introducción de la almeja asiática se rastrea más reciente, de unos 8 años atrás a través del mismo proceso accidental de introducción; sin embargo, se reconoce su amplia distribución y su incremento en abundancia de manera significativa en los últimos dos años.

Se sabe que son especies que suelen habitar las partes con poca corriente y con mayor dominancia de sedimentos finos como arena y fango. Se reconoce que el caracol suele habitar las orillas del río y la almeja asiática en las pozas; y que se encuentran en mayores abundancias cuando el nivel del río y la presa baja. La almeja asiática se suele encontrar en grandes abundancias cuando el nivel de la presa baja unos 5 metros. La zona donde se identifica la mayor abundancia de la almeja asiática es en la presa Jalpan y en “La Playita”. Esto se puede deber a que son de las zonas más transitadas por recreación y pesca, y de acuerdo al muestreo realizado, hay elevadas abundancias de ambas especies, principalmente de la almeja asiática en estos sitios.

Respecto a la ecología de estos moluscos o a la relación que tiene con otras especies, se tiene poco conocimiento. “Don Mario” (pescador de la presa Jalpan) comentó que la carpa suele alimentarse del caracol trompetero. Incluso, comenta que anteriormente había zonas en la presa donde se encontraban grandes abundancia del caracol, hasta que la carpa con su actividad de forrajeo redujo las poblaciones de esta especie.

El caracol trompetero carece de un uso actual en la microcuenca. Por otro lado, la almeja asiática presenta unos usos muy particulares. En distintas partes del río y principalmente en la presa, las personas (esencialmente los niños y

jóvenes) suelen coleccionar las conchas de la almeja para jugar o llevárselas. Es decir, en la parte baja de la microcuenca, la almeja asiática suele utilizarse con fines recreacionales. Asimismo, en la presa, Don Mario y su familia llegan a consumir a la almeja asiática. Durante la época de secas la consumen frecuentemente. Para él, su familia, y amigos es considerado como un banquete, mencionó Don Mario. “Tres o cuatro veces por semana se hace la pachanga y queda bien sabrosa”. Principalmente se la comen en el arroz, “bien cocida”, o en caldo. Para prepararla solo lavan bien las almejas con un cepillo y las enjuagan; además las dejan tres días en un balde con agua limpia de la misma presa, que se cambia cada día, para que se “purguen” y saquen toda la “cochinada” que traen adentro. No utilizan agua de garrafón o de la llave ya que no duran tantos días vivas ahí debido al cloro en el agua.

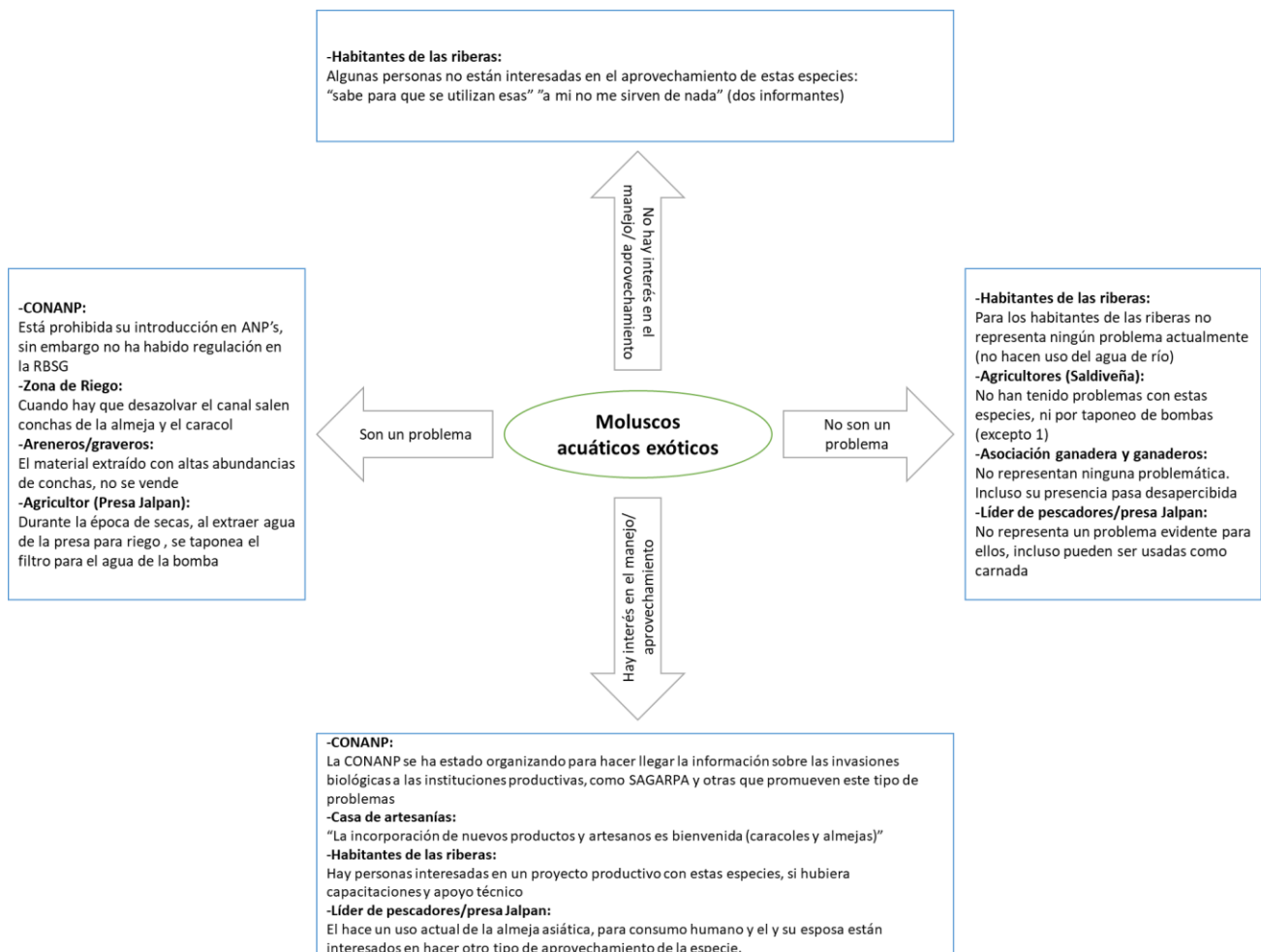


Figura 15. Tetralema de las opiniones y posturas respecto a la situación y el manejo de los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan.

Para algunas personas la presencia de estas especies pasa desapercibida; ya que no representan ningún uso comercial, como alimento o alguna problemática asociada su presencia. No obstante, existen diversos actores que consideran la presencia de estas especies como una problemática (Figura 15). Tal es el caso de la CONANP, ya que como la institución encargada de gestionar y dirigir acciones y proyectos encaminados a la conservación de la biodiversidad nativa de la Reserva, está consciente de los posibles impactos que pueden ocasionar las especies invasoras, y de las necesidades de la región por tener información de calidad y oportuna acerca de estas, su distribución, función en el ecosistema y efectos potenciales.

Por otro lado, existen algunos actores dentro de la parte baja de la microcuenca que hacen uso de algún recurso del río y/o la presa, y han tenido alguna situación poco favorable en relación a la presencia de estos moluscos acuáticos exóticos. Tal es el caso de los miembros de la “Zona de Riego”, quienes periódicamente realizan actividades de mantenimiento a los canales de riego, y esto incluye el desazolve del mismo. Comenta el encargado de esta organización (Pablo Martínez), que cuando llevan a cabo esta tarea al retirar la tierra y el sedimento del canal también tienen que retirar grandes cantidades de conchas de la almeja asiática principalmente. Asimismo, las personas que aún extraen “grava-arena” del río, comentan que hay ocasiones en que el sustrato es sustituido por conchas de la almeja asiática (vivas y muertas), o simplemente se encuentran en elevadas abundancias. Cuando esto sucede, el material extraído no sirve para la construcción y pierde su valor, por lo que no pueden venderlo. Esto es porque las conchas se quedan entre el cemento y se quiebra, ya que cuando la mezcla comienza a fraguar las almejas vivas excavan hacia la superficie debilitando la estructura. Por lo tanto, comentan los areneros que para

ellos si es un problema que aparezcan estas especies en el río. Adicionalmente, existe el caso de un agricultor en la Presa Jalpan, que durante la temporada de secas tiene el problema de que las conchas del caracol trompetero y la almeja asiática obstruyen el filtro de agua de la bomba que utiliza para el riego de su cultivo. Por otro lado, el resto de los agricultores y ganaderos y habitantes de las riberas entrevistados comentan que no han tenido ningún problema asociado a la presencia de alguna de estas especies (Figura 15).

La incidencia de estas problemáticas se puede asociar a las abundancias de moluscos obtenidas en el muestreo, ya que algunos de los sitios con mayores abundancias del caracol trompetero y de la almeja asiática (Entre Saldiveña y Purísima), se localizan en donde hay mayor presencia de agricultores y donde se llevan a cabo las actividades de extracción en el río y las problemáticas anteriormente mencionadas. Asimismo, en la presa Jalpan y La Playita también de obtuvieron altas abundancias a través del muestreo, que corresponden con el mayor reconocimiento de estas especies por los habitantes.

Respecto a las oportunidades de aprovechamiento de estas especies, la mayoría de los actores entrevistados mostraron interés; no obstante, hubo algunas personas que no consideraron el manejo de estas especies como una oportunidad para generar ingresos adicionales o para una disminución de sus gastos económicos (Figura 15). Las personas que consideran una posible oportunidad de el aprovechamiento de los moluscos acuáticos exóticos, visualizan un uso artesanal, para elaborar figuritas, recuerdos, adornos, etc. Adicionalmente, se muestra interés en la participación en un proyecto productivo con estas especies desde los habitantes de las riberas y la casa de artesanías, haciendo énfasis en la necesidad de su respectiva capacitación y orientación en el manejo del material y en el diseño y desarrollo de un proyecto que implemente el uso de estos ejemplares en la elaboración de múltiples productos con alto valor estético y/o funcional y representaciones culturales y ambientales.

La coordinación de la Casa de Artesanías de Jalpan de Serra considera el uso de especies acuáticas exóticas, específicamente de los moluscos, como una buena oportunidad. La incorporación de nuevos productos y nuevos artesanos es bienvenida en esta organización, ya que se considera que todo producto tiene un nacimiento, crecimiento y maduración. Anteriormente, ha habido gente que les ha comentado sobre las “conchitas” (almeja asiática) que hay en la presa; sin embargo, no se ha planteado una propuesta formal para utilizarlas en la elaboración de artesanías. Para poder introducir las al mercado, hay que saber su historia, el nombre de la especie, por qué y dónde se da, y que significa su presencia; ya que esa historia surge la estrategia de “*marketing*” para llegar al cliente. La casa de artesanías lleva poco más de 10 años de funcionamiento y cuenta con estrategias para poder promover y comercializar los productos (artesanías) de una manera efectiva y con mayor alcance que la que de manera general puede tener un productor/artesano de forma aislada.

Actualmente, esta organización cuenta con alrededor de 160 artesanos participando. Entre ellos se incluyen los trabajos de madera, textiles, fibras vegetales (como la palma), la alfarería, talabartería, lapidaria, y bisutería. Dentro de este grupo de artesanos se incluyen habitantes de la parte baja, media y alta de la microcuenca, así como algunos de fuera de la misma. Los productos que más se comercializan son principalmente los alimentos, tales como los paches, los alfajores, las gorditas, el ate de guayaba, mermeladas; seguido de la herbolaria, principalmente de los productos de la Señora Valentina Morales, del Carrizal, Jalpan, de la zona media de la microcuenca. La parte textil también es una de las más comercializadas, como las camisas bordadas. Por otro lado, asociado a la parte turística, durante ciertas temporadas, también son muy comercializados los “recuerditos”. Este es el tipo de mercado que se podría considerar como potencial para aquellos productos elaborados con conchas de moluscos acuáticos exóticos. La principal zona de comercialización se encuentra

en la plaza principal de Jalpan de Serra, una de las localidades dentro de la RBSG con mayor tránsito turístico.

La casa de artesanías puede fungir como el centro de organización y capacitación de las personas que estén interesadas en generar productos artesanales con el caracol trompetero y la almeja asiática, así como de la comercialización de los productos generados. Por su parte, personal de la zona de riego, y/o el líder de los pescadores de la presa Jalpan, ya que sus actividades y disposición lo permiten, podrían ser proveedores de los materiales (conchas) para la casa de artesanías. Asimismo, las actividades de estos dos actores mencionados anteriormente se desarrollan en zonas donde hay elevadas abundancias y por lo tanto disponibilidad de ambas especies, donde pudieran obtenerse caracoles y almejas para la elaboración de este tipo de productos, convirtiendo los “desechos” de una persona, en la materia prima de otra, a través de un proceso de remoción de ejemplares de zonas con alta presión de invasión de moluscos, moviendo elementos de la zona baja de la microcuenca, a otras más (media y alta) e incluso fuera de la misma como un subproducto.

5.3 Prioridades de manejo de las especies de moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del Río Jalpan

Para cambiar los modos de apropiación de un recurso, es necesario cambiar las historias relacionadas a él. Así, un indicador de degradación y contaminación, puede convertirse en un generador de prosperidad a través de una posible mejora del ecosistema mediante la remoción de especies con alto potencial nocivo tanto para componentes físicos y bióticos, como humanos; promoviendo ingresos económicos adicionales para algunos habitantes de la microcuenca, que como se mencionó anteriormente es una necesidad en la

microcuenca ya que hay un alto grado de marginación, que incluye situaciones socioeconómicas desfavorables para el desarrollo humano. Asimismo, fomentar el empoderamiento y la revalorización de la cuenca, los hidro-socio-ecosistemas, y sus recursos naturales.

Para este proceso la participación social es clave, ya que esto permitirá la interacción con el río y sus recursos generando esta revalorización del mismo, y a su vez son los habitantes de la cuenca los que darán un uso a este recurso potencial que son las especies invasoras de moluscos acuáticos que hasta ahora solo son vistos como organismos nocivos para algunos y que pasan desapercibidos por otros. Asimismo, es necesario la participación de instancias públicas en la regularización de estas especies, ya que la zona como ANP, se tiene prohibido la introducción de especies exóticas; sin embargo, en la microcuenca esta situación no se encuentra regulada ya que se han introducido diversas especies de forma deliberada, como lo es la lobina, la carpa y la mojarra especialmente en la presa Jalpan.

En este sentido, el enfoque ambiental y las políticas públicas, aunado a la presencia de la CONANP en la microcuenca, son elementos que dentro de lo operativo favorecen la toma de decisiones y la implementación de estrategias de manejo de las especies acuáticas invasoras. Es decir, debido a que la microcuenca forma parte de un área natural protegida que prohíbe la introducción de especies exóticas, así como la política pública desde otras leyes y normas impiden su introducción de forma deliberada y exigen un manejo sustentable de los recursos hídricos y su biodiversidad, así como los riesgos potenciales anteriormente mencionados que estas especies representan para la microcuenca y para la reserva, es imperante la implementación de acciones que busquen mitigar sus posibles impactos tanto ambientales como socio-económicos. Asimismo, la CONANP, dados sus objetivos y alcances, puede fungir como el ente articulador y detonante de programas y acciones que

planteen la implementación de las estrategias planteadas para el manejo de estas especies.

Gracias al muestreo realizado en el río, la caracterización de la condiciones de la microcuenca y de los sitios de muestreo dentro del río, así como la información obtenida mediante metodologías cualitativas con actores clave, y la integración de estos elementos, se identificaron algunas acciones que pudieran considerarse como prioritarias y de alta factibilidad para el manejo de los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca del río Jalpan. Algunas de estos proyectos y acciones se enlistan en los siguientes cuadros:

ACCIÓN/USO POTENCIAL: Consumo humano	
ZONAS DE INFLUENCIA	Esencialmente Baja
LOCALIDAD(ES)	Jalpan de Serra; Purísima
ESPECIE(ES)	Almeja asiática (<i>C. fluminea</i>)
ZONA DE OBTENCIÓN DE EJEMPLARES	Presa Jalpan, La Playita, Purísima
FACTIBILIDAD	Alta. Debido a los antecedentes en el consumo de esta especie en zonas donde es nativa.
DESCRIPCIÓN	
<p>La almeja asiática es una especie que es altamente consumible por el humano. En su región nativa es ampliamente consumida. En Asia es un ingrediente común en sopas y caldos. Específicamente en Corea es el ingrediente principal del platillo “Jaecheopguk”, una sopa hecha esencialmente con la almeja asiática (<i>C. fluminea</i>). En Estados Unidos hay algunas localidades donde llega ser consumida. Asimismo, dentro de la microcuenca hay antecedentes de que es consumida en la presa Jalpan, al menos por Don Mario y su familia. Considerado un banquete, no han tenido problemas de salud asociados a su consumo; no obstante, siguen un proceso riguroso de purga y limpieza y preparación.</p>	

JUSTIFICACIÓN	
<p>Es necesario implementar técnicas de remoción de ejemplares para disminuir la presión de invasión de estos organismos disminuyendo y controlando sus abundancias. El extraer ejemplares para su consumo, demanda una cantidad considerable para preparar algún platillo, ya sea algún caldo, o en cualquier otra preparación. Específicamente esta práctica exige la extracción de ejemplares vivos, y no solo de las conchas “vacías”. Asimismo, la microcuenca presenta situaciones económicas de desventaja económica para numerosas familias, por lo que considerar un elemento que puede incorporarse a la dieta y con alto valor nutricional y de obtención gratuita del río, puede fomentar el mejoramiento de la calidad de vida de algunas familias, la relación con el río y la revalorización de los recursos naturales.</p>	
CONGRUENCIA	
<p>Es necesario mantener a las ANPs libres de especies invasoras ya que ponen en riesgo el mantenimiento de la biodiversidad y de servicios ecosistémicos. Por lo tanto, en áreas ya invadidas es importante monitorear y mitigar los posibles impactos de estas especies. La almeja asiática es una especie que puede ser considerada para su consumo humano, reduciendo las poblaciones en vida libre y generando un nuevo elemento de consumo que brinda la presa y el río adicional a las especies de peces.</p>	
PROCESO	ACTORES INVOLUCRADOS/QUIENES PUEDEN PARTICIPAR
<ul style="list-style-type: none"> -Es pertinente una estrategia de divulgación del uso potencial que tiene la almeja asiática para el consumo humano. -Se requiere de la recolecta de ejemplares ya sea de la presa Jalpan o de La playita, u otros lugares con buenas condiciones de salubridad. La colecta puede ser manual directa o con materiales como palas, cubetas, o con pequeñas dragas. -Don Mario puede coleccionar y proporcionar ejemplares. -Su incorporación a platillos y preparación se considera como si fuese cualquier otro tipo de almeja, incluso marina. -Es importante un proceso de purga y limpieza de los ejemplares y una buena cocción. 	<ul style="list-style-type: none"> -Cualquier persona que desea consumirla. -Restaurantes pueden incluir platillos con esta especie y con un valor agregado ya que fomenta la conservación. -Don Mario puede recolectar los ejemplares y compartir sus experiencias consumiendo la especie.

CONSIDERACIONES PARTICULARES	INDICADORES DE EVALUACIÓN
<p>-Considerar el factor de riesgo potencial a la salud si no hay un proceso de limpieza y preparación adecuado; sin embargo no ha habido casos previos lo que alienta su uso.</p> <p>-Puede ser poco conveniente el consumo de ejemplares provenientes de zonas altamente contaminadas como: Puente USEBEQ, Presa vieja y Saldiveña (zonas contiguas a descargas de agua residuales).</p> <p>-No se recomienda el dragado excesivo o altamente tecnificado ya que provocaría la re-suspensión de los sedimentos depositados en el fondo.</p>	<p>-Reducción y/o mantenimiento de las densidades de la almeja asiática en la presa y la playita y demás sitios de obtención.</p> <p>-Número de personas, familias o restaurantes que incorporen la especie a sus dietas o sus platillos respectivamente.</p>

ACCIÓN/USO POTENCIAL: Productos confeccionados con calcio de conchas con destino animal y vegetal	
ZONAS DE INFLUENCIA	Alta, media y baja
LOCALIDAD(ES)	Toda la microcuenca
ESPECIE(ES)	Almeja asiática (<i>C. fluminea</i>) y Melanoides tuberculata
ZONA DE OBTENCIÓN DE EJEMPLARES	Se recomiendan sitios con altas densidades de conchas (i.e. La playita, Presa vieja y Saldiveña)
FACTIBILIDAD	Moderada. Debido a las necesidades de evaluación a escala piloto del uso de este ingrediente
DESCRIPCIÓN	
<p>La concha de los moluscos está compuesta principalmente de carbonato de calcio. Se puede generar una harina de las conchas “vacías” de la almeja asiática y el caracol trompetero, la cual pueda construir un suplemento alimenticio económico principalmente para aves de corral, ya que el calcio se encuentra presente como carbonato de calcio y es de forma asimilable para los organismos vivos. Es posible sustituir el carbonato de calcio de origen mineral por la harina de concha en dietas para especies de producción avícola, ayudando a mantener la integridad de la cáscara de</p>	

huevo al proporcionar calcio adicional en condiciones de campo abierto o cuando los granos de raspado, restos de mesa, etc., constituyen una parte importante de la dieta. Por otro lado, el triturado de conchas de la almeja asiática puede utilizarse como un acondicionador de suelo para cultivo, que proporcione una liberación inmediata y prolongada de nutrientes y a su vez controle los niveles de pH. La fuente natural y orgánica de calcio se usa para corregir las deficiencias de calcio y elevar el pH en suelos ácidos.

JUSTIFICACIÓN

Es necesario implementar técnicas de remoción de las conchas muertas de la almeja asiática, ya que hay zonas donde se encuentran en muy altas densidades, generando un cambio en el sustrato del fondo del río y afectando la comunidad béntica. Esta estrategia fomentaría el dragado y la extracción de cantidades considerables de conchas, ayudando a dar un mantenimiento al fondo del río. Por otra parte, propone un producto económico y accesible a cualquier persona para mejorar la dieta de sus aves de corral y mejorar las condiciones del suelo para su cultivo, disminuyendo el uso de fertilizantes químicos, que actualmente son uno de los causantes de la degradación del río.

CONGRUENCIA

En la parte baja de la microcuenca, hay zonas del río con mayores afectaciones por las actividades humanas, donde a su vez hay una elevada presencia de moluscos acuáticos exóticos. Asimismo, en toda la microcuenca, hay situaciones socio-económicas desfavorables para un porcentaje considerable de los habitantes. Por lo que proponer un mayor aprovechamiento de los recursos del río puede contribuir a generar una actividad que fomente ingresos extras a las personas, así como a reducir sus costos de vida. Esto a través de evitar o disminuir la necesidad de comprar calcio para añadirlo a la dieta de las personas que tengan aves de corral, así como de la compra y el uso de fertilizantes, que además fomentan la degradación del suelo y del río; actividad que es ampliamente utilizada en la parte baja de la microcuenca.

PROCESO	ACTORES INVOLUCRADOS/QUIENES PUEDEN PARTICIPAR
<p>-Es pertinente una estrategia de divulgación del uso potencial que tiene la almeja como aditivo para dieta de aves de corral y para mejoramiento de suelos.</p> <p>-Se requiere de la recolecta de ejemplares de forma cuasi-masiva ya sea de Saldiveña, la Playita o la presa vieja. La colecta se recomienda con algún tipo de draga.</p>	<p>-Cualquier persona que desee añadir calcio extra a sus aves de corral.</p> <p>-Cualquier persona que quiera mejorar la condición de su suelo para cultivo.</p> <p>-La zona de riego puede proporcionar cantidades considerables de conchas para elaborar los subproductos, ya que en su periodo de mantenimiento, durante el desazolve del canal, obtienen numerosas</p>

<p>-Don Mario y La Zona de riego puede proporcionar ejemplares.</p> <p>-Se requiere de un método para triturar las conchas, ya sea rustico o con una trituradora.</p> <p>-La unión ganadera regional de Jalpan, puede distribuir y comercializar la harina o el triturado como aditivo de alimento para aves de corral así como del mejorador del suelo.</p>	<p>cantidades de conchas.</p> <p>-Las areneros/graveros, cuando obtienen material lleno de conchas y que para ellos no sirve, pueden dar un valor económico a ese recurso que actualmente carece de.</p>
<p>CONSIDERACIONES PARTICULARES</p>	<p>INDICADORES DE EVALUACIÓN</p>
<p>-Si se acumulan una cantidad excesiva de harina en los comederos, reducir el nivel agregado</p> <p>-Las cantidades a utilizar para mejorar el suelo, dependerán de las condiciones del mismo.</p> <p>-No se recomienda el dragado excesivo o altamente tecnificado ya que provocaría la re-suspensión de los sedimentos depositados en el fondo.</p> <p>-Se recomienda realizar el dragado previo a la temporada de lluvias, para que los sedimentos re-suspendidos por dicha actividad sean removidos por la corriente.</p>	<p>-Reducción de las densidades conchas en sitios altamente impactados.</p> <p>-Número de personas, familias o productores que incorporen subproductos derivados de las conchas como harinas y triturados.</p>

<p align="center">ACCIÓN/USO POTENCIAL: Artesanías</p>	
<p>ZONAS DE INFLUENCIA</p>	<p>Esencialmente la zona baja</p>
<p>LOCALIDAD(ES)</p>	<p>Jalpan, Saldiveña y el Rayo.</p>
<p>ESPECIE(ES)</p>	<p>Almeja asiática (<i>C. fluminea</i>) y el caracol trompetero (<i>M. tuberculata</i>)</p>
<p>ZONA DE OBTENCIÓN DE EJEMPLARES</p>	<p>Se recomiendan sitios con altas densidades de especies (i.e. La playita, Presa vieja y Saldiveña).</p>

FACTIBILIDAD	Alta. Debido al interés de diversos actores, especialmente de la casa de artesanías y la actividad turística asociada a las localidades mencionadas.
DESCRIPCIÓN	
Las conchas tanto del caracol trompetero como de la almeja asiática pueden ser utilizadas para elaborar artesanías, tal y como se lleva a cabo con conchas de mar. El tipo y la cantidad de productos que se puedan elaborar es prácticamente ilimitado, elaborando desde recuerdos hasta añadiendo un alto valor estético a productos con un uso cotidiano o del hogar, dando un aprovechamiento sustentable al arte.	
JUSTIFICACIÓN	
Esta estrategia fomentaría mantenimiento de las poblaciones de los moluscos exóticos mediante la remoción de ejemplares para la elaboración de las artesanías. Por otra parte, plantea ser una estrategia que fomente ingresos adicionales a las personas que elaboren subproductos artesanales utilizando los moluscos acuáticos exóticos.	
CONGRUENCIA	
En la parte baja de la microcuenca, hay zonas del río con mayores afectaciones por las actividades, donde hay una elevada presencia de moluscos acuáticos exóticos. Asimismo, en toda la microcuenca, hay situaciones socio-económicas desfavorables para un porcentaje considerable de los habitantes. Por lo que proponer una actividad que fomente ingresos extras a las personas sin que requiera elevados costos de inversión puede ser una estrategia pertinente para la zona. Asimismo, dentro de la localidad de Jalpan de Serra se encuentra la casa de artesanías que cuenta con capacidades de organización y de venta para apoyar a los artesanos de la región. Aunado a esto, en la misma localidad se presenta el mayor arribo de personas por el turismo, lo que representa una muy buena oportunidad de comercialización de este tipo de productos especialmente en los periodos vacacionales.	
PROCESO	ACTORES INVOLUCRADOS/QUIENES PUEDEN PARTICIPAR
<ul style="list-style-type: none"> -Es pertinente una estrategia de divulgación del uso potencial que tienen estas especies como productos para elaborar artesanías. -Se requiere de cierto grado de capacitación para trabajar el material. -Recolecta de ejemplares. La colecta puede ser manual o con alguna 	<ul style="list-style-type: none"> -Cualquier persona que desee obtener ingresos extras y trabajar artesanías elaboradas con estas especies (hay habitantes de las riberas interesados y artesanos dentro de la organización de la casa de artesanías que pudieran trabajar este material). -La zona de riego y Don Mario (El líder del

<p>herramienta auxiliar como cubetas, palas o draga.</p> <p>-Don Mario y La Zona de riego puede proporcionar ejemplares a la casa de artesanías para que los artesanos tengan material disponible constantemente.</p> <p>-Se requiere de un método trabajar las conchas</p> <p>-La Casa de artesanías puede distribuir y comercializar los productos de los artesanos que trabajen este material.</p>	<p>grupo de los pescadores de la presa Jalpan) puede proporcionar cantidades considerables de conchas para elaborar los subproductos.</p> <p>-Las areneros/graveros, cuando obtienen material lleno de conchas y que para ellos no sirve, pueden dar un valor agregado a dicho recurso, ya sea trabajándolo o proporcionándolo a la casa de artesanías y/o los artesanos directamente.</p>
<p>CONSIDERACIONES PARTICULARES</p>	<p>INDICADORES DE EVALUACIÓN</p>
<p>-Se requiere de un proyecto de capacitación para trabajar este tipo de materiales</p> <p>-No se recomienda el dragado excesivo o altamente tecnificado ya que provocaría la re-suspensión de los sedimentos depositados en el fondo.</p>	<p>-Reducción o mantenimiento de las densidades de moluscos acuáticos exóticos</p> <p>-Número de personas, familias o productores que incorporen subproductos derivados de las conchas como artesanías.</p> <p>-Número de artesanos y productos comercializados en la casa de artesanías, confeccionados con conchas de moluscos acuáticos exóticos.</p>

El obtener un beneficio de estas especies de moluscos invasores es un objetivo interesante para la conservación y el desarrollo económico de la microcuenca, y es de especial interés en una zona que pertenece a un área natural protegida y que presenta carencias en aspectos socioeconómicos para muchos de sus habitantes. El fomentar un valor agregado a este recurso que se considera nocivo y como un símbolo de contaminación, puede generar un cambio en la visión y generar prosperidad a través de un proceso que ayude a mantener a los ecosistemas libres de especies invasoras fomentando la conservación e ingresos económicos.

Aunado a las actividades anteriormente plantadas, como una forma de manejo indirecto del proceso de invasión de estos organismos así como para el

mantenimiento de la estructura y función de la cuenca en general, se propone la mejora en las condiciones de las riberas en sitios con mayores niveles de degradación, que presentan riberas inestables que no amortiguan lo suficiente los impactos provenientes de aportes de escorrentías superficiales. Tal es el caso de los sitios: La Playita, Puente USEBEQ, algunas zonas de Saldiveña y de Purísima de Arista. Asimismo, es importante tomar en cuenta una posible mejora en las actividades que propicien a menores niveles de degradación, específicamente buscando la reducción en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos en la agricultura y optar por sistemas agroalimentario permanentes considerando principios de la permacultura y de agroecología, y de bio-fertilizantes y control biológico de plagas, que fomenten el mantenimiento de la cantidad y calidad del suelo, de la biodiversidad y de la cantidad y calidad del agua. Por otro lado es imperante el tratamiento adecuado de las aguas residuales que se descargan al río, mediante la regularización de las PTAR de Jalpan y la PTAR de Ahuacatlán, así como de la rehabilitación de los sistemas de drenaje que actualmente permiten la incorporación de agua pluviales con aguas de drenaje, reduciendo significativamente la eficiencia en el trabajo de las plantas tratadoras de aguas residuales.

Asimismo, es importante una estrategia de manejo integrado de los residuos, que incluye la recolección de basura incorporando la separación de la basura orgánica de la inorgánica y de desechos del rastro municipal como sangre y viseras, para la elaboración de fertilizantes naturales, reduciendo la cantidad de desechos que se consideran como basura y carecen de un uso subsecuente, y terminan como desechos liberados al río y el relleno sanitario que generan contaminación, y fomentaría la reducción del uso de fertilizantes químicos en los cultivos contiguos al río, mejorando incluso en rendimiento de las tierras a mediano y largo plazo.

Conclusiones generales

La microcuenca del Río Jalpan es una zona de gran diversidad natural y cultural, que contempla distintos modos de apropiación de su territorio. Los usos del monte y del agua son claves en el desarrollo de la región. La presencia de la microcuenca dentro de la RBSG propicia que en general se presente un buen estado de salud ecosistémica. Las zonas con mayor presión de degradación son aquellas que se encuentran más urbanizadas, centradas principalmente en la zona baja de la microcuenca. Por otro lado la parte alta de la microcuenca se encuentra en un estado de conservación con impactos por urbanización, agricultura o ganadería, en magnitudes bajas o moderadas, donde se mantienen la mayoría de los procesos naturales.

No obstante, la urbanización no planificada e integrada con el ambiente que considere un uso sustentable de los recursos, aunado a la marginación de numerosas localidades, han generado ciertas condiciones de precariedad ambiental y socioeconómica en la microcuenca. Un factor socio-cultural interesante que ha generado en los habitantes un cambio de percepción acerca de los recursos naturales, como es el caso del río, es el desarrollo de la infraestructura urbana. Particularmente, el desuso y desinterés en el río Jalpan, se relaciona con la presencia del servicio de agua entubada en los hogares, tal y como lo mencionan los habitantes de las riberas entrevistados. Todas esas prácticas asociadas al manejo y mantenimiento del río se han perdido por la pérdida de un valor directo obtenido del río y han orientado a este proceso.

Por otro lado, la incidencia de algunas instancias públicas cuyos objetivos están desalineados con un uso sustentable de los recursos de la microcuenca, ha propiciado la degradación de los ecosistemas. Un caso particular de este tipo de manejo dentro de la microcuenca es la presa Jalpan, que si bien ha sido un elemento que brindó vida a la región fomentando la agricultura de riego y el turismo, también ha propiciado la introducción de especies acuáticas invasoras,

que ponen en riesgo los sistemas de soporte de la microcuenca. La introducción deliberada de organismos en este cuerpo de agua plantea un fomento de actividades económicas, como lo es la pesca; sin embargo, sin la planeación adecuada y las consideraciones ecológicas pertinentes para la introducción de especies, puede representar una estrategia poco efectiva o sustentable.

Por su parte, los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca, representados por la almeja asiática y el caracol trompetero fueron introducidos de manera fortuita asociada a la introducción de especies de peces y a las actividades de resiembra y pesca que se dan en la presa Jalpan. Sin embargo, se desconoce el papel ecológico que estas especies estén desempeñando en el sistema; no obstante, representan un riesgo potencial para la biodiversidad nativa, el funcionamiento de los ecosistemas y las actividades productivas, principalmente aquellas asociadas al río.

En la parte baja de la microcuenca se centran las actividades humanas que propician la degradación. Las zonas más urbanizadas se localizan en la parte bajas y sus actividades asociadas han propiciado la pérdida de la estructura y función de la microcuenca y por lo tanto del río. Tal es el caso de actividades como la agricultura y ganadería centrada en los márgenes del cauce, así como las descargas de aguas residuales. La invasión de los moluscos acuáticos exóticos en la microcuenca se asocia a las actividades humanas, y en zonas donde se evidencian los impactos por las actividades humanas es donde encontramos mayores abundancias de los moluscos exóticos. Esto debido principalmente a que la degradación de la microcuenca y del río fomenta condiciones que propician el establecimiento y propagación de estas especies.

Las especies de moluscos exóticos son un factor que pueden estar participando de manera aditiva a las actividades humanas a la degradación del río afectando funciones de la cuenca como el mantenimiento de la biodiversidad (acuática y terrestre), la provisión de bienes y servicios ambientales, la

sedimentación y la captación, conversión, acumulación y transporte de energía en los cuerpos de agua, entre otras. Estas posibles repercusiones ambientales a las funciones de la cuenca están centradas en la parte baja de la misma, ya que es aquí donde se localizan las especies así como los principales impactos al río por las actividades humanas.

Por otro lado, la presencia de estos organismos ha llegado a afectar en pequeña medida actividades productivas dentro de la parte baja de la microcuenca como lo es la agricultura y actividades de extracción de material del río (grava-arena). Por el contrario, estas especies representan algunas oportunidades para su aprovechamiento mediante estrategias que busquen fomentar el desarrollo económico y a su vez la conservación.

Entre estas estrategias para el manejo de estas especies se plantea su aprovechamiento como alimento de consumo humano, productos confeccionados con calcio de conchas con destino animal y vegetal, y su uso para la elaboración de productos artesanales. Esto fomentaría el control de las poblaciones dentro del río a su vez de generar ingresos económicos adicionales, propiciando una revalorización de los recursos relacionados al río y por lo tanto a toda la microcuenca. Además, es importante considerar y tener en mente el manejo de estas especies ya que es de prioridad mantener las ANPs libres de especies invasoras para conservar las actividades productivas y los sistemas de soporte de la cuenca.

Este tipo de acciones plantean ser el principio de un manejo integrado de los recursos dentro de la microcuenca, que orienten hacia el mantenimiento de su estructura y función y que busquen un desarrollo humano sostenible que equilibre los aspectos ambientales, sociales y económicos.

Debido a que la microcuenca forma parte de un área natural protegida que prohíbe la introducción de especies exóticas, así como la política pública desde

otras leyes y normas impiden su introducción de forma deliberada y exigen un manejo sustentable de los recursos hídricos y su biodiversidad, así como los riesgos potenciales que estas especies representan para la microcuenca y para la reserva, es imperante la implementación de acciones que busquen mitigar sus posibles impactos tanto ambientales como socio-económicos. Asimismo, la CONANP, dados sus objetivos y alcances, puede fungir como el ente articulador y detonante de programas y acciones que planteen la implementación de las estrategias planteadas para el manejo de estas especies.

A pesar de los detalles y las pruebas hasta hoy acumuladas sobre los impactos de las especies invasoras a lo largo de décadas, vale la pena recobrar la incertidumbre y una comprensión inmediata, sintética e intuitiva de la evolución del proceso de invasión en su conjunto. La problemática global es cierta, pero en ocasiones no se logra formar una imagen mental satisfactoria de algunas abstracciones de la ecología y el manejo de las especies invasoras, considerante de la cuenca como un sistema complejo. Pero sabemos que tales dificultades no deben considerarse como argumento contra toda la teoría y acervo de trabajos científicos basados en el rigor científico. Una de las causas, es la complejidad de las cuencas y de sus sistemas que muchas veces desafían algunas representaciones intuitivas.

Por lo tanto, es importante considerar a las especies invasoras dentro de los planes de manejo de cuencas en la búsqueda de estos objetivos, aunque vale la pena dejar en claro que el control de especies invasoras en las cuencas no representa un objetivo de conservación por sí mismo, sino un instrumento fundamental para alcanzar la conservación del patrimonio natural y mantener en funcionamiento los procesos dentro de las cuencas, que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para nuestra vida diaria.

El presente trabajo permitió realizar una aproximación hacia el entendimiento de las especies acuáticas invasoras como un problema de

cuenca, a través de una visión integrada de los distintos factores que intervienen en este proceso, como un instrumento para búsqueda de los objetivos mencionados en el párrafo anterior. A través de esta aproximación, se cumplió con los objetivos del proyecto, logrando plantear algunas posibles estrategias de manejo de las especies que consideren las potencialidades en la región y busquen generar un incentivo económico para los involucrados.

La metodología planteada permitió alcanzar los objetivos del trabajo; sin embargo, debido a las amplias dimensiones del problema de las especies acuáticas invasoras, aún hay numerosas áreas de oportunidad y necesidades en torno a este planteamiento. Algunas de las principales son: i) analizar la función ecosistema de estas especies y el rol que presentan en el ecosistema; ii) establecer un programa de monitoreo para evaluar las poblaciones de especies invasoras en la RBSG; iii) entablar procesos de diseño y gestión de las acciones y proyectos planteados, así como convenios de concertación y coordinación orientados a estas acciones y al manejo de las especies acuáticas invasoras y de la microcuenca en general.

“Las conclusiones no son más que dispositivos mnemotécnicos para saltar a nuevos horizontes de cognición”

Carlos Castaneda, 1968.

Literatura citada

- Abbott, R.T. (1973). Spread of *Melanoides tuberculata*. *Nautilus*, 87:29.
- ACNA. (2013). Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. Publicado en el DOF el 9 de septiembre de 2013. Disponible en: www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313326&fecha=09/09/2013
- Aguirre, W., & Poss, S. G. (1999). Non-indigenous species in the Gulf of Mexico ecosystem: *Corbicula fluminea* (Muller, 1774). *Gulf States Marine Fisheries Commission* (GSMFC).
- Albarran-Melze, N., Rangel-Ruiz, L.J., Gamboa-Aguilar, J. (2009). Distribución y abundancia de *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Acta Zoologica Mexicana*, 25:93–104.
- Alberich, T., Basagoiti, M., Bru, P., Espinar, C., García, N., Habegger, S., Hernández, D., Lorenzana, C., Martín, P., Montañés, M., Villasante, T.R., Tenze, A. (2009). *Metodologías participativas*. Observatorio Internacional de Ciudadanía y Medio Ambiente Sostenible (CIMAS). Madrid, España.
- Aldridge, D. C., & Müller, S. J. (2001). The Asiatic clam, *Corbicula fluminea*, in Britain: current status and potential threats. *Journal of Conchology*, 37(2):177-184.
- Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35(1): 257–284.
- Allen, U.S. (2017). Datasheet report for *Corbicula fluminea*. Invasive Species Compendium.
- Anon. (2005). *Corbicula fluminea* (mollusk). Global Invasive Species Database. Disponible en:

<http://www.invasivespecies.net/database/species/ecology.asp?si=537&fr=1&sts=>.

- Arguedas Cortés, D., Dolz, G., Zúñiga, R., J, J., Rocha, J., E, A., & León Alán, D. (2010). *Centrocestus formosanus* (Opisthorchiida: Heterophyidae) como causa de muerte de alevines de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Perciforme: Cichlidae) en el Pacífico seco de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 58(4), 1453–1465.
- Arthur, J. F., & Cederquist, N. W. (1976). Sediment transport studies in the Delta-Mendota canal and the California aqueduct. Pages 4-100 in Proceedings of the third federal inter-agency sedimentation conference, Denver, USA: 22-25 March, 4(88). Sedimentation Committee, Water Resources Council, Washington DC, USA.
- Balcom, N. C. (1994). Aquatic immigrants of the Northeast, no. 4: Asian clam, *Corbicula fluminea*. Connecticut Sea Grant College Program.
- Balvanera, P., H. Cotler. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en: *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 185-245.
- Barabas, A. M. (2010). El pensamiento sobre el territorio en las culturas indígenas de México. *Avá. Revista de Antropología* (17).
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic macroinvertebrates and Fish. EPA 841-B-99-002, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Black, P. E. (1997). Watershed Functions. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 33(1), 1–11.
- Blackburn, T.M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R.U., Richardson, D.M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecology & Evolution*. 26, 333–339.

- Bocxlaer, B. V., & Albrecht, C. (2015). Ecosystem change and establishment of an invasive snail alter gastropod communities in long-lived Lake Malawi. *Hydrobiologia*, 744(1), 307–316.
- Bogdan, R., & Biklen, S.K. (1992). Qualitative research for education: An introduction to theory and methods. (2a ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Bradshaw, G. A., & Bekoff, M. (2001). Ecology and social responsibility: the reembodyment of science. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(8), 460–465.
- Brismar, A. (2002). River Systems as Providers of Goods and Services: A Basis for Comparing Desired and Undesired Effects of Large Dam Projects. *Environmental Management*, 29, 598–609.
- CDB. (2012). Convenio sobre la Diversidad Biológica. Country Profiles. United States of America. Disponible en: www.cbd.int/countries/?country=us
- Cohen, R. R. H., Dresler, P. V., Phillips, E. J. P., & Cory, R. L. (1984). The effect of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*, on phytoplankton of the Potomac River, Maryland. *Limnology and Oceanography*, 29(1):170-180.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. (2010). Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2011). Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- CONAGUA. (s.f.) Tarjeta informativa de la presa Jalpan, municipio Jalpan de Serra, Qro. DIRECCIÓN LOCAL QUERÉTARO Protección a la Infraestructura y Atención de Emergencias y Consultivo Técnico.

- Contreras-Arquieta, A. (1998). New Records of the Snail *Melanoides Tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) in the Cuatro Ciénegas Basin, and its Distribution in the State of Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 43(2), 283–286.
- Contreras-Arquieta, A., & Contreras-Balderas, S. (1999). Description, biology, and ecological impact of the screw snail, *Thiara tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) in Mexico. En: Claudi, R. & Leach J.H. (eds.), *Nonindigenous freshwater organisms: Vectors, biology, and impacts*. Lewis Publishers, Boca Ratón, pp. 151-160.
- Cotler Avalos, H. (2007). El manejo integral de cuencas en México. Segunda Edición. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología. México.
- Counts, C.L.III. (1981). *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Sphaeriidae) in British Columbia. *The Nautilus*, 95:12-13.
- Cox, J.G., Lima, S.L. (2006). Naiveté and an aquatic–terrestrial dichotomy in the effects of introduced predators. *Trends in Ecology & Evolution*, 21, 674–680.
- CPEUM. (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf
- Cuevas, M. L., Garrido, A., Pérez Damián, J. L., & Iura-González, D. (2010). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. En: Cotler-Ávalos, H. (ed.) *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización*. Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. México. pp 96-103.
- Dourojeanni, A., & Jouravlev, A. (2002). "Evolución de políticas hídricas en América Latina y el Caribe", serie *Recursos Naturales e Infraestructura* No. 51

- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J., Sullivan, C.A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163–182.
- Duncan, Richard P., Tim M. Blackburn, Daniel Sol. (2003). The Ecology of Bird Introductions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34(1): 71–98.
- Durán-Rodríguez, O.Y., Hernández-Martínez, D., Olvera-Rodríguez, K.J., Torres-García, U. & Ramírez-Herrejón, J.P. *En preparación*. Macroinvertebrate assemblages responses to hydromorphologic units conditions in a subtropical river in central Mexico.
- Durán-Rodríguez, O.Y., Ramírez-Herrejón, J.P., & Mendoza-Alfaro, R. *En preparación*. Recent advances on studies of biological invasions in inland waters.
- EPA (Environmental Protection Agency). (s.f). Invasive Non-Native Species. Accedido en: https://cfpub.epa.gov/watertrain/module.cfm?module_id=2&object_id=1 el 20 de marzo del 2017.
- Evans, J.A., Foster, J.G. (2011). Metaknowledge. *Science* 331, 721–725.
- Ewel, J.J., O'Dowd, D.J., Bergelson, J., Daehler, C.C., D'Antonio, C.M., Gómez, L.D., Gordon, D.R., Hobbs, R.J., Holt, A., Hopper, K.R., Hughes, C.E., LaHart, M., Leakey, R.R.B., Lee, W.G., Loope, L.L., Lorence, D.H., Louda, S.M., Lugo, A.E., McEvoy, P.B., Richardson, D.M., & Vitousek, P.M. (1999). Deliberate Introductions of Species: Research Needs Benefits can be reaped, but risks are high. *BioScience* 49, 619–630.
- Facon, B., Pointier, J.-P., Glaubrecht, M., Poux, C., Jarne, P., & David, P. (2003). A molecular phylogeography approach to biological invasions of the New

- World by parthenogenetic Thiarid snails. *Molecular Ecology*, 12(11), 3027–3039.
- Fagan, W.F. (2002). Connectivity, Fragmentation, and Extinction Risk in Dendritic Metapopulations. *Ecology* 83, 3243–3249.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura). (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Faustino, J., Jiménez, F., Velásquez, S., Alpízar, F., & Cornelis, P. (2006). Gestión integral de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Colombia.
- Foster, A. M., Fuller, P., Benson, A., Constant, S., Raikow, D., Larson, J., & Fusaro, A. (2015). *Corbicula fluminea*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, Florida. Disponible en: <http://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?SpeciesID=92>.
- Früh, D., Stoll, S., & Haase, P. (2012). Physico-chemical variables determining the invasion risk of freshwater habitats by alien mollusks and crustaceans. *Ecology and Evolution*, 2(11), 2843–2853.
- Garrido-Pérez, A., Cuevas, M. L., Cotler, H., Gonzales, D. I., Tharme, R. (2010). Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México. *Investigación ambiental* 2(1):2.46
- Gherardi, F. (2007). Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. En: Gherardi, F. (eds.), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats*. University of Tennessee, Knoxville, TN, U.S.A.
- GISD (Global Invasive Species Database). (2005). *Corbicula fluminea*. IUCN Invasive Species Specialist Group, Gland, Switzerland. Available:

[http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=537&fr=1&sts=sss
&lang=EN.](http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=537&fr=1&sts=sss&lang=EN)

- González del Tánago, M., & García de Jalón Lastra, D. (2011). Riparian Quality Index (RQI): a methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30(2), 235–254.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1), 9.
- Hanna, G. D. (1966). Introduced mollusks of western North America. *California Academy of Sciences Occasional Papers*, 48:1-108.
- Havel, J. E., Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M., Amalfitano, S., & Kats, L. B. (2015). Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia*, 750(1), 147–170.
- Havel, J. E., Lee, C. E., & Vander Zanden, M. J. (2005). Do Reservoirs Facilitate Invasions into Landscapes? *BioScience*, 55(6), 518–525.
- Hillis, D.M., & Madden, R.L. (1985). Spread of the Asiatic clam, *Corbicula* (Bivalvia: Corbiculacea) into the New World tropics. *Southwestern Naturalist*, 30(3):454-456.
- Hughes, R. M., & Gammon, J. R. (1987). Longitudinal Changes in Fish Assemblages and Water Quality in the Willamette River, Oregon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 116(2), 196–209.
- Hulme, P.E. (2016). Climate change and biological invasions: evidence, expectations, and response options. *Biological Reviews*, n/a-n/a.
- IBM corp. (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, N.Y.: IBM corp.
- INHS (Illinois Natural History Survey). (1996). *Corbicula fluminea* (Muller, 1774). Illinois, Department of Natural Resources, Springfield, Illinois.

- Isom, B. G. (1986). Historical review of Asiatic clam (*Corbicula*) invasion and biofouling of waters and industries in the Americas. *American Malacological Bulletin Special Edition*, 2:1-5.
- Karatayev, A. Y., Padilla, D. K., Minchin, D., Boltovskoy, D., & Burlakova, L. E. (2007). Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. *Biological Invasions*, 9(2):161-180.
- Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., Karatayev V.A., & Padilla D.K. (2009). Introduction, Distribution, Spread, and Impacts of Exotic Freshwater Gastropods in Texas. *Hydrobiologia* 619(1): 181–194.
- Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., Kesterson, T; & Padilla, D.K. (2003). Dominance of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Muller), in the benthic community of a reservoir. *Journal of Shellfish Research*, 22(2). 487-493.
- Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., Padilla D.K., Mastitsky, S.E., & Olenin S. (2009). Invaders Are Not a Random Selection of Species. *Biological Invasions*, 11(9): 2009–2019.
- Karr, J., K. Fausch, P. Angermeier, P. Yant & I. Schlosser. (1985). Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. Illinois Natural History Survey Special Publication 5. Champaign: Authority of the State of Illinois.
- Kolar, C. S., & Lodge, D. M. (2001). Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(4), 199–204.
- Koleff, P., González, A.I., Born-Schmidt, G. (2010). Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Mexico, D.F.
- LAN. (1992). Ley de Aguas Nacionales. Publicada en el DOF el 1 de diciembre de 1992. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf

- Leff, L. G., Burch, J. L., & McArthur, J. V. (1990). Spatial distribution, seston removal, and potential competitive interactions of the bivalves *Corbicula fluminea* and *Elliptio complanata*, in a coastal plain stream. *Freshwater Biology*, 24:409-416.
- Leung, B., Lodge, D. M., Finnoff, D., Shogren, J. F., Lewis, M. A., & Lamberti, G. (2002). An Ounce of Prevention or a Pound of Cure: Bioeconomic Risk Analysis of Invasive Species. *Proceedings: Biological Sciences*, 269(1508), 2407–2413.
- LFSA. (2007). Ley Federal de Sanidad Animal. Publicada en el DOF el 25 de julio de 2007. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/lfsa.pdf
- LGEEPA. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicada en el DOF el 28 de enero de 1988. Disponible en: www.diputados/gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf
- LGPAS. (2007). Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Publicada en el DOF el 24 de julio de 2007. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS.pdf
- LGVS. (2000). Ley General de Vida Silvestre. Publicada en el DOF el 3 de julio de 2000. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146.pdf.
- LGVS. (2000). Ley General de Vida Silvestre. Publicada en el DOF el 3 de julio de 2000. Disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146.pdf
- Livshits, G., L. Fishelson. (1983). Biology and Reproduction of the Freshwater Snail *Melanooides Tuberculata* (Gastropoda: Prosobranchia) in Israel. *Israel Journal of Zoology*, 32(1): 21–35.
- Lockwood, J. L., Hoopes, M. F., Marchetti, M. P. (2013). *Invasion ecology*, Segunda edición. Oxford. Wiley-Blackwell Publishing.
- López-Estrada, R., E., J. P. Deslauriers. (2011). La entrevista cualitativa como técnica para la investigación en Trabajo Social. *Margen*, 61: 1-19.

- Low-Décarie, E., Chivers, C., Granados, M., 2014. Rising complexity and falling explanatory power in ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12, 412–418.
- Maass, J.M. (2015). El manejo de cuencas desde un enfoque socioecosistémico. *Cuencas de México*, 1(1), 3-8.
- Macías, L.F., Durán-Rodríguez, O.Y., Del Llano-Gilio, A., Ramírez-González, L.M., García-Rubio, O.R., & Pineda-López, R. (2017). Experiencias en La búsqueda de alternativas a Partir de la Gestión de cuencas. En: Aguilar Ortiz, M., Pineda López, R., & Saavedra-Rivera, M.L. (coords.). *Compromiso social universitario: Tejiendo la identidad UAQ*. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro. México.
- Madsen, H. (1992). Food selection by freshwater snails in the Gezira irrigation canals, Sudan. *Hydrobiologia*, 228(3):203-217.
- Malek, E.A. (1962). A Laboratory Guide and notes for Medical Malacology. Burgess Publishing Company. Minneapolis. United States.
- McCormick, F.H., Contreras, G.C., & Johnson, S.L. (2010). Effects of Nonindigenous Invasive Species on Water Quality and Quantity, En: *A Dynamic Invasive Species Research Vision: Opportunities and Priorities 2009–29*. United States Department of Agriculture, pp. 111–120.
- Meador, M. R., Brown, L. R., & Short, T. (2003). Relations between introduced fish and environmental conditions at large geographic scales. *Ecological Indicators*, 3(2), 81–92.
- Mendoza, R., & Koleff, P. (2014). Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo. En: Mendoza, R. & Koleff, P. (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 17-41.
- Mendoza, R., Koleff, P., Espinosa-García, F., & Golubov, F. (2014). La Estrategia Nacional de Especies Invasoras. En Mendoza, R., & Koleff, P. (coords.),

Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 185-207.

- Mercado-Silva, N., Lyons, J., Díaz-Pardo, E., Gutiérrez-Hernández, A., Ornelas-García, C. P., Pedraza-Lara, C., & Vander-Zanden, M. J. (2006). Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, central Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(5).
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America (4th edition). Dubque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Mifsut, M., Martínez-Jiménez, M. (2007). Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México, 1° edición. IMTA, CONABIO, GECI, AridAmérica, The Nature Conservancy, Morelos, México.
- Molina-Garza, R.S. (2016). Geología de Querétaro y sus alrededores. En: Jones, r.W., & Serrano-Cárdenas, V. Historia Natural de Querétaro. 1° edición. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro.
- Moncayo-Estrada, R., Lyons, J., Ramirez-Herrejon, J. P., Escalera-Gallardo, C., & Campos-Campos, O. (2015). Status and Trends in Biotic Integrity in a Sub-Tropical River Drainage: Analysis of the Fish Assemblage Over a Three Decade Period. *River Research and Applications*, n/a-n/a.
- Moore, J.W. (2015). Whole-system perspectives in rivers: Insights and implications. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(2), 335–336.
- Morton, B. (1986). Corbicula in Asia – an updated synthesis. *Am. Malacol. Bull. Special Edition* (2): 113-124.
- Murray, H.D. (1964). *Tarebia granifera* and *Melanoides tuberculata* in Texas. *American Malacological Union*, 25-26.

- Naranjo-García, E., Olivera-Carrasco, M.T. (2014). Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasores. En: Mendoza, R., Koleff, P. (eds), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 337-245.
- Ortiz Monasterio, A. (2014). Gestión de las especies exóticas invasoras: análisis de la legislación mexicana. En: Mendoza, R. & Koleff, P. (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 169-184.
- OTA (Office of Technology Assessment). (1993). Harmful non-indigenous species in the United States. U.S. Congress Publication No OTA-F-565. U.S. Congress, Washington, D.C.
- Padgett-Johnson, M. (2002). Watershed function. ANR Publications, *University of California*, 8064: 1-4.
- Parasiewicz, P. (2007). The MesoHABSIM model revisited. *River Research and Applications*, 23(8), 893–903.
- Parasiewicz, P., Gortázar, J., Mateo Sánchez, M., & García de Jalón, D. (2009, June). MesoHABSIM: una herramienta eficaz para la gestión de ríos y cuencas fluviales. *Tecnología Del Agua*, 309, 20–26.
- Parker, I.M., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P.M., Williamson, M.H., Holle, B.V., Moyle, P.B., Byers, J.E., & Goldwasser, L. (1999). Impact: Toward a Framework for Understanding the Ecological Effects of Invaders. *Biological Invasions*, 1, 3–19.
- Pérez-Munguía, R.M., & Pineda-López, R. (2005). Diseño de un Índice de Integridad Biótica para ríos y arroyos del Centro de México usando las asociaciones de Macroinvertebrados. *Entomología Mexicana*, 4: 241-245.
- Pérez-Rodríguez, R., Saldaña-Arias, A., Vicente-Velázquez, V., Badillo-Solís, & A. (2001). Hábitat y Presencia de *Thiara (Melanoides) tuberculata*

- (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae), en la Presa de Apizaquito, Tlaxcala. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 50:15-23.
- Perrings, C., Burgiel, S., Lonsdale, M., Mooney, H., Williamson, M. (2010). International Cooperation in the Solution to Trade-Related Invasive Species Risks. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1195(1): 198–212.
- Phelps, H. L. (1994). Potential for *Corbicula* in aquaculture. *Journal of Shellfish Research*, 13(1):319.
- Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. (2005). Update on the Environmental and Economic Costs Associated with Alien-Invasive Species in the United States. *Ecological Economics* 52(3). *Integrating Ecology and Economics in Control Bioinvasions*, S.I.: 273–288.
- Pineda-López, R., Pérez-Munguía, R.M., Mathuriau, C., Villalobos-Hiriart, J.L, Barba-Álvarez, R., Bernal, T., & Barba-Macías, E. (2014). Protocolo de muestreo de macroinvertebrados en aguas continentales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012). Programa Nacional de Reservas de Agua. Comisión Nacional de Aguas. México.
- Pino, J., López, F., & Iannacone, J. (2010). Impacto Ambiental En La Proporción de Especímenes Machos En Poblaciones Partenogenéticas de *Melanoides Tuberculata* (Muller 1774) (Prosobranchia: Thiaridae) En El Perú. *The Biologist*, 57(4): 139–149.
- Pointier, J.-P., Théron, A., & Borel, G. (1993). Ecology of the introduced snail *Melanoides tuberculata* (gastropoda: thiaridae) in relation to *Biomphalaria glabrata* in the marshy forest zone of guadeloupe, french west indies. *Journal of Molluscan Studies*, 59(4), 421–428.

- Potter, J. M., & Liden, L. H. (1986). *Corbicula* control at the Potomac River Steam Electric Station, Alexandria, Virginia. *American Malacological Bulletin*, Special Edition, 2:53-58.
- Qiu, A., Shi, A., & Komaru, A. (2001). Yellow and brown shell color morphs of *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) from Sichuan Province, China, are triploids and tetraploids. *Journal of Shellfish Research*, 20: 323-328.
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press.
- Ramírez, A., Gutiérrez-Fonseca, P.E. (2014). Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras. *Revista de Biología tropical*, 62(2): 9-20.
- Raw, J. L., Perissinotto, R., Miranda, N. a. F., & Peer, N. (2016). Feeding dynamics of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774). *Journal of Molluscan Studies*, 82: 328-335.
- Reiter, L.M. & Beschta, R.L. (1995). Effects of forest practices on water. En: *Cumulative effects of forest practices in Oregon: Literature and synthesis*. R.L. Beschta, J.R. Boyle, C.C. Chambers, W.P. Gibson, S.V. Gregory, J. Grizzel, J.C. Hagar, J.L. Li, W.C. McComb, T.W. Parzybok, M.L. Reiter, G.H. Taylor, and J.E. Warila (compiladores). Oregon Department of Forestry, Salem, Oreg.
- Ricciardi, A. (2001). Facilitative interactions among aquatic invaders: is an “invasional meltdown” occurring in the Great Lakes? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(12), 2513–2525.
- Richardson, D.M., Pyšek, P., & Rejmánek, M. (2000). Naturalization and Invasion of Alien Plants: Concepts and Definitions. *Diversity and Distributions* 6(2): 93–107.

- Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., & West, C.J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93–107.
- Rubin, H.J., & Rubin, I.S. (1995). Qualitative interviewing. The art of hearing data. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Ruiz, G. M., Fofonoff, P., Hines, A. H., & Grosholz, E. D. (1999). Non-indigenous species as stressors in estuarine and marine communities: Assessing invasion impacts and interactions. *Limnology and Oceanography*, 44(3part2), 950–972.
- Ryan, G.W., & Bernard, H.R. (2003). Data management and analysis methods. En: Denzin N.K., & Lincoln Y.S. (eds.) *Collecting and interpreting qualitative materials*. (2a ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. (pp. 259-309).
- Sakai, A.K., Allendorf, F.W., Holt, J.S., Lodge, D.M., Molofsky, J., With, K.A., Baughman, S., Cabin, R.J., Cohen, J.E., Ellstrand, N.C., McCauley, D.E., O'Neil, P., Parker, I.M., Thompson, J.N., & Weller, S.G. (2001). The Population Biology of Invasive Species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 32, 305–332.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Iii, Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., & Wall, D.H. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287, 1770–1774.
- Samadi, S., David, P., & Jarne, P. (2000). Variation of shell shape in the clonal snail *Melanoides tuberculata* and its consequences for the interpretation of fossil series. *Evolution*, 54(2), 492–502.
- Sandoval Casilimas C.A. (1996). Investigación Cualitativa. Instituto Colombiano para el fomento de la educación superior, ICEFES. Colombia.

- Schreiber, E. S. G., Quinn, G. P., & Lake, P. S. (2003). Distribution of an alien aquatic snail in relation to flow variability, human activities and water quality. *Freshwater Biology*, 48(6), 951–961.
- Schreiber, S.J., Lloyd-Smith J.O. (2009). Invasion Dynamics in Spatially Heterogeneous Environments. *The American Naturalist*, 174(4): 490–505.
- SEMARNAP. (1999). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Sickel, J. B. (1986). Corbicula population mortalities: factors influencing population control. *American Malacological Bulletin*, Special Edition, 2:89-94.
- Simberloff, D., Martin, J.-L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D.A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E., & Vilà, M. (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution*, 28, 58–66.
- Sinclair, R. M., & Isom, B. G. (1961). A preliminary report on the introduced Asiatic clam *Corbicula* in Tennessee. Tennessee Stream Pollution Control Board, Tennessee Department of Public Health.
- Sotelo-Santos, L.E. (2016). Representaciones del agua en los códices Mayas. En: Chávez-Guzman, M. (ed.). *El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Sousa, R., Antunes, C., & Guilhermino L. (2008). Ecology of the Invasive Asian Clam *Corbicula Fluminea* (Müller, 1774) in Aquatic Ecosystems: An Overview. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 44(2): 85–94.

- Statzner, B., Bonada, N., & Dolédec, S. (2007). Biological attributes discriminating invasive from native European stream macroinvertebrates. *Biological Invasions*, 10(4), 517–530.
- Taylor, D.W. (1981). Freshwater mollusks of California: A distributional checklist. *California Fish and Game*, 67(3):140-163.
- Toledo, V.M, & Barrera–Bassols, N. (2009). La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales, Icaria Editorial, Barcelona.
- Torres-Olvera, M.J., Durán-Rodríguez, O.Y., Torres-García, U., Pineda-López, R., & Ramírez-Herrejón, J.P. (*en prensa*). Validation of an index of biological integrity based on aquatic macroinvertebrates assemblages in two sub-tropical basins of central Mexico. *Latin American journal of Aquatic Research*.
- Torres-Orozco, B.R., & Revueltas-Valle, E. (1996). New southernmost record of the Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in Mexico. *Southwestern Naturalist*, 41(1):60-98.
- Vander Zanden, M.J., Lapointe, N.W.R., & Marchetti, M.P. (2016). Non-indigenous fishes and their role in freshwater fish imperilment. En: Closs, G.P., Krkosek, M., & Olden, J.D. (Eds.), *Conservation of Freshwater Fishes*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 238–269.
- Vásquez-Estrada, A. (2010). XI'OI Los verdaderos Hombres, Atlas etnográfico: Pames de la Sierra Gorda Queretana. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
- Vilà, M., Basnou, C., & Pyšek, P. (2010). How Well Do We Understand the Impacts of Alien Species on Ecosystem Services? A Pan-European, Cross-Taxa Assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(3): 135–144.

- Vitousek, P.M., & Walker, L.R. (1989). Biological Invasion by *Myrica Faya* in Hawai'i: Plant Demography, Nitrogen Fixation, Ecosystem Effects. *Ecol. Monogr.* 59, 247–265.
- Webb, B. (1926). *My Apprenticeship*. London, Longmans, Green and Company.
- Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A., & Losos, E. (1998). Quantifying Threats to Imperiled Species in the United States, Assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, overexploitation, and disease. *BioScience*, 48, 607–615.
- Williamson, M.H., Brown, K.C., Holdgate, M.W., Kornberg, H., Southwood, R., & Mollison, D. (1986). The Analysis and Modelling of British Invasions [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 314, 505–522.
- Young J., 2011. The top 20 countries for scientific output. Accedido en <http://www.openaccessweek.org/profiles/blogs/the-top-20-countries-for-scientific-output> el 23 de marzo del 2017.

Anexos

Anexo 1. Guiones de entrevista

<i>Entrevista</i> BLOQUE A	DEGRADACIÓN DE AMBIENTES ACUÁTICOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JALPAN. “FIGURAS DE PODER”
-------------------------------	--

CONANP

1. ¿Qué tipos de apoyo brinda su institución y a quienes va encaminado?
2. ¿Qué requisitos se debe cumplir para la asignación de un apoyo (enfocados a conservación ambiental)?
3. ¿Cuáles son las causas por las que se puede negar un apoyo?
 - a. -¿existe seguimiento de los proyectos aprobados?
4. ¿Qué especies (animales o plantas, etc.) son a las que se les da prioridad en los apoyos o proyectos y por qué (por qué no se usan especies locales)?
5. ¿En relación a especies no nativas, se tiene un marco normativo para el uso o introducción de éstas en la zona?
6. ¿En los proyectos donde se usan especies no nativas, se requiere de estudios previos para poder ejecutarlos (de impacto ambiental, diagnósticos, etc.)?
7. ¿Existe capacitación para el manejo de especies no nativas en los apoyos que se otorgan?
8. ¿Cuántos proyectos (y de qué tipo) se encuentran en ejecución con relación al río, la ribera y/o la presa Jalpan?
9. ¿Actualmente se tiene proyectos o acciones con relación a la conservación y cuidado del agua?
10. ¿Con cuales instituciones tienen relaciones de colaboración en la zona?

11. ¿Existen instituciones que regulen o evalúen los proyectos que se desean realizar?
12. ¿A qué se han enfrentado (dificultades y oportunidades) al colaborar con otras instituciones o dependencias?

CONANP* (solo a esta)

1. ¿Qué incidencia tiene SEMARNAT, PROFEPA y CONAGUA en la RBSG?

Entrevista

BLOQUE B

DEGRADACIÓN DE AMBIENTES ACUÁTICOS EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO JALPAN.

“TEJIDO ASOCIATIVO AJENO”

Cooperativa de artesanos

1. ¿Podría relatar cómo dio inicio este proyecto?
2. ¿Cómo se llevó a cabo la organización de la gente/artesanos?
3. ¿Cuántos y quiénes son los integrantes? ¿De dónde son?
4. ¿Qué productos son los que realizan principalmente?
5. ¿Dónde se comercializan los productos?
6. ¿Qué tan flexible es la incorporación de nuevos materiales, productos y técnicas artesanales?
7. Dentro de la cooperativa ¿Existe algún interés sobre las problemáticas ambientales de la región?
8. ¿Existen oportunidades e interés en el aprovechamiento de especies que se encuentran en el río y la presa? (peces, conchas y caracoles)

*Plática sobre el proyecto de artesanías para ver si se pudiera incorporar a la cooperativa de artesanos

Unidad de Riego

1. ¿Desde qué año se formó la unidad de riego?
 2. ¿Cómo distribuye el agua la unidad de riego?
 3. ¿A cuántas hectáreas de riego les brindan el servicio?
 4. ¿Cuántos agricultores tienen registrados?
 5. ¿Qué condiciones deben tener para beneficiarse del recurso?
 6. ¿Cómo es el seguimiento de cada agricultor (si es que existe)?
 7. ¿Saben qué tipo de cultivos se realizan?
 8. ¿Cuáles son las principales estrategias de riego para cada cultivo?
 9. ¿Cuál es el volumen de agua que se distribuye al año?
 10. ¿Han tenido complicaciones con la cantidad y calidad del agua?
 11. ¿Se realizan acciones para darle saneamiento al agua?
-
1. ¿Cuáles son las principales razones para implementar proyectos de producción acuícola?
 2. ¿Qué hacen con el pescado que se produce?

*Platicar proyecto y decirles la oportunidad de brindar el servicio de las artesanías

Asociación Ganadera

1. ¿Cuántos socios están involucrados en la asociación ganadera y de qué localidades?
2. ¿Hay algún consejo donde se discutan o aprueben los proyectos que se desarrollan en la región (quiénes lo conforman)?
3. ¿Cuántas cabezas de ganado se tienen registradas?
4. ¿Cuántos ganaderos se encuentran ubicados en la ribera o cercano a la presa?
5. ¿Utilizan el río como abrevadero o como fuente de agua para el ganado?
6. ¿Tienen apoyos o talleres que mejoren las técnicas implementadas en la actividad ganadera?
7. ¿Quién (es) los capacita y con qué frecuencia?
8. ¿Considera importante realizar actividades de conservación (suelo y agua) o un manejo sustentable de la ganadería? (¿usted hace alguna? ¿le gustaría capacitarse para tener un manejo sustentable?)

Entrevista

BLOQUE D

DEGRADACIÓN DE AMBIENTES ACUÁTICOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JALPAN.

“BASE SOCIAL Y USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO”

1.- ¿Cuáles considera que son los principales usos o actividades que se dan en el río Jalpan? (e.g. extracción de agua, riego, abrevadero de ganado, pesca, recreación, espiritual, cultural, etc.)

Habitantes de las riberas

Usos y manejo

1. ¿Utiliza usted el agua del río? ¿Con qué fin?
2. ¿Cuál es la razón? (para sí, para no)
3. Si la utiliza, ¿Qué criterios considera para utilizarla con respecto a su calidad?
4. ¿Podría explicar la manera en que lleva a cabo la actividad que realiza (*mencionar actividad*)?* (¿Cómo la obtiene? ¿Y cómo la regresa?)
5. ¿Realiza algún tipo de acción que permita mantener la calidad del agua del río?

Conocimiento e interés sobre las EEI (detectar actores clave para generar una narrativa de los moluscos)

6. ¿Sabe lo que es una especie no nativa?
7. ¿Sabe si hay especies no nativas en el río Jalpan? ¿Cuales?
8. ¿La cantidad o abundancia de estas especies se ha cambiado en los últimos años? ¿Ha aumentado o disminuido?
9. ¿Usted obtiene algún beneficio de la presencia de estos organismos?
10. ¿Considera que estas especies representan una oportunidad de aprovechamiento económico?
11. ¿Estaría interesado en obtener un beneficio económico con estas especies? e.g. desarrollando un proyecto de elaboración de artesanías con estos organismos (peces y/o moluscos)

Agricultores

Usos

1. ¿Usted utiliza sistema de riego?
2. ¿Cuál es la razón? (para sí, o para no)

3. Si lo utiliza ¿Tuvo que obtener algún permiso con alguna dependencia?
4. Si lo utiliza ¿Qué volumen o cantidad de agua utiliza durante cada periodo de riego? (v.g. cuántas ha de riego)
5. Si lo utiliza ¿Ha tenido algún problema con el bombeo u obtención del agua y con la calidad de ésta?

Fuentes de degradación

6. ¿Utiliza algún tipo de fertilizantes o pesticidas para mantener sus cultivos? ¿Hay apoyos para obtenerlos?
7. ¿Cuál es el principal cultivo que usted maneja?
8. ¿Utiliza tractor?
9. ¿Considera importante realizar actividades de conservación de suelo y agua? (¿usted hace alguna? ¿le gustaría capacitarse para tener un manejo sustentable?)
10. ¿Qué relación mantiene con la CONANP y Grupo Ecológico?

Ganaderos

Usos

1. ¿Utiliza el río como abrevadero o como fuente de agua para sus animales?
2. ¿Cuál es la razón? (para sí, o para no)
3. Si la utiliza ¿Qué tanta utiliza (cantidad)?
4. Si la utiliza ¿Cómo la obtiene?
5. ¿Ha tenido dificultades o problemas para obtenerla?

Fuentes de degradación

6. ¿Qué tipo de ganado tiene?
7. ¿Cuántas cabezas?
8. ¿Cuál es el manejo que le da a sus animales (v.g rotación de potreros, extensivo, intensivo, etc.)? En el caso de chiqueros, indagar en si usan el agua para limpiar y el manejo de desechos
9. ¿Considera importante realizar actividades de conservación (suelo y agua)? (¿usted hace alguna? ¿le gustaría capacitarse para tener un manejo sustentable?)
10. ¿Qué relación mantiene con la CONANP y Grupo Ecológico?

Areneros

1. ¿Cuántos años lleva realizando esta actividad?
2. ¿Sabe cuántos areneros hay trabajando actualmente?
3. ¿Cuáles son los principales lugares y épocas del año de extracción (secas/lluvias)?
4. ¿Podría describir el proceso de extracción? (método)
5. ¿Qué cantidades extraen en cada periodo?
6. ¿Sabe si ha cambiado el nivel del agua en el rio en los últimos años?
7. ¿La grava en el fondo siempre ha estado igual o ha cambiado el tamaño de la piedra y el lodo?
8. ¿Ha detectado la presencia de algunos caracoles o conchas? (llevar ejemplares) (depende la respuesta, indagar: v.g. que hacen con ellas, cantidades, época, manejo, si representa un problema, cuesta menos la grava, etc.)

9. ¿Qué relación mantiene con la CONANP y Grupo Ecológico?

Anexo 2. Composición y abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados

Sitio	Rio adentro	La playita	Pte. USEBEQ	Presa vieja	Saldiveña	Purísima	El Trapiche	Desembocadura
Baetidae	35.5	1.9	4.3	1.9	4.0	8.1	4.8	10.8
Leptophlebiidae	4.0	1.4	0.4	0.2	0.3	0.5	0.8	2.0
Leptohyphidae	2.7	2.1	0.8	0.2	0.1	0.0	1.7	3.2
Caenidae	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gomphidae	0.1	0.1	0.7	0.3	1.3	0.6	0.0	1.0
Heptageniidae	1.7	0.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0
Coenagrionidae	1.0	14.8	5.6	6.6	11.7	19.6	12.3	1.0
Protoneuridae	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0
Libellulidae	1.1	2.5	2.7	2.0	2.8	2.8	1.3	4.2
Aeshnidae	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
Calopterygidae	0.1	0.4	1.5	1.8	1.5	2.1	5.6	0.8
Perlidae	1.0	1.3	0.3	0.0	0.0	0.5	3.3	0.4
Hebridae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
Veliidae	9.6	2.8	2.6	6.8	3.7	6.1	2.6	24.2
Mesovelidae	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.0	0.1	0.0
Gerridae	3.1	1.1	2.0	3.6	2.4	1.2	0.1	1.0
Belostomatidae	2.5	2.4	2.4	1.9	3.6	4.4	6.3	2.2
Naucoridae	3.8	1.5	0.4	0.1	0.1	0.3	6.2	3.2
Notonectidae	0.9	1.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.2
Hydrometridae	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Nepidae	0.0	0.2	0.0	0.7	0.1	0.1	0.8	0.2
Pleidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
Corydalidae	1.2	0.0	0.2	0.2	0.2	1.4	0.4	1.0
Hydroptilidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Polycentropodidae	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
Philopotamidae	0.0	3.6	2.6	0.7	2.8	1.2	1.1	4.2
Leptoceridae	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hydrobiosiidae	0.1	1.0	0.3	0.7	0.3	0.1	0.4	1.0
Hydropsychidae	1.5	20.9	32.6	11.3	5.1	10.7	25.0	18.6
Calamoceratidae	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0
Limnephilidae	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Helicopsychidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
Odontoceridae	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Gyrinidae	1.9	0.4	0.0	0.4	0.3	0.1	1.0	3.6
Dytiscidae	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	1.2
Hydrophilidae	0.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Staphylinidae	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	0.4
Psephenidae	0.0	4.3	0.1	0.1	0.0	0.2	0.9	0.0

Lutrochidae	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
Haliplidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Scirtidae	0.0	0.1	0.3	0.6	4.0	0.0	0.0	0.0
Lutrochidae	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8
Dryopidae	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elmidae	0.7	2.2	0.0	0.0	0.0	4.6	9.8	1.2
Tipulidae	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ceratopogonidae	0.2	0.0	1.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Chironomidae	4.5	8.1	3.0	19.6	17.1	10.6	3.9	10.6
syrphidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Simuliidae	12.4	0.1	2.2	9.1	4.5	0.9	0.3	1.0
Culicidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Tabanidae	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0
Stratiomyidae	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2
Ephydriidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mucsiidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Psychodidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Crambidae	0.3	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.6	0.6
Valvatidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Hyalloleidae	0.0	0.0	0.1	0.1	1.3	0.3	0.0	0.0
Planorbidae	0.0	1.1	4.5	1.8	8.2	2.8	0.9	0.0
Thiaridae (M. tuberculata)	0.2	5.1	2.0	1.8	7.6	4.5	2.2	0.0
Hidrobiidae	0.1	0.0	0.5	0.4	3.2	0.1	0.1	0.0
Physidae	2.5	0.1	0.6	1.7	0.7	0.0	0.5	0.2
Corbiculidae (C. fluminea)	0.0	10.4	4.7	12.1	6.3	4.7	1.2	0.0
Sphaeriidae	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dugesiiidae	2.8	2.4	1.1	3.1	1.0	0.4	0.3	0.0
Hydrachnidia	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
Oligochaeta	0.0	0.6	0.6	1.4	0.2	0.4	0.1	0.0
Hirudinea	0.1	3.4	0.1	3.8	3.1	7.1	1.3	0.0
Naididae	0.0	0.0	16.7	2.7	0.7	0.3	0.2	0.0
Planariidae	0.2	1.5	0.5	0.5	0.0	0.4	1.1	0.0

Anexo 3. Valores de las variables ambientales analizadas (ICAV, RQI, IIBAMA y parámetros fisicoquímicos)

Sitio	RT	REPT	RII	TM	ES	Emb	VD	SD	CHA	FR	BS	Rw2	LC	CS	BC	Temp.	DO	pH	TDS	Turb
Rio adentro	31	6	17	5.3	17	11	16	13	15	16	7	13.5	13.5	14	10	21.11	6.49	8.29	0.26	1.69
La playita	33	9	16	5	18	11	11	7	11	11	7	5	7	8	7	20.8	5.28	7.8	0.22	4.01
Pte. USEBEQ	26	6	10	5.6	10	4	12	2	11	13	7	5	4	5	4	22.57	6.2	8.17	0.23	5.68
Presa vieja	26	4	9	5.5	11	1	8	8	10	0	6	10	11	9.5	7	22.54	6.11	7.63	0.23	0.09
Saldiveña	17	2	4	6.7	6	3	6	6	18	12	5.5	4	7	4	3	22.41	4.53	7.2	0.37	0.44
Purísima	25	2	10	5.3	19	2	9	3	12	1	8	4.5	10.5	7.5	5	22.62	5.13	7.68	0.3	0
El Trapiche	30	5	11	5.4	19	0	12	11	17	16	7	5.5	12	14	14	22.61	6.11	7.75	0.3	0.96
Desembocadura	30	6	16	5.1	10	1	8	8	20	5	10	14.5	15	15	15	20.42	6.86	8.16	0.3	1.41

Anexo 4. Narrativas generadas del diálogo establecido con los distintos actores (Entrevistas)

“FIGURAS DE PODER”

Nombre: Miguel Sexo: ♂ Edad:

Institución: CONANP

Cargo/Ocupación: Director

Fecha: 22 octubre del 2017

Localidad: Jalpan, colonia centro

La CONANP trabaja diferentes programas de subsidio, y algunos están específicamente orientados hacia el manejo de recursos naturales y producción, para los cuales hay protocolos bien establecidos y reglas de operación, en congruencia con el programa de la reserva y aspectos técnicos ambientales. Las propuestas de proyectos son evaluadas para considerar su aprobación, a través de un comité técnico, en el cual debe haber participación de al menos otras tres instituciones (secretarías de estado o instituciones académicas por ejemplo), acorde a cada programa. A su vez, los proyectos en ejecución reciben un acompañamiento y seguimiento, en el cual se incluye algún tipo de orientación, apoyo técnico y evaluación por parte de la CONANP.

En la CONANP, actualmente se está trabajando más las cuestiones de regulación. Han estado trabajando como reguladores de prestadores de servicio turísticos. También lo que han estado trabajando con las sub coordinaciones de la CONANP, sobre todo en la regulación de las actividades turísticas, considerando sus posibles impactos y las posibles acciones de mitigación.

En el caso de la introducción de las especies, no se ha considerado, a pesar de que la ley menciona que no debería haber introducción de especies exóticas, especialmente en ANPs. Sin embargo, históricamente, desde la conformación de la reserva, no ha habido una regulación de la introducción de especies. En este sentido, recientemente, la CONANP se ha estado organizando

para hacer llegar la información sobre las invasiones biológicas a las instituciones productivas, como SAGARPA y otras que promueven este tipo de problemas, para hacer saber los posibles impactos que estas acciones pueden tener, y que al estar en una ANP podría tener mayores consecuencias. Por otro lado, se tiene en cuenta que no se trata de detener los procesos de producción ni las oportunidades a los diferentes sectores, simplemente es buscar un equilibrio y hacer las cosas de la manera más armoniosa posible.

“TEJIDO ASOCIATIVO AFÍN”

Nombre: Efraín Muñoz Cabrera Sexo: ♂

Tejido: Asociación ganadera local de Jalpan Cargo/Ocupación: Presidente

Fecha: 04 de agosto del 2017

La asociación ganadera local de Jalpan tiene una antigüedad de 45 años. Actualmente cuenta con 545 socios, y unas 12 500 cabezas de ganado, principalmente miembros del municipio de Jalpan de Serra; no obstante, cuenta con algunos miembros de los municipios de Arroyo Seco, Pinal de Amoles y Landa de Matamoros. Dentro del municipio de Jalpan de Serra, se cuenta con tres asociaciones ganaderas formalizadas, una en la cabecera, una en la localidad de Valle Verde, y la tercera en Tancoyol. Para poder ser miembro de la asociación se requiere de documentos como IFE, documento de propiedad o arrendamiento, documento que acredite la legalidad del ganado de cada propietario, comprobante de domicilio y realizar una cooperación de 100 pesos mexicanos. En el municipio de Arroyo Seco, en la localidad de Purísima de Arista, se cuenta con una organización de ganaderos que han buscado formalizarse como asociación ganadera registrada; sin embargo, en los últimos ocho años de este esfuerzo no se ha concertado el registro ante la Unión Ganadera Regional de Querétaro (U.G.R.Q.).

Dentro de la asociación ganadera, se cuenta con una mesa directiva quien realiza los procesos de gestión y planeación. Por otro lado, cada mes se lleva a cabo una asamblea general informativa, que involucra a todos los miembros para compartir información, dar anuncios, desarrollo de proyectos, el trabajo que se está realizando, las necesidades de los miembros, se comparte información acerca de Apoyos y programas, etc. A pesar de que dicha asamblea mensual va dirigida a todos los miembros, de manera general, cada mes se cuenta con una participación de unos 200 ganaderos. Asimismo, cada mes se realiza un reporte de tesorería. Cada año se realiza una reunión donde se da un informe de actividades y un convivio, donde se cuenta con la presencia de cerca de 2 mil asistentes. Cada dos años, se elige a nuevos representantes de la mesa directiva, con oportunidad de reelección.

El representante/presidente de la asociación, no recibe ningún tipo de sueldo o remuneración económica por sus actividades dentro de la misma. Las actividades, los apoyos, proyectos y acciones que se realizan por parte de la Ganadera, son financiadas de las propias ventas de la misma, las cooperaciones de los nuevos socios, y gracias a apoyos de la U.G.R.Q. Los gastos de la ganadera, actualmente rondan en los 50 mil pesos mensuales, que se mantiene principalmente de las ventas (forrajes, veterinaria). Durante los meses de la época de lluvias (de junio a diciembre) las ventas bajan, y durante la época de secas (enero a mayo) las ventas son mayores, debido principalmente a la mayor demanda de forrajes. Dichos forrajes son principalmente obtenidos de otras localidades y entidades municipales e incluso estatales, por lo que los costos se elevan dependiendo el flete.

Actualmente se cuenta con muchos apoyos, debido a la coordinación y la organización que se está dando en distintos niveles, desde la propia asociación

ganadera local de Jalpan, la U.G.R.Q., y gobierno del estado. Dentro de los proyectos, la propia U.G.R.Q. brinda capacitaciones o en su defecto la empresa que esté brindando el servicio o producto, por ejemplo, la semilla de pasto. Para asegurar el buen uso y mantenimiento de los apoyos que se otorgan, se debe demostrar que se están utilizando como se debe. La UGRQ, actualmente está trabajando mucho en la adquisición de recursos financieros, para incentivar la producción ganadera y la repoblación de las cabezas de ganado.

En el Astillero del pueblo, en Saldiveña (unidad de riego) y en el lindero hay un grupo de ganaderos que tienen animales que aprovechan el agua del río como abrevadero. Además, del río se lleva a gua en pipas a comunidades durante la época de estiaje. Durante unos 4 meses, cada semana se otorgan 140 pipas aproximadamente de 10 mil litros. El agua en ocasiones, dependiendo las localidades, se almacena en depósitos o en bordos con geo membrana.

La ganadera coordina proyectos de almacenamiento de agua, ya sea en depósitos metálicos o en bordos con geo membrana y circulados. Actualmente se cuenta con un proyecto grande de un bordo de más de 1 millón de litros. En laguna de pitzquintla está por realizarse otro depósito. La conservación es algo prioritario comenta el presidente de la asociación. “Se debe trabajar de manera prioritaria y en donde la tierra se lo permita, y no donde el suelo si se erosione. Todos estamos de acuerdo con eso”. “Eso es demasiado importante, y los compañeros productores están conscientes de que el agüita se debe conservar”

Notas:

-La presa se terminó de construir en el año 1972. “Esa obra le dio vida a la sierra”

-Los agricultores están desaprovechando el riego. Hay unas mil ha y tan solo se aprovechan unas 200.

-Pablo Martínez: Controla el agua del canal, la compuerta de la presa. Vive en Saldiveña.

-Se va a construir un centro de acopio y un nuevo rastro a un costado del aterrizaje.

-Hace algunos años los productores han tenido quejas por multas y sanciones gracias a reportes de grupo ecológico, por limpiar el huizache de sus potreros. Por esta acción se llegaron a multar e incluso encarcelar a personas.

Nombre: Oscar Pablo Martínez Sierra Sexo: ♂

Tejido: Unidad de Riego Cargo/Ocupación: Encargado

Fecha: 18 de septiembre del 2017

La unidad de riego se consolidó oficialmente en 1995, sin embargo, prácticamente desde la consolidación de la Presa Jalpan se tiene una organización establecida en el reparto y suministro del agua para la agricultura y ganadería de la región. Y actualmente cuenta con 176 personas registradas a las cuales solo 111 son los beneficiarios (diversas razones, fallecimiento, abandono de tierras, cambios de propietario, etc.), la zona de riego cuenta con un total de 250 hectáreas de las cuales solo el 50% se encuentra activo o trabajado. En la zona se tienen establecidos dos ciclos de riego siendo el más fuerte el de primavera-verano en la época de secas abarcando los meses de enero a junio y en el cual se siembra principalmente maíz y frijol a través de un riego rodado, el cual es prácticamente de autoconsumo ya que no se tiene una alta producción; el otro riego es el de otoño invierno establecido en los meses de junio a diciembre, en el cual se producen principalmente hortalizas y el riego que se practica es por goteo. El grueso de los productores de la región no viven solo de la producción de su tierra, es una actividad complementaria a sus ingresos.

Al ser una organización sin dependencias, las entradas económicas son por parte de los beneficiarios pagando una cuota por el servicio que se brinda por unidad de área, y para ser miembro solo se requiere el comprobante de título de la tierra y/o cambio de usuario. El servicio se cobra por hectárea de riego, y este pago se da cada que el agricultor pide el servicio (riego por riego), esto es en el ciclo de primavera-veranó o época de secas; en época de lluvias o en el ciclo de otoño-primavera el pago del servicio se realiza por ciclo (no riego por riego).

El servicio de agua agrícola se llega a los productores a través de la conducción de dos canales de concreto, uno construido del lado derecho del río y uno al lado izquierdo, sumando un red total de 34 km, ambos tienen una infraestructura que van de la presa Jalpan, que es el cuerpo que suministra el agua, hasta Purísima de arista; pero el canal “derecho” solo llega el servicio hasta la comunidad del rayo por afectaciones muy fuertes a la infraestructura, la cual la unidad de riego como organización no puede solventar, en este tenor se tienen diferentes afectaciones en los canales que se han ido atendiendo por parte de los usuarios usando su propio recurso; sin embargo, estos implican grandes costos económicos, por lo cual se ha buscado ayuda gubernamental por parte de municipio sin tener una respuesta concreta, por lo cual se planea hacer la exposición de la problemática a la CONAGUA.

La Unidad de Riego cuenta con una concesión de agua anual de 5 millones de metros cúbicos, y se hace uso de aproximadamente 16 mil metros cúbicos diarios. Los cuales deben de ser suministrados de manera particular en las dos épocas, siempre se debe brindar un servicio suficiente a los usuarios, por lo cual se le da mantenimiento de limpieza a los canales una vez al año, y este se

realiza de arriba hacia abajo, del lugar de origen (presa) hasta el lugar donde termina la red de canales (Purísima de Arista).

Los agricultores hacen uso de diferentes agroquímicos para tratar diferentes enfermedades que pueden mermar su población, producida por hongos, bacterias, virus y nematodos, los químicos no se tienen registrados, cada quien compra los que puede o los que conoce.

A las diferentes problemáticas que parten de la unidad de riego desde la infraestructura hasta las capacitaciones de los productores, no se les debe atacar de manera sectorial con “apoyos” específicos, más bien se debe atacar a través de un proyecto integral que atienda a las diferentes necesidades desde la rehabilitación de los canales, hasta la manera de hacer eficiente y redituable un cultivo (específicamente maíz y frijol que prácticamente es de subsistencia en la región).

Notas.

-“Solo organizados es como se resuelven este tipo de problemas, solos no sirve de nada”

-“Necesitamos un estudio diagnóstico, desde infraestructura hídrica, producción, socio-económica para tener de donde partir”.

“TEJIDO ASOCIATIVO AJENO”

Nombre: Guadalupe Alvarez Sexo: ♀ Edad: Adulta

Tejido: Casa de artesanías Cargo/Ocupación: Coordinadora de la casa de artesanías

Fecha: 11 de octubre del 2017

Localidad: Jalpan, en el jardín municipal

El proyecto de la casa de artesanías surge en el 2008 como parte de una organización de artesanos locales de Jalpan, que buscaban una estrategia para poder promover y comercializar sus productos (artesanías) de una manera más efectiva y con mayor alcance. Inicialmente solo se incluía el municipio de Jalpan; sin embargo, posteriormente se incluyeron los municipios de Landa, Pinal de Amoles, Arroyo Seco, San Joaquín y Peñamiller. Este proyecto surge como iniciativa de la gente y gracias al apoyo de secretaria de turismo, mientras se encontraba Guillermo Rocha como presidente municipal. La dependencia municipal “secretaria de turismo”, se encarga de gestionar el lugar, brindar personal que esté administrando, y orientando en los aspectos de mercado. Por su parte para mantener el proyecto y este apoyo, municipio se lleva una utilidad del 15% y el resto de la utilidad y la más importante, es para el artesano.

Actualmente, esta organización cuenta con 160 artesanos participando, entre ellos, se incluyen los trabajos de: madera, textiles, fibras vegetales (como la palma), la alfarería, la talabartería, lapidaria, y bisutería. Los productos que más se comercializan, son principalmente los alimentos, tales como: los paches, los alfajores, las gorditas, el ate de guayaba, mermeladas; seguido de la herbolaria, principalmente de los productos de la Señora Valentina Morales, del Carrizal, Jalpan; incluyendo productos como Champú, talco, ungüentos, etc. La parte textil también es una de las más comercializadas, como las camisas bordadas. Por otro lado, asociado a la parte turística, durante ciertas temporadas, también son muy comercializados los “recuerditos”. La principal zona de comercialización se encuentra en la plaza principal de Jalpan de Serra. Se cuenta con otra casa de artesanías en Tancoyol, centrada principalmente a darle difusión de la cultura Pámes (XI’OI).

Hay una persona que coordina a los artesanos, que lleva a cabo tareas administrativas, de mercadotecnia, gestión y difusión (eventos, ferias, exposiciones). Guadalupe Alvarez (“Lupita”), lleva realizando esta tarea por poco más de 4 años. Actualmente, el proyecto de casa de artesanías se mantiene con la utilidad generada por la misma. Dentro de la organización, se trata de trabajar en armonía, y los artesanos que participan en este proyecto son personas muy sencillas y muy amables, y se trata de mantener de esa forma, trabajando de forma profesional.

La casa de artesanías ha ido creciendo y es un proyecto que le ha dado gran difusión a la Sierra Gorda. La incorporación de nuevos productos y nuevos artesanos es bienvenida, ya que todo producto tiene un nacimiento, crecimiento y maduración. Siempre ha habido gente de la que se han recibido contribuciones. La ventaja de casa de artesanías es que se puede adaptar. Para incorporar un nuevo material o producto, se tiene que crear una historia, saber la información de origen.

En el caso del uso de especies exóticas si se considera como una buena oportunidad. Hay que saber su historia, el nombre de la especie, por qué y dónde se da. Para incorporarla al mercado se puede narrar esa historia, ya que por ahí es donde se entraría al cliente. Ha habido gente que les ha comentado sobre las conchitas que hay en la presa; sin embargo, no se ha planteado algo formal para utilizarlas en las artesanías.

Lupita Alvarez sabe y ha escuchado que cuando aparece la almeja asiática, es porque está contaminada el agua; pero no generan ningún beneficio. A su vez, recuerda que para el año 2000 no había mucha almeja, si se llegaban a ver pero no en grandes abundancias.

Está interesada en que se dé pauta a un proyecto de iniciativa de cómo se puede manejar tanto a la almeja asiática como al caracol asiático como artesanías. Sólo considera que es muy importante recibir capacitación para trabajar el material de manera adecuada, ya que si no se le da un buen tratamiento, algunas cosas se pueden echar a perder. Incluso, Lupita tiene identificados a que artesanos pudieran trabajar el producto, así como hay personas que llegan solicitando generar artesanías y preguntado que pueden llegar a hacer. Las primeras ideas de productos que se pudieran elaborar que Lupita consideró, fueron pulseras y aretes.

“BASE SOCIAL Y USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO”

Nombre: Pablo Martínez Hernández Sexo: ♂

Tejido: Agricultor/ Cargo/Ocupación: agricultor

Fecha: 5 de octubre de 2017

En relación a sus cultivos nos comenta que siembra dos hectáreas de jitomate, 1.5 Ha de chile, de maíz a veces no siembra, otras veces siembra 2 o hasta 3 hectáreas y de calabaza una Ha. El sistema de riego que utiliza es por goteo y hace uso de fertilizantes orgánicos como excremento de gallina, vacas, puercos (que compra) así como fertilizantes químicos y el criterio para la selección de estos últimos es lo que se encuentre en el mercado.

Considera importante el cuidado y conservación de suelos por lo cual usa el sistema de riego por goteo que no erosiona tanto la tierra además de tener una mejor producción, nos comenta que él no ha observado una pérdida de la

fertilidad de la tierra ya que año con año la abona. Y para el arado de sus tierras hace uso de tractor.

Nombre: Ulises Colunga "Don Liches" Sexo: ♂

Tejido: Asociación de Maquinaria de transporte de Jalpan Cargo/Ocupación: usuario

Fecha: 04 de octubre del 2017

Localidad: Jalpan

Desde hace unos 20 años que ya no sacan grava o arena del río Jalpan, porque hubo quejas de personas que Vivian cerca de donde realizaban la actividad.

La actividad se realizaba de manera artesanal, sacando de forma manual, con palas el material y seleccionándolo, ya que no hay mucho material, y no es muy bueno para la construcción. Actualmente, el material para construcción como arena y grava-arena, lo traen desde Concá, Arroyo Seco, por las razones anteriormente mencionadas.

Comenta Don Liches que hace unos 20 años cuando él y su hermano se dedicaban a sacar material del Río Jalpan, no había almejas, y que actualmente hay en grandes abundancias, en palabras del propio Ulises, "ahorita es un hervidero de almejas".

Notas:

-En el Rayo, hay personas del Lindero que siguen sacando material, les dicen "los Zorras", cada año sacan.

-En arroyo del Real, también sacan arena, y ahí no hay almejas.

-En Río Adentro, las personas que viven ahí, a eso se dedican, a sacar material. Qué se puede encontrar a: Don Enrique (vive por el puente colgante peatonal); Don Amancio que vive tantito antes, y también un chavo llamado Juan.

Nombre: Isidro Sexo: ♂

Tejido: Areneros y Graveros Cargo/Ocupación: usuario

Fecha: 18 de octubre del 2017

Localidad: El Rayo

El señor isidro, lleva alrededor de 18 años trabajando con la extracción de piedra. Si ha llegado a sacar piedra “bola” del río, con fines de construcción, para calles o banquetas principalmente; sin embargo, tiene cerca de cinco años que ya no extrae del río. Esto se debe a que comenta Don Isidro que pagan el viaje de piedra bola muy barato, y el esfuerzo físico es demandante, en sus palabras “el mugre río ya no deja nada”. Cuando realizaba esta actividad, lo hacía con su hermano mediante el uso de palas directamente en el río; sacaban de dos a tres viajes de piedra. Actualmente trabaja la piedra quebrada en cerros que son pequeñas propiedades y donde le autorizan los dueños la extracción.

Por otro lado, reconocen la presencia del caracol y de la almeja asiática, a partir de la presa hacia río abajo: “de la presa para abajo, hay a lo condenado”. Asimismo, tanto Don Isidro como su hermano, recuerdan que de niños no había; sin embargo, hace algunos años (no recuerdan cuantos) salieron en grandes cantidades en el material que sacaron del río: “salían de embozadas, como si fueran piedras, sacábamos paladotas de ese caracolillo poyudo y de las conchitas”. También menciona el señor Isidro que mientras sacaban el material, les lastimaban los pies ya que se les encajaban. El material que sacaban con mucha concha y caracol no tenía mercado, ya que los compradores no lo querían cuando traía muchas conchas de almeja y caracoles. También

mencionan que la disponibilidad de grava-arena ya no es como antes, que ahora viene más “tierruda”; es decir con mayor aporte de sedimentos finos.

Nombre: Anónimo Sexo: ♂

Tejido: Areneros y Graveros Cargo/Ocupación: usuario

Fecha: 18 de octubre del 2017

Localidad: El Rayo

Desde hace unos 15 años para atrás sacaban material del río. Actualmente solo es cuando las condiciones lo permiten, es decir, cuando hay suficiente material acumulado en los bancos. Menciona que ya nadie se dedica a esto. Asimismo, comenta el informante que anteriormente había más material, debido a que se presentaban mayores crecidas, “bajaba más agua”. El material en el fondo ha permanecido igual, solo que en menor cantidad de grava y guijarros pequeños.

El material lo sacas con pico y pala. Sacan la grava-arena que se acumula en las orillas, las piedras muy grandes las sacan, así como el sedimento muy fino lo tamizan, para eliminar estos elementos del material que ellos venden.

No había conchas hace tiempo, de unos 8 a 10 años para acá, vieron conchas, y menciona que ha habido años en que la “grava” es casi pura concha. El material o los viajes de material que sacan y que incluyen abundantes conchas y o caracoles, no se lo compran; ya que se consideran de mala calidad para la construcción, se queda entre el cemento y se truena, además de que “levantan hacia arriba en la mezcla”. Por lo tanto, comenta el informante que para ellos si es un problema que aparezcan estas especies en la grava.

Notas:

-Aquí en el rayo hay lirio acuático.

Nombre: Joaquín Menindez Lara Sexo: ♂

Tejido: Ganaderos Cargo/Ocupación: Ganadero

Fecha: 05 de octubre del 2017

Joaquín Menindez Lara, es un ganadero que se dedica a la producción a baja escala de ganado bovino y ovino. Cuenta actualmente con unas 7 cabezas de ganado bovino y unas 80 de ovinos. Maneja una rotación de porteros con las borregas, que mantiene sueltas en su terreno; por otro lado a las vacas las mantiene en corral con piso de cemento. El excremento lo recoge y utiliza como abono para el pasto. Utiliza agua del río para proporcionarla a sus animales y la extrae mediante el uso de bomba de dos pulgadas, y no ha tenido problemas con la cantidad y con la calidad del agua, ni con la extracción de la misma.

Para don Joaquín es importante manejar el suelo para evitar erosión, por lo que en su terreno tiene construidos unos pretilos para mantener el suelo. Por su parte, en relación a la conservación de agua, no realiza prácticas que la incentiven, más que el tener una cisterna donde la almacena. Su trabajo lo realiza de manera independiente, financiado por lo que él mismo saca de su ganado y no mantiene ningún tipo de relación con Grupo Ecológico ni con la CONANP.

Nombre: Cirila Valdez Palacios Sexo: ♀ Edad: Persona de la tercera edad

Tejido: Habitantes de las riberas Cargo/Ocupación: Ama de casa

Fecha: 05 de octubre del 2017 Localidad: Jalpan

La señora Cirila y su familia, ha vivido en su casa ubicada en la ribera en la cabecera municipal de Jalpan, durante toda su vida. Hace uno 40 años aproximadamente utilizaban el agua del río, sin embargo desde que contaron con el servicio de agua entubada dejaron de usarla.

La forma en que manejaban el agua, era haciendo “hoyitos” en la tierra a un lado del río, de esa manera, el agua brotaba por ese pequeño pozo ya filtrada. Se obtenía de tal calidad de podían beberla directamente del pequeño pozo. Dependiendo del nivel del río, las señoras salían a hacer estas pequeñas excavaciones al lado del mismo, siguiendo el nivel del río, de manera que si este bajaba tenían que hacer otro hoyito más cerca del nivel del espejo del agua. Durante los meses de mayo sequia (abril-mayo), comenta doña Cirila, que la poza del río que se ubica frente a su casa nunca se secó, que debe haber un manantial que mantiene esa agua. Ahí mismo, se encuentra un Sabino y un pozo a un lado, de donde también varias familias tomaban el agua.

En cuanto a la fauna acuática, Doña Cirila comenta que ahí por su casa hay de los peces en tallas pequeñas de los que siembran en la presa y que siempre han sido los mismos tipos de peces. Su familia no obtiene ningún beneficio de la presencia de estos peces, más que sus nietos y sobrinos, salen a pescar sardinitas como medio de entretenimiento o diversión. Menciona que algunos jóvenes que vienen de otras colonias sacan peces de mayor talla y en mayor cantidad, llenan una cubetada; “tal vez esos si los pudieran vender para comer”. Por otro lado ignora la presencia de almejas y caracoles, “aquí no hay conchitas, a lo mejor en la presa sí, pero aquí no, aquí solo hay peces, pero chiquitos”.

Nombre: Bernabé Sexo: ♀ Edad: 53 años

Tejido: Habitantes de las riberas Cargo/Ocupación: Ama de casa

Fecha: 05 de octubre del 2017

Localidad: Jalpan

La señora Bernabé, llegó a vivir a Jalpan desde los 8 años. Menciona que años atrás sacaban agua del río con cubetas principalmente para lavar ropa, trastes y piso. El agua se utilizaba para beber, la obtenían de un pozo. A dicho pozo, le daban mantenimiento las señoras de la colonia, lo lavaban periódicamente con cloro y jabón y una vez limpio sacaban el agua y la almacenaban en sus casas para asegurar su sanidad y evitar que se ensuciara dentro del pozo. Actualmente, ya solo llegan a utilizar el agua del río cuando no se cuenta con el servicio de agua entibada por alguna problemática o mantenimiento.

Ha habido ocasiones donde su casa casi de inunda, como cuando ocurrió el huracán Gilberto en el año 1988. Por otro lado, también han ocurrido años donde se seca casi por completo el río, incluyendo las pozas.

La señora Bernabé, sabe que se encuentra la mojarra dentro de río; sin embargo, no obtienen ningún beneficio de la presencia de dicha especie. La almeja asiática, la ha visto recientemente por la presa. Menciona que hace un par de años fue con sus hijas a pasear y mojarse en la playita, y encontraron a la almeja asiática en grandes abundancia, las podían agarrar de “embozadas”, “había bastantes, ¡pero bastantes!” y las hacían sonar, “sonaban bonito”. “Donde quedan es en las pozas cuando se va secando”. También menciona la señora Bernabé que cuando era niña no había visto eso, y que y también tiempo atrás no había tantas.

Ante la pregunta de que si consideraba que si de las almejas y lo caracoles se podría obtener algún beneficio, Bernabé comentó que se podrían utilizar para hacer figuritas.

Nombre: Rodrigo Sexo: ♂ Edad: 17 años

Tejido: Habitantes de las riberas Cargo/Ocupación: Estudiante

Fecha: 05 de octubre del 2017 Localidad: Jalpan

Rodrigo y su familia siempre han habitado en su casa ubicada en la ribera. En su familia no utilizan el agua del río ni sus papás la usaban antes.

Sabe de la presencia de especies de peces como la mojarra, la tilapia, la lobina y la carpa. En ocasiones las pescan para des-aburrirse; y la especie que más sacan (pescan) es la mojarra. Llegan a pescar principalmente en secas, ya que en lluvias, “cuando crece el río no hay peces”. Cuando bajan los niveles del río es cuando se llegan a observar almejas y caracoles que se quedan en la orilla. Rodrigo recuerda que siempre ha vistos a estas dos especies (M. tuberculata y C. fluminea).

Ante la pregunta de que si consideraba que si de las almejas y lo caracoles se podría obtener algún beneficio, Rodrigo contesto que se podrían usar para adornar.

Nombre: Aurora Monroy Bocanegra Sexo: ♀ Edad: Persona de la tercera edad

Tejido: Habitantes de las riberas Cargo/Ocupación: Ama de casa

Fecha: 05 de octubre del 2017 Localidad: Jalpan

La señora Aurora, lleva cerca de dos años viviendo en la ribera. En su hogar, utilizan el agua del río, ya que no cuentan con servicio de agua potable. La usan para bañarse y lavar principalmente. Su hija saca el agua en unas cubetas “envaradas” (dos cubetas amarradas en el extremo de una vara que se coloca en la espalda y el hombro, para transportar el agua). El agua del río la utiliza durante la época de secas cuando se puede meter a sacar el agua y cuando va clarita. Durante las lluvias captan el agua de la precipitación.

La señora Aurora, si ha llegado a ver a las almejas y a los caracoles; sin embargo, no las junta, “para qué”, “sabe para que se utilizan esas”.

Nombre: María B. Elías Pedraza Sexo: ♀ Edad: Persona de la tercera edad

Tejido: Habitantes de las riberas Cargo/Ocupación: Ama de casa

Fecha: 05 de octubre del 2017 Localidad: Jalpan por el aterrizaje

En el hogar de la señora María, no utilizan el agua del río, ya que viene altamente contaminada, en palabras de la misma María, menciona que viene muy “sucia”, “revuelta”, “aceituda”. Solo llegan a utilizarla un poco cuando el río va crecido en las lluvias ya que se limpia un poco el agua, pero en la época de secas, es prácticamente agua negra. Incluso menciona que cuando hace mucho calor, el olor es insoportable, y alcanza a extenderse como hasta cerca de 500 metros.

Reconoce la presencia de algunos peces pequeños en el río, pero solo en las lluvias cuando va “limpia” el agua, es cuando hay más. Ha visto tortugas muy grandes y bastantes cochas y caracoles en la orilla. Los niños llegan a agarrar la conchitas para hacer adornos y para pintarlas, incluso se las llevan al kínder. También menciona que los patos llegan a comerse a los caracolitos y las almejititas chiquitas.

Nombre: Amado y familia Sexo: ♂ y ♀

Edad: (2) Personas de la tercera edad, Un adulto, y un niño

Tejido: Habitantes de las riberas

Fecha: 05 de octubre del 2017 Localidad: Jalpan, por el aterrizaje

Hace unos 10 o 12 años, su familia si utilizaba el agua del río; sin embargo, dejaron de hacerlo ya que pusieron el drenaje, lo que provoca que el agua sea de mala calidad. Anteriormente la usaban para todo, esa agua; estaba el agua limpia con muchos peces. La sacaba a “cubetadas” y hacían un pocito al lado del río y había otros pozos hondos. Actualmente en secas utilizan agua del canal, ya que a esa agua no le arrojan drenaje.

En el río, llega a haber sardinitas, carpa y lobina, pero con el agua sucia se mueren. Conchas y caracoles hay en el canal de riego, los niños las agarran para jugar.

Nombre: Angélica Trejo Sexo: ♀

Tejido: Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: -----

Fecha: 5 de octubre de 2017

En su casa no se hace uso del agua del rio ya que cuentan con servicio de agua entubada, además nos menciona que el agua del río va muy sucia cuando llueve (revuelta) y que en él se depositan animales muertos, no sabe que es una especie no nativa, pero si ha visto caracoles y conchas de almejas en muy baja cantidad, por lo cual no considera que estos organismos puedan ser aprovechados, nos menciona que para ella no sirven para nada y si existiera algún proyecto productivo con estas no estaría interesada

Nombre: Érica García Sexo: ♀

Tejido: Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: -----

Fecha: 5 de octubre de 2017

En su casa no se hace uso del agua del río, más que para actividades recreativas algunas ocasiones (su hijos nadan en el), también cuenta con servicio de agua entubada y nos comenta que una de las principales razones es que le da “flojera” ir a traer agua del río, además que esta está sucia ya que en este depositan animales muertos, basura y hay señores que lo utilizan para defecar en él, ella nos comenta que a veces realiza recolección de basura en el río con su familia y le enseña a sus hijos a no tirar esta en lugares que no son.

No conoce el concepto de especie no nativa, pero si ha notado la presencia de conchas de almejas, especialmente en el sitio conocido como “la playita”, nos comenta que en su juventud cuando ella nadaba en el río no se veía estas conchas (hace aproximadamente 28-30 años) pero en la actualidad hay una gran cantidad de estas.

Cree que estos organismos pueden ser aprovechados en forma de manualidades o decoración de diferentes cosas y si se encontraría interesada si existiera algún proyecto donde les enseñaran como utilizarlas.

Nombre: Alejandro Morales Granadero/ Ana María Granadero Sexo: ♂ / ♀

Tejido: Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: hijo/mamá

Fecha: 5 de octubre de 2017

La familia Morales Granadero no hacen uso del agua del río ya que cuentan con el servicio de agua entubada por parte de la CEA, además mencionan que el agua del río está sucia ya que en ella ha visto que depositan animales muertos y residuos sólidos, ellos consideran que una especie no nativa es “un animal que no es de una región” pero se encuentra en esta y consideran que en el río Jalpan si ha de haber especies no nativas; sin embargo no saben cuáles, han observado la presencia de almejas muertas (conchas) que el río arrastra cuando llueve, y han notado que ahora hay más que antes (no referencia temporal), las conchas de las almejas pueden ser aprovechadas para hacer pulseras o cosas así, pero la señora dice que ella no las usaría, y si se

encontraría interesada si existiera algún proyecto para el aprovechamiento de estos organismos.

Nombre: José Juan Camacho Cenobio Sexo: ♂

Tejido: Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: ---

Fecha: 5 de octubre de 2017

La familia de José Juan muy ocasionalmente hace uso del agua del Río Jalpan, para lavar algunas cosas como autos y bañar a sus animales, la principal razón para no hacer uso de esta es que cuentan con servicio de agua entubada, el considera que la calidad del agua del rio no es buena porque hay bacterias en ella, así como suciedad, basura sólida y en algunas ocasiones desprende un olor a drenaje. Pero esto cambia cuando baja el agua (lluvias y el cauce crece), ahí si va limpia.

José no sabe lo que es una especie no nativa y no ha visto caracoles o almejas en el río, ya que no hace uso de este para nadar u otra actividad recreativa.

Nombre: Margarita de la Cruz Martínez Sexo: ♀

Tejido: Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: -----

Fecha: 5 de octubre de 2017

En la casa de Margarita no se hace uso del agua del rio ya que se cuenta con el servicio de agua entubada, además considera que el agua del río está sucia ya que la gente avienta basura y animales muertos, ella cuando puede, invita a la gente a no tirar basura sobre el rio, no sabe lo que es una especie no nativa, pero si ha notado la presencia de caracoles y almejas, las conchas de las

almejas las ha visto después de que el nivel del río desciende pero estas no se encuentran en gran abundancia. Considera que no se puede aprovechar, ya que no sabe que se puede hacer con ellas, no cree que se puedan vender, y nos comenta que los niños utilizan las conchas para jugar

Nombre: Mariela Trejo Rodriguez Sexo: ♀

Tejido: Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: -----

Fecha: 5 de octubre de 2017

La familia Trejo no hace uso del agua del río, sin embargo, en algunas ocasiones utilizan el río para actividades recreativas como nadar, la principal causa de no hacer uso de la misma es que cuentan con servicio de agua potable que suministra la CEA, nos mencionó que en tiempo de secas el agua está contaminada ya que en ella depositan animales muertos y basura, pero cuando crece, el río se limpia.

No tiene conocimiento de que es una especie no nativa, sin embargo ha observado muchas conchas de almejas cuando el agua del río baja, tampoco considera que puedan ser un material de aprovechamiento, ya que no sabe qué hacer con ellas, más que guardarlas de recuerdo y tenerlas como “lujo” (creo que hacía referencia a hacer bisutería con ellas como pulseras).

Si existiera un proyecto donde le enseñaran como hacer diferentes cosas con estos organismos si estaría muy interesada ya que podría ser otra fuente de ingresos para ella y su familia.

Nombre: Pablo Martínez Hernández Sexo: ♂

Tejido: Agricultor/ Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: agricultor

Fecha: 5 de octubre de 2017

En su casa no hace uso del agua del río, principalmente por que se encuentra muy sucia, trae todo el drenaje de Jalpan y cuando sueltan el agua de la planta de tratamiento nos llega un olor muy feo, pero considera que esta agua si se puede utilizar para riego, pero él no lo hace ya que forma parte de la unidad de riego y el agua le llega de la presa, pero considera que esta también está sucia ya que le llega el drenaje de la comunidad de Ahuacatlán, pero es una mayor cantidad de agua y no esta tan contaminada como la del río. Nos comenta que antes el agua del río era muy limpia pero después el pueblo creció y todos los drenajes los aventaron a esta.

Si sabe lo que es una especie no nativa (indico que las palmas son una especie no nativa), pero en concepto como tal no lo maneja (dijo que por que él no había estudiado). En relación a moluscos como caracoles y almejas en el río nos comenta que él no las ha visto por qué casi no se acerca al río ya que no lo utiliza.

Nombre: Valente Aguilar Sexo: ♂

Tejido: Habitante de las riberas del Río Jalpan Cargo/Ocupación: ---

Fecha: 5 de octubre de 2017

En la casa de Valente no se hace uso del agua del Río Jal pan, ya que cuentan con servicio de agua potable, (no se indago sobre la percepción de la calidad del agua), no tiene claro el concepto de especie no nativa, pero si ha observado la presencia de caracoles y conchas de almejas (muertas) y son más notorias en las orillas después de que el río baja el nivel del agua, considera que este material (conchas) pueden ser aprovechadas como adornos en figuras, se platicó un poco de la idea de un proyecto para el aprovechamiento de estos y respondió que “igual y si estaría interesado”

Nombre: Mario Alfredo González Suarez Sexo: ♀ Edad: Adulto

Tejido: Pescador Cargo/Ocupación: Pescador/Líder del grupo de pescadores

Fecha: 12 de octubre del 2017 Localidad: Presa Jalpan

Don Mario tiene 30 años trabajando en la presa, como pescador principalmente. Existe una organización interna de los pescadores que se ubican en la presa, y de estos el Sr. Mario es el líder. Cuenta con muchos conocimientos de la presa y del área, por lo que es considerado por diversas instancias como un actor clave para cualquier actividad que se plantee implementar en la presa.

Las dos especies vienen de otro río. Pudieron haber llegado en contenedores, material de pesca o siembras que se llegan a traer individuos y se utilizan o llevan a la presa accidentalmente. La almeja grande la introdujeron deliberadamente, fue traída del río Coy, Ciudad Valles, hace unos 20 o 22 años. Se introdujo sin algún fin específico, solo porque estaba la presa y para ver que rendimiento daba la especie. El caracol ha de tener unos 20 años que se introdujo, y la almeja aproximadamente unos 6 años, de esta última no tiene mucho tiempo y al inicio no había en tantas abundancias.

Ambas especies se encuentran cuando baja el nivel del agua. El caracol se consigue mucho en la arena de las orillas. La almeja se halla ya que la presa bajó unos cinco metros. En partes de la presa donde hay más fango se encuentran en mayor abundancia las dos especies, especialmente el caracol y al andar ahí “nomas se te calvaban”; pero mediante el forrajeo de la carpa disminuyeron las cantidades de caracol. Menciona Don Mario que antes había bastantes más en algunas partes de la presa, pero “la carpa le dio baje”. La carpa se alimenta del caracol (*M. tuberculata*) e incluso, tanto el caracol como la almeja se pueden utilizar como carnada para pesca de carpa y bagre.

Su familia y conocidos, llegan a consumir a la almeja asiática (además de la otra especie presente de mayor talla). Cuando hay, la consumen seguido, incluso personas que conoce de Querétaro le preguntas que si ya hay almeja para venir a consumirlas con él y su familia, es considerado como un banquete, menciono Don Mario. “Tres o cuatro veces por semana se hace la pachanga y queda bien sabrosa”. Principalmente se la comen en el arroz, bien cocida, o en caldo. Para prepararla solo la lavan bien las almejas con un cepillo y las enjuagan bien; además las dejan tres días en un balde con agua limpia de la misma presa, cambiándoselas cada día, para que se purguen y saquen toda la cochinada que traen adentro. No utilizan agua de garrafón o de la llave, ya que no duran tantos días vivas ahí debido al cloro en el agua.

Cuando es tiempo de almeja (en secas), si sacan las personas. Mucha gente viene y juegan con las conchitas y se llevan bolsadas. Otros escriben su nombre con las conchas.

Se podrían utilizar para incorporar a los huaraches, como se hace con las conchas de mar, se pueden hacer gargantillas, o para darle retoques a una obra, incrustaciones de las conchas en la pared. “Se trata de tener imaginación de cómo se va a hacer algo”.

Don Mario se puede encargar de sacar las “botezadas” de caracol y de almeja, de las dos que hay.