



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

MANEJO LOCAL DEL AGUA EN MANANTIALES Y
ARROYOS DE LA MICROCUENCA DEL RIO
MAGDALENA, CIUDAD DE MÉXICO. MÉXICO.

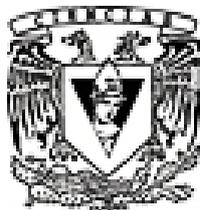
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

Martínez Moreno María Fernanda.



DIRECTOR DE TESIS:
Dra. Ángela Piedad Caro Borrero.

Ciudad de México, México.

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos académicos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de tener acceso a la educación y a la formación universitaria.

A mi asesora la Dra. Ángela Piedad Caro Borrero, a quien expreso una profunda admiración como investigadora y como mujer. Gracias por darme un espacio en su laboratorio, investigaciones y por sus enseñanzas; gracias por todo el apoyo, la comprensión, los consejos y por escucharme durante el año más difícil en mi vida a nivel académico y personal.

Al Dr. Javier Carmona Jiménez por su apoyo en la identificación de las comunidades algales, por estar presente en cada una de las fases de este trabajo y por cada una de las enseñanzas a lo largo de este, gracias por siempre tener un comentario positivo y por corregir siempre con una sonrisa.

A todo el equipo del Laboratorio de Ecosistemas de Ribera por su apoyo en la colecta de datos y por cada uno de sus comentarios que me han dado la retroalimentación para poder mejorar cada día; especialmente a Pablo Cuevas, gracias por enseñarme, apoyarme y por tu empatía en aquellas ocasiones donde me sentí perdida; a Edgar Caro, por sentarte conmigo en el microscopio a identificar bichos y por siempre mantenerte pendiente de mí; a Lisset Temis, mil gracias por ser mi compañera de investigaciones, de sitio y por hacerme sentir escuchada y comprendida; a Juan Reyes, por orientarme en aquellas veces donde tenía dudas; a Kenia Márquez y a Víctor Salinas por enseñarme las técnicas necesarias para llevar a cabo los análisis en campo y en laboratorio. Gracias a todas y todos por la sana convivencia.

A la comunidad de la Magdalena Atlitlic y a cada una de las personas que nos brindaron entrevistas, dejándonos adentrarnos en sus vidas y por compartirnos sus valiosos conocimientos. Sin ustedes este trabajo no hubiera sido posible y espero de corazón, que pueda contribuir positivamente de alguna forma para ustedes.

A la M. en C. Verónica Águilar Zamora por su ayuda en la elaboración de los mapas de sitio.

A mi cuerpo de sinodales, a quienes admiro enormemente y a quienes agradezco por sus observaciones y sugerencias. He aprendido mucho de ustedes en los breves encuentros que hemos tenido.

A los proyectos de investigación: Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, UNAM (IN307219) y Programa de Apoyo a Proyectos de Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza, UNAM (PE201118).

Agradecimientos personales.

A mi mamá claramente, gracias por nunca rendirte y por siempre dar todo de tí para que mi hermana y yo estemos bien. Gracias por siempre encontrar la manera y por todo tu cariño, por todas las veces que dejaste de ver por tí para hacerlo por nosotras (dudo siquiera que alguna vez no haya sido así). Sin tí creo que no estaríamos donde estamos hoy. Gracias por siempre alentarme a continuar, este logro es para tí y es tuyo también. Te amo como a nadie y siempre siempre vamos a estar juntas.

A mi hermana, porque estoy segura que sin tí no sería la persona que soy ahora. Me has enseñado un montón y gran parte de mi crecimiento personal ha sido gracias a tus consejos; gracias por esas pláticas que se extienden horas en la madrugada y porque contigo las risas nunca faltan. Siempre vas a ser mi persona favorita y no importa donde estés en el mundo, siempre habrá mucho de tí en mí. Tiijibiisikiti.

A mis tías Alicia, Verónica, Silvia, Karina y a mi abuelita Mary. Por todo su apoyo a lo largo de mi crecimiento no solo personal sino también académico, siempre tengo presente todos y cada uno de los actos de amor que han tenido por mí y mi familia así como todo su cariño hacia nosotras; son seres humanos maravillosos y mujeres súper admirables. Les estoy por siempre agradecida, las amo mucho.

A Paulina Moctezuma, no puedo expresar lo feliz que me siento de que seas parte de mi vida amiga. Tu amistad a lo largo de estos años es una de las más dichosas experiencias que la facultad pudo brindarme. Siempre agradeceré todo tu cariño y tu apoyo, así como cada vez que hemos hecho el mejor equipo en el laboratorio, las prácticas de campo y la vida ¡Por fin lo logramos! No salgas de mi vida nunca.

Índice.

Agradecimientos.

Resumen.

Abstract.

1. Introducción.	1
2. Marco Conceptual.	3
2.1. Importancia de los cuerpos de agua para las comunidades adyacentes.	3
2.2. Manantiales.	4
2.3. Elementos que pueden alterar los ecosistemas acuáticos locales, como los manantiales.	5
2.4. Capital social y acción colectiva, los pilares de la organización a nivel comunidad.	6
2.5. Elementos para la evaluación de ecosistemas acuáticos.	8
3. Justificación.	10
4. Hipótesis.	11
5. Objetivos.	11
5.1. Objetivo general.	11
5.2. Objetivos particulares.	11
6. Área de estudio.	12
6.1. Microcuenca del río Magdalena.	12
6.1.1. Caracterización social de la comunidad Magdalena Atlitic.	14
6.2. Manantiales y arroyos de primer orden.	20
7. Métodos. 7.1. Red social de manejo local del agua.	22
7.2. Calidad Ecológica	23
7.2.1. Parámetros hidromorfológicos, físicos y químicos.	24
7.2.2. Comunidades biológicas asociadas: macroinvertebrados bentónicos y algas macroscópicas.	25

8. Resultados.	26
8.1. Red social de manejo local del agua.	26
8.1.1. Análisis social por códigos.	28
8.2. Evaluación de la Calidad Ecológica:	43
8.2.1. Descripción de los sitios de muestreo.	43
8.2.2. Parámetros hidromorfológicos, físicos y químicos.	51
8.2.3. Validación mediante los grupos biológicos de macroinvertebrados bentónicos y comunidades de macroalgas.	56
8.3. Análisis de resultados y discusión.	77
8.3.1. Red social de manejo social.	77
8.3.4. Indicadores biológicos.	83
8.3.5. Integración de los aspectos socio-ecológicos.	87
9. Conclusiones.	89

Anexos

Anexo I. Registro aprobatorio de tesis.

Anexo II. Protocolo HYQI para evaluación de calidad hidromorfológica, Ortiz 2017.

Anexo III. Guión para elaboración de entrevistas.

RESUMEN

Las Áreas Protegidas son una de las principales estrategias de conservación para mantener la integridad ecológica de los ecosistemas. La relación entre éstos y las actividades antropogénicas, así como, el manejo local de las comunidades que viven dentro del área, resultan elementos cruciales para determinar el estado de los recursos naturales. Ya que el uso sostenible de éstos suele encontrarse comprometido debido a que se anteponen las demandas de orden social a las de orden ecológico. Un ejemplo de ello es la microcuenca del río Magdalena ubicada al suroeste de la Ciudad de México, donde la comunidad de la Magdalena Atlitic es la encargada de llevar a cabo el manejo del área, incluyendo acciones de conservación que recaen de manera importante sobre el río y los recursos hídricos asociados. Actualmente existen múltiples estudios enfocados en la calidad ecológica y manejo local del río Magdalena, pero ninguno de ellos enfocado en los manantiales y arroyos que alimentan el río. Estos cuerpos de agua resultan de vital importancia para el abasto de agua *in situ* y para el sostén de diversas actividades económicas locales como restaurantes y piscifactorías. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la red local de usos, manejo y distribución del agua de los manantiales a nivel comunidad, así como, caracterizar la calidad ecológica de los manantiales. Se llevaron a cabo entrevistas con actores sociales clave de la comunidad y se evaluó la calidad del ecosistema acuático a través del análisis de parámetros físico-químicos e hidromorfológicos, validados mediante el uso de grupos bioindicadores de macroinvertebrados y algas macroscópicas. Los resultados evidenciaron fracturas en el tejido social al interior de la comunidad que dificultan la toma de decisiones y el establecimiento de acuerdos que favorezcan el uso sostenible del agua. Así mismo, se identificaron obstáculos tanto a nivel local como gubernamental en torno a la falta de claridad en la normativa existente para el manejo exitoso del agua. Así como, ambigüedad en torno a las competencias que se tienen a nivel local, estatal y federal lo que propicia una serie de acuerdos informales que permiten el establecimiento de diversas actividades que podrían provocar impactos negativos sobre el recurso hídrico. A pesar de las condiciones sociales detectadas, la calidad ecológica de los manantiales destaca por mantenerse dentro de las condiciones de oligotrofia aunque algunos sitios se encuentran cercanos a los límites permisibles por la NOM-127-SSA1-1994 en DOF 2000 para consumo humano. La mayor afectación detectada corresponde con las transformaciones físicas para favorecer las prácticas de extracción de agua. La percepción generalizada de los entrevistados acerca de la calidad ecológica de los

manantiales, coincide en que son sitios prístinos de vital importancia para la comunidad; sin embargo, no se percibe la falta de organización local ante la extracción, consumo y distribución local como un problema. El panorama detectado supone que en el futuro cercano se puedan empezar a evidenciar los efectos de la falta de regulación y organización en torno al uso de los manantiales y que el avance de las actividades antropogénicas irregulares se conviertan en un impulsor de cambio cada vez más fuerte.

ABSTRACT

Protected Areas are one of the main conservation strategies to preserve the ecological integrity of ecosystems. The relationship between these, the anthropogenic activities and the local management of the communities that live within the area, are crucial elements to determine the state of the natural resources. Since the sustainable use of these is usually compromised because the demands of a social order are placed before those of an ecological order. An example of this is the micro-basin of the Magdalena River, located southwest of Mexico City. The Magdalena Atlitic community is the landowner and responsible for its management, including conservation actions that fall significantly on the river and associated water resources. Nowadays there are multiple studies focused on the ecological quality and local management of the Magdalena River, but none of them focused on the springs and creeks that feed the river. Which are of vital importance for the supply of water in situ and for the support of local economic activities such as restaurants and fish farms. The objective of this research was to characterize a local network of uses, management and distribution of water from springs at community level, and characterize the ecological quality of springs. Stakeholder's interviews were carried out and evaluated; these were validated through the analysis of physical- chemical and hydromorphological parameters, validated by bioindicator groups of macroinvertebrates and macroscopic algae. The results showed breaks in the social structure within the community that hinder decision-making and the establishment of agreements that benefit the sustainable use of water. Likewise, obstacles were identified at the local and governmental level around the lack of clarity in the existing regulations for the successful management of water; the ambiguity around the competences that exist at local, statal and federal levels favor informal agreements that allow the establishment of activities that could have negative impacts on the water resource. Despite the social conditions detected, the ecological quality of the springs stands out for being within the oligotrophic conditions, although some of these are close to the permissible limits by NOM-

127-SSA1-1994 in DOF 2000 for human consumption. The greatest affectation detected corresponds to the physical ecosystem transformations for water extraction. The general perception of the interviewees about the ecological quality of the springs, agrees that they are pristine sites of vital importance for the community; however, the lack of local organization around the local extraction, consumption and distribution is not perceived as a problem. Giving this panorama is possible to assumes that in the near future, the effects of the lack of regulation and organization around the use of springs may begin to be evident and the advance of irregular anthropogenic activities will become an increasingly strong driver of change.

1. Introducción.

Las Áreas Protegidas (AP) han sido la principal estrategia de conservación internacional para limitar las actividades humanas y resultan un mecanismo relevante para mantener la estabilidad de los ecosistemas. El éxito de las mismas depende de muchos factores, uno de los más importantes es el lugar donde estas AP's se encuentran declaradas y la relación que tienen con las actividades humanas que se desarrollan en torno a ellas por lo que uno de los principales objetivos de las APs es proteger la integridad ecológica de los ecosistemas y como consecuencia asegurar la provisión de servicios ecosistémicos (SE) (Caro, *et al.*, 2020). La cantidad y calidad de los SE, dependen de la estructura y composición de los ecosistemas y del grado de conservación de los mismos; pues la demanda de SE se ve modificada por el contexto político/legal, socioeconómico, cultural y tecnológico, es decir, por una diversidad de impulsores de cambio tanto positivos como negativos que actúan sobre el ecosistema (Bürgi, *et al.*, 2014).

Aunado a ello, los recursos acuáticos se encuentran dentro de los principales elementos que justifican acciones de conservación en los ecosistemas, pues brindan tres de los servicios ecosistémicos más importantes relacionados con el bienestar humano: purificación y provisión de agua, regulación climática regional y mantenimiento de la biodiversidad en los ecosistemas terrestres y acuáticos (Carmona y Caro, 2017). De la misma manera, son uno de los pilares para los medios de vida de las comunidades locales (Caro, *et al.*, 2020), donde la función ecológica de los ríos y arroyos depende de los regímenes de flujo hidrológico, que han sido alterados drásticamente por intervenciones y actividades antropogénicas, limitando la accesibilidad a los recursos hídricos tanto para las personas como para los ecosistemas *per se*. Algunas de estas actividades son: cambios en el uso y cobertura del suelo (principalmente por la expansión de las fronteras agrícolas y urbanas), la contaminación derivada de las descargas urbanas, y el desvío inadecuado del agua para riego y consumo doméstico, entre otros; mismas que pueden derivar en la pérdida de fertilidad y salinización del suelo, desregulación de los flujos de agua, así como de transporte de nutrientes y sedimentos, e interferir con la cantidad y la calidad del agua, alterando las condiciones ecológicas que se reflejan en el funcionamiento de los ecosistemas (Carmona y Caro, 2017); lo cual provoca no sólo una intensa perturbación ecológica, estructural y funcional de los mismos, sino también inseguridad hídrica para los pobladores. Como resultado, estos impactos y modificaciones en las fuentes de agua (como manantiales, arroyos y ríos) generan altos costos tanto ambientales

como sociales, que pueden resultar en conflictos de carácter socioambiental. En ocasiones existe una desconexión entre la fuente, el uso y el manejo local, provocando que los impactos socioecológicos (positivos o negativos) en estas áreas a menudo no sean evidentes para los tomadores de decisiones o los usuarios locales del agua (Nel, *et al.*, 2017).

Es por ello por lo que se necesita una mejor comprensión de las percepciones ambientales de los diferentes interesados y cómo estas percepciones influyen en la toma de decisiones. En particular, se debe tener en cuenta el rol de los actores locales en la toma de decisiones, ya que independientemente del rol del gobierno, son estos quienes administran los recursos naturales en el día a día y se ven beneficiados o perjudicados por las decisiones de gestión, especialmente en países en vías de desarrollo (Ramos, *et al.*, 2018). Así mismo, es necesario facilitar la transmisión de dicha información a los diferentes grupos sociales interesados en los cuerpos de agua buscando guiar la toma de decisiones hacia favorecer el manejo y la conservación de las cuencas hidrográficas, pues los seres humanos no son solo (o los únicos) consumidores de recursos y servicios ambientales, sino que también contribuyen a su desarrollo, mantenimiento y monitoreo (Comberti *et al.*, 2015; Zamora, *et al.*, 2017).

Un claro ejemplo de ello son las AP's mexicanas, que continúan siendo territorios donde persisten las tensiones y las consecuencias sociales a causa (en parte) de la conservación, en un contexto de políticas ambientales muy influenciadas por una perspectiva neoliberal y en los que la gestión sostenible de los ecosistemas acuáticos continentales (en particular los arroyos) tiene efectos tangibles e inmediatos sobre el bienestar humano (Caro *et al.*, 2020). Tal es el caso particular del suelo de conservación de la microcuenca del río Magdalena, ubicada al surponiente de la Ciudad de México; donde la mayor parte de la demanda de agua se satisface mediante la extracción de agua subterránea y en menor medida de aguas superficiales como el río Magdalena (Jujnovsky *et al.*, 2012), el cual a partir de ahora y para fines prácticos definiremos como "microcuenca del río Magdalena". Este último ubicado dentro del Suelo de Conservación, es alimentado por numerosos manantiales que abastecen de agua para uso y consumo humano a las comunidades locales, que se encuentran expuestos a múltiples presiones principalmente por extracción de agua local y externa pero también por actividades agrícolas y de urbanización, así como derivaciones hidráulicas que han sido ampliamente diseminadas en toda la cuenca y de las cuales no se tienen estudios de impacto ecológico, ni tampoco de las consecuencias que estas actividades podrían provocar en el funcionamiento de los ecosistemas existentes (Carmona y Caro, 2017). Por lo que, monitorear el estado ecológico de las fuentes de agua en las cabeceras de las cuencas resulta de vital

importancia para salvaguardar los flujos de agua, especialmente en áreas con una alta dependencia de las aguas subterráneas (Nel *et al.*, 2017).

2. Marco Conceptual.

2.1. Importancia de los cuerpos de agua para las comunidades adyacentes.

Un gran número de ciudades alrededor del mundo nacieron y se desarrollaron alrededor de fuentes de agua, que funcionaban como vías de transporte, comunicación, recreación y fuente de alimento (Dourojeanni y Jouravlev, 1999). En la actualidad, los cuerpos de agua representan un mayor beneficio para las ciudades y comunidades que se han establecido en torno a ellos. Los manantiales, arroyos y ríos son ecosistemas complejos y dinámicos, donde el agua, la flora y la fauna son recursos que tienen un papel importante en el equilibrio y funcionamiento de estos ambientes (Gastezzi *et al.*, 2017); que al encontrarse en interacción constante o permanente con diversas actividades antropogénicas, constituyen sistemas socio-ecológicos de gran complejidad y de vital importancia, no solo para el soporte físico, químico y biológico de los ecosistemas sino también para las comunidades adyacentes (Falkenmark y Folke, 2002; Zamora *et al.*, 2017).

Desde una perspectiva urbana, los cuerpos de agua son cruciales para la supervivencia de las comunidades locales y el suministro de agua a las regiones más lejanas, por lo que se encuentran altamente valorados debido a los numerosos SE que estos proveen. Estos incluyen servicios de soporte y regulación, como en el ciclo de nutrientes, la conservación de flora y fauna mediante la conformación de cadenas tróficas y la regulación de microclima (Zamora *et al.*, 2017); servicios culturales, como asociaciones estéticas, recreativas, de sentido del lugar e identidad; y servicios de aprovisionamiento, donde estos últimos son aquellos de los que las personas que viven en comunidades adyacentes obtienen un mayor beneficio gracias al suministro de agua que es utilizada de diferentes maneras, tales como: producción de energía (hidroeléctrica, actividades de pesca, oportunidades de recreación, mitigación de inundaciones y obtención de agua para uso humano, este último resulta probablemente en el servicio más importante para el mantenimiento de los pobladores locales debido a que es utilizada con diversos fines, entre ellos: consumo personal, uso doméstico, agua para riego, granjas acuáticas, etc. (Jujnovsky *et al.*, 2012). Por lo que, en términos generales las fuentes de agua urbanas brindan múltiples beneficios conduciendo a mejorar el bienestar social y el desarrollo económico de las mismas, así como seguridad ante las

amenazas naturales, tales como inundaciones y efectos del cambio climático (Gastezzi *et al.*, 2017); por lo que el deterioro en cuanto a la cantidad y la calidad del recurso hídrico en las fuentes de agua como los manantiales, puede tener diversos impactos socioambientales en los usuarios a lo largo de la cuenca (Nel *et al.*, 2017).

2.2. Manantiales.

Por definición, los manantiales son fuentes de agua naturales que se originan cuando la ladera de una colina o el fondo de un valle se cruzan con un cuerpo de agua subterránea que fluye debajo del nivel freático (Cressler, s.f). Son el resultado de la saturación de agua del manto acuífero, que se llena hasta el punto en que el agua se desborda sobre la superficie de la tierra. Estos varían en tamaño, desde filtraciones intermitentes que fluyen solo después de un periodo prolongado de lluvia, hasta enormes desbordes de agua por los que fluyen cientos de galones al día (Cressler, s.f). La cantidad de agua que fluye de los manantiales depende de muchos factores, tales como: el tamaño de las cavernas dentro de las rocas, el tipo de roca, la presión del agua en el acuífero, el tamaño de la cuenca del manantial, el tipo de suelo y la precipitación pluvial de la región. Las actividades humanas también pueden influir en el volumen de agua que se descarga de un manantial, pues las extracciones de agua de manera directa o subterránea pueden provocar que el nivel de agua en el sistema hídrico disminuya y por lo tanto, también el flujo del manantial (Cressler, s.f).

Estos cuerpos de agua resultan un ecotono importante en el límite de las aguas superficiales y subterráneas, debido al transporte y transformación de materia, que modifica no solo el tamaño de las partículas sino también su reactividad biogeoquímica. Pues a medida que el agua se filtra a través del suelo, los procesos de transferencia de solutos dentro y fuera de la conjunción suelo-agua se vuelven más importantes, y de esto depende parte de la calidad del agua superficial y subterránea en una cuenca (Reiss y Chiffard, 2017). Es decir, los manantiales son de manera integral, espacial y temporal salidas de los sistemas de agua subterránea, por lo que resultan de suma importancia al momento de monitorear los procesos relacionados con el agua subterránea, el flujo interno de las regiones de cabecera y los ciclos biogeoquímicos (Reiss y Chiffard, 2017). Por otra parte, los manantiales son hábitats acuáticos únicos, que contribuyen significativamente a la biodiversidad local y regional debido a la alta complejidad de su hábitat. Dentro de estos, los factores hidrológicos (en particular la permanencia del flujo, la química del agua y la temperatura) resultan de suma importancia ya que determinan la distribución de las especies y la composición de las comunidades

biológicas. Otro aspecto importante, es la relación que mantienen estos cuerpos de agua con las zonas urbanas y las comunidades adyacentes a estos, pues se estima que aproximadamente un 50% de las comunidades dependen exclusivamente de las aguas subterráneas como fuente principal de abastecimiento de agua (OPS, 1998).

A pesar de su importancia para la calidad de agua y la biodiversidad, los manantiales suelen ser mucho menos estudiados que otros ecosistemas acuáticos y en muchas ocasiones, tampoco se encuentran protegidos por la legislación (Cantonati *et al.*, 2012). Prácticamente no hay preocupación por mantener las zonas de recarga (Dourojeanni y Jouravlev, 1999); lo que a menudo resulta en la falta de regulación y un manejo inadecuado de las mismas. Considerando que los manantiales a menudo son mucho más ricos en especies en comparación a otros hábitats acuáticos (Reiss y Chiffard, 2017) y su sensibilidad a los impactos antropogénicos (Cantonati *et al.*, 2012), resulta crucial la investigación y monitoreo de los mismos no solo a través de componentes naturales e indicadores biológicos, sino también a través del sector social que se encuentra instaurado alrededor de estos.

2.3. Elementos que pueden alterar los ecosistemas acuáticos locales, como los manantiales.

Los ríos son originados a través de manantiales y fluyen desde sus orígenes en las zonas altas hacia las zonas bajas de las cuencas. Existen diversos factores de orden natural que pueden tener repercusiones sobre estas fuentes de agua (como la pérdida de humedad en las zonas altas de las cuencas) (SMA, 2012); pero son los impactos derivados de las actividades antropogénicas los que han afectado principalmente y en mayor medida la capacidad de muchos ecosistemas fluviales para proporcionar los bienes y servicios ecosistémicos de los que dependen las poblaciones tanto locales como regionales (Mazari-Hiriart *et al.*, 2014). En el caso particular del río Magdalena (como en la mayoría de los ríos urbanos de nuestro país) existe una zona de transición entre el suelo urbano y el Suelo de Conservación, donde en este último existe una importante concentración de asentamientos irregulares (Zamora *et al.*, 2017), que amenazan el Suelo de Conservación pues someten a estos cuerpos de agua a los efectos de diversas actividades humanas a lo largo de su curso y en todo el paisaje de la cuenca.

El desarrollo urbano es un determinante importante en la modificación de la estructura de los ecosistemas acuáticos e influye significativamente en el funcionamiento de estos. Provocando una intensa perturbación ecológica, estructural y funcional a través de múltiples

intervenciones, tales como: actividades derivadas del sector agropecuario e industrial, construcción de obras hidráulicas en torno a la extracción de agua, conversión de la tierra y transformación del paisaje (estas sobresalen, pues modifican la naturaleza del paisaje natural de manera paulatina); explotación del recurso hídrico; liberación de emisiones y desechos de manera directa (vertimiento de aguas residuales, residuos químicos y sólidos no tratados) entre otras (Dourojeanni y Jouravlev, 1999; Amaya *et al.*, 2005; Zamora *et al.*, 2017; Caro *et al.*, 2020).

Este tipo de actividades alteran los componentes del ciclo hidrológico así como los volúmenes de agua, lo cual incrementa el deterioro de los ecosistemas (Zamora *et al.*, 2017), pues daña la calidad ambiental de los mismos y abre paso a procesos de fragmentación del paisaje, cambios en la estructura y en la función de los ecosistemas, la composición y riqueza de especies, pérdida de diversidad biológica y afecta la salud humana (Dourojeanni y Jouravlev, 1999; Amaya *et al.*, 2005). En relación con ello, los vínculos entre el bienestar humano y los ecosistemas no se conocen por completo debido a una variedad de factores socioeconómicos y a las múltiples escalas en las que se aplica la información socioambiental (generalmente de manera global a local). Esta falta de conocimiento da como resultado una incorrecta toma de decisiones en relación con la gestión de los SE y el manejo de los ecosistemas (Jujnovsky *et al.*, 2012), lo cual resulta en una limitación severa para el manejo del recurso hídrico pues las decisiones humanas se encuentran directamente relacionadas con las condiciones ambientales (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

Con el paso del tiempo y si las presiones persisten, los cuerpos de agua pueden degradarse a tal manera que pueden tornarse en una condición de incapacidad para conservar su funcionamiento adecuado, ni mantener comunidades biológicas acuáticas saludables, de modo que los procesos naturales se vean obstaculizados y se pierda la salud del sistema acuático, tanto como su capacidad de resiliencia y a su valor social (Mazari-Hiriart *et al.*, 2014; Gastezzi *et al.*, 2017).

2.4. Capital social y acción colectiva, los pilares de la organización a nivel comunidad.

La mayoría de las cuencas hidrográficas y las áreas de conservación boscosa están habitadas o rodeadas por pequeñas comunidades rurales (en su mayoría con formas de propiedad y gestión indígenas en América Latina) que interactúan con los ecosistemas que los rodean a diario; independientemente de los acuerdos particulares de derechos de propiedad, en

ocasiones estas interacciones suelen estar incrustadas en un problema clásico de uso individual, donde individuos o grupos sociales pueden llevar a cabo acciones en busca de lograr objetivos propios, ajenos al bien común y a la organización comunal existente (Muradian y Cárdenas, 2015). En este tipo de casos, podemos evidenciar la falta de acción colectiva, la cual podemos definir como un proceso voluntario de cooperación entre varios actores sociales individuales que abordan diferentes actividades para la conservación y gestión del capital natural en un territorio determinado (Muradian y Cárdenas, 2015; Auer *et al.*, 2020). Por lo que dentro de las comunidades, la comunicación y el trabajo en equipo resultan actividades de vital importancia para un manejo adecuado de los recursos naturales, así como el direccionamiento de estas hacia objetivos comunes. Esto lleva a un aumento en el capital social, el cual podemos definir como las relaciones sociales positivas entre los actores dentro de un sistema dado y los lazos internos entre individuos relativamente homogéneos dentro de la misma comunidad o grupo, en el que se trabaja en conjunto fomentando la participación y la cooperación hacia metas compartidas por un bien común facilitando la acción colectiva (Auer *et al.*, 2020). Se ha demostrado que la acción colectiva es un componente clave del capital social para lograr la conservación y la gestión del capital natural, donde estos dos elementos representan todas las actividades relacionadas con la protección, restauración y gestión de los recursos naturales (incluido el recurso hídrico) y el medio ambiente (Muradian y Cárdenas, 2015; Auer *et al.*, 2020).

Adicionalmente, la acción colectiva y el capital social han demostrado evidencias de traer beneficios hacia las comunidades, no solo hacia el manejo de los recursos naturales y la conservación de los ecosistemas, sino también hacia un mejor bienestar económico y social, el desarrollo humano, la salud, mayores logros educativos, aumento en la productividad organizacional, mayor confianza entre las personas, la inclusión de actores sociales privados y vínculos más constructivos con las instituciones gubernamentales que conforman los mecanismos que estructuran las políticas, la legislación y los programas de manejo; por lo que resultan pilares muy importantes para el desarrollo adecuado y la organización interna de las comunidades¹ (Jules, 2003; Muradian y Cárdenas, 2015; Auer *et al.*, 2020).

¹ **Capital social negativo:** El capital social puede traer consigo numerosas ventajas, sin embargo y acorde con lo escrito por Portes en 1998 existen al menos cuatro consecuencias negativas: en primer lugar exclusión de los extraños, los mismos lazos que aportan beneficios a los miembros de un grupo por lo común lo autorizan a vedar el acceso a otros; segundo, reclamos excesivos a los integrantes del grupo, pues el cierre del grupo o la comunidad, esto puede impedir el éxito de las iniciativas empresarias de sus miembros poniendo freno a la expansión económica o personal de manera individual; tercero, restricciones a la libertad individual pues la participación comunitaria o grupal genera necesariamente exigencias de conformidad, el nivel de control social es fuerte y también muy restrictivo de las libertades personales; y cuarto, normas niveladoras hacia abajo, que mantienen en su lugar a los miembros de un grupo oprimido y obligan a los más ambiciosos a escapar de él (Portes, 1998).

2.5. Elementos para la evaluación de ecosistemas acuáticos.

La calidad ecológica se encuentra definida como la expresión general de la estructura y la función de un ecosistema (FAO, 2009). La evaluación del estado ecológico de los cuerpos de agua se lleva a cabo a través de parámetros químicos y físicos, elementos biológicos y por la calidad hidromorfológica de los cuerpos de agua. Esto último resulta de vital importancia, pues la alteración física de los ecosistemas puede tener un impacto aún mayor que las alteraciones en la química del agua en la dinámica del mismo (Caro *et al.*, 2016; Carmona y Caro, 2017). Aunado a esto, las evaluaciones ambientales implican caracterizar la condición ecológica y diagnosticar las causas y amenazas a los bienes y servicios de los ecosistemas, por lo que además de los habituales análisis químicos, se han de utilizar indicadores biológicos que nos permitan establecer el estado ecológico de manera más precisa, pues son elementos que validan las evaluaciones de los otros parámetros (Ladreda, 2012). Esto requiere de la identificación de comunidades biológicas, pues la utilización de dichos indicadores biológicos se basa en el análisis de la alteración de la comunidad de organismos que habitan los ecosistemas fluviales frente a una perturbación determinada (Carmona *et al.*, 2016). Dichos indicadores gozan de un creciente interés y utilización dentro de la comunidad académica, debido a que son capaces de integrar los cambios que han sufrido los cuerpos de agua a lo largo de la vida del organismo; asimismo, son capaces de informar sobre perturbaciones más allá de la propia contaminación del agua, como puede ser la alteración física del cauce y de la ribera (Ladrera, 2012). Como parte de estos bioindicadores, actualmente se utilizan los ensambles de macroinvertebrados bentónicos y las comunidades algales macroscópicas (González, 2014). Los cuales debido a su facilidad de estudio nos brindan información efectiva a corto plazo para determinar los efectos de las actividades antropogénicas sobre el ecosistema acuático, ya que su presencia refleja las condiciones físicas, químicas y bióticas que prevalecen en el ambiente donde viven (González, 2012; Gastezzi *et al.*, 2017).

De manera general, los macroinvertebrados bentónicos responden rápidamente a variaciones ambientales y son fundamentales para el entendimiento de la estructura trófica y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, por lo que la presencia de los diferentes taxones proporciona una señal temprana de los cambios en las condiciones de calidad ecológica (Caro *et al.*, 2016; González *et al.*, 2016). Dado el papel fundamental que desempeñan en los sistemas dulceacuícolas y considerando su valor como bioindicadores de calidad del agua, en la presente investigación fueron utilizados como una herramienta para analizar la calidad del agua proveniente de los manantiales, así como la riqueza y composición de especies que

estos albergan en comparación al río. Aunado a ello, las comunidades de algas macroscópicas resultan también una gran herramienta de evaluación ambiental pues además de resultar componentes muy importantes de los ecosistemas acuáticos que alimentan las redes tróficas y los ciclos biogeoquímicos, son sensibles a los cambios químicos en el agua, presentando umbrales de respuesta a diferentes factores y variables locales, por lo que permiten caracterizar microambientes y detectar los niveles de contaminantes y alteraciones en el ecosistema. Aunado a esto, son sencillas de coleccionar y se pueden evaluar cuantitativamente (Cantoral *et al.*, 1999; Stevenson, 2014). Es por ello que en la presente investigación, se incluyeron como parte de la validación biológica para la calidad de los sitios de muestreo. Como resultado de esta caracterización, se genera una línea base con los atributos biológicos y ambientales que representan condiciones de referencia o por lo menos de mínima intervención antropogénica (Carmona y Caro, 2017).

Adicionalmente, la propuesta metodológica para la evaluación de ecosistemas acuáticos como el río Magdalena y sus manantiales, plantean la necesidad de incluir a los actores sociales, tales como las comunidades locales, trabajadores dentro del Suelo de Conservación, funcionarios y tomadores de decisiones en la construcción de un sistema de indicadores (Zamora *et al.*, 2017), pues resulta incoherente modelar los socioecosistemas sin representar explícitamente a los humanos como parte de ellos (Dourojeanni y Jouravlev, 1999). Las instituciones gubernamentales, junto con otros actores a escala global y nacional (como organizaciones conservacionistas, instituciones académicas, el sector privado, etc.) tienen la mayor influencia en los procesos de toma de decisiones; por lo que la participación de las personas que viven dentro de las AP's es insuficiente y a menudo inexistente. Sus necesidades y perspectivas frecuentemente son ignoradas, a pesar de que sus medios de vida dependen en gran medida de los cuerpos de agua adyacentes; por lo que las estrategias de conservación y manejo deben ser construidas y negociadas con la participación activa de la población local para garantizar la legitimidad de la acción colectiva (Caro *et al.*, 2020). Pues a través del estudio y evaluación de las percepciones locales se pueden obtener diversos conocimientos y perspectivas, tales como: percepciones sobre los resultados ecológicos de la conservación, pues los usuarios de los recursos locales y las comunidades pueden valorar las iniciativas de conservación y los niveles de apoyo hacia la misma en función de sus percepciones ante los impactos ecológicos y los beneficios relacionados con su propio bienestar, el de sus hogares y/ o sus comunidades, a través de los servicios ecosistémicos que obtienen. Discernir si la población local ve como justas o equitativas las estrategias de conservación implementadas dentro de las AP's; y obtener información sobre la legitimidad de

la gobernanza local en torno a la conservación (entendida como las estructuras, instituciones y procesos que determinan quién toma las decisiones, cómo se toman y cómo se llevan a cabo las acciones para resolver los problemas sociales y ambientales así como el grado de aceptación que tienen los grupos y comunidades locales ante esta (Bennet, 2016; Abukari y Mwalayosi, 2020). Por lo que incluir las percepciones de estos actores en las evaluaciones ecológicas transmite detalles importantes sobre la aceptabilidad social e idoneidad de los insumos, la acción colectiva y el conocimiento local, las estrategias que pueden mejorar el manejo de los recursos naturales a escala local, las acciones de gestión a nivel local y gubernamental, y la aceptabilidad social de determinadas políticas e iniciativas de conservación. Todo esto en *pro* de mejorar la toma de decisiones, programación y ejecución de estrategias de manejo y conservación, así como, el restablecimiento de políticas, prácticas y proyectos direccionados hacia la protección efectiva de la biodiversidad y el bienestar social de las personas que viven en torno a las áreas protegidas (Bürgi *et al.*, 2014; Bennet, 2016; Abukari y Mwalayosi, 2020).

3. Justificación.

El río Magdalena y sus manantiales conforman un ecosistema que se encuentra en interacción permanente con diversas actividades antropogénicas; en su mayoría dirigidas hacia la supervivencia de los pobladores locales. Tales actividades incluyen la extracción de agua para consumo y uso doméstico, servicio de restaurantes, riego de cultivos, crianza de animales como borregos y vacas, así como el establecimiento de granjas de truchas (tanto para venta como consumo local), entre otras. Por lo que este se encuentra expuesto a distintas presiones de manera constante. Dicha extracción de agua es realizada de forma directa en los manantiales, por lo que estos se vuelven relevantes dentro del socioecosistema no solo por su papel fundamental en el flujo de agua hacia el río (y el ecosistema en general) sino también por ser las principales fuentes de agua que abastecen a los pobladores de la microcuenca del río Magdalena.

Actualmente no se tiene ningún tipo de registro acerca de la organización social en torno a la extracción local de agua, por lo que este trabajo de investigación pretende caracterizar los diversos usos que se le da a estos cuerpos de agua y establecer una red de manejo local en torno a ellos. Si bien muchos estudios documentan la calidad del agua del cauce principal del río Magdalena, no se ha documentado la calidad de los manantiales que se usan de manera exhaustiva y que alimentan al río, aun cuando debería ser fundamental tener una evaluación

para asegurar que no están experimentando un impacto ecológico importante derivado de su uso y que el agua proveniente de los mismos no presenta algún tipo de riesgo para el consumo humano.

4. Hipótesis.

4.1.- Red de manejo local del agua.

Al ser los manantiales cuerpos de agua frecuentemente utilizados para el abasto de agua local, se busca evidenciar que exista algún sistema de organización interna liderado por la comunidad Magdalena Atlitic, quienes son los dueños legítimos del área boscosa de la microcuenca del río Magdalena.

4.2.- Calidad ecológica del sistema acuático.

Al ser los manantiales cuerpos de agua que se encuentran lejos de las actividades antrópicas preponderantes como el turismo, y al ser usados por los propios comuneros, se espera encontrar que su estado de calidad ecológica sea de *bueno a muy bueno*, sin llegar a ser excelente debido a las prácticas de extracción de agua frecuentes.

5. Objetivos.

5.1. Objetivo general.

1. Estructurar la red social local de usos, organización y percepción en torno a los manantiales, así como el estado de la calidad ecológica de los mismos. Con el fin de determinar la relación entre los usos y los potenciales impactos antropogénicos dentro de la microcuenca del río Magdalena, Ciudad de México.

5.2. Objetivos particulares.

1. Caracterizar los principales usos y aprovechamientos del agua en la microcuenca del río Magdalena, con énfasis en manantiales y arroyos de primer orden, a través de entrevistas a profundidad con actores sociales clave.

2. Determinar el estado de calidad ecológica y del agua de 13 manantiales y arroyos utilizados para el abastecimiento local de agua, a través de parámetros físico-químicos e hidromorfológicos así como atributos biológicos de los ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos y comunidades de algas macroscópicas.

3. Establecer a partir de la investigación socio-ecológica la red local de manejo del agua y los potenciales efectos de dicho manejo sobre el estado de conservación de los manantiales.

6. Área de estudio.

6.1. Microcuenca del río Magdalena.

Las áreas protegidas son uno de los ejes fundamentales de la política de conservación de la diversidad biológica en el mundo. A lo largo del siglo XX en México se decretaron una gran cantidad de estas, principalmente Zonas Protectoras Forestales; sin embargo, muchas de ellas han quedado en una situación legal poco clara, lo cual ha dificultado su protección y manejo. Tal es el caso de los bosques de la Cañada de Contreras, esta zona posee un gran valor ambiental, ya que es la fuente de agua superficial más importante de la Ciudad de México con una alta biodiversidad, albergando alrededor de 1,175 especies, de las cuales 212 se consideran útiles para el ser humano y 39 se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo (Jujnovsky *et al.*, 2014; Mazari-Hiriart *et al.*, 2014). Esta área del Suelo de Conservación, también denominado como “Cuenca del río Magdalena” por sus características hidrográficas (Jujnovsky *et al.*, 2014), corresponde a una microcuenca de la cuenca de México, originada en la Sierra de las Cruces y ubicada mayormente en el sur-poniente de la Ciudad de México; es considerada una de las zonas mejor conservadas de la entidad donde los casi 30 km² de su superficie poseen un uso de suelo predominantemente boscoso, caracterizado por tres tipos de comunidades vegetales dependiendo de la altitud (*Abies religiosa* en la parte media, *Pinus hartwegii* en la parte de arriba y *Quercus* en la parte baja) y que cuenta con tres unidades de suelo diferentes (Litosol, Feozem y Andosol, esta última la más ampliamente distribuida) (Jujnovsky *et al.*, 2012).

Teóricamente, el buen estado de conservación de la zona ha permitido el mantenimiento de los procesos ecológicos involucrados en la generación de un gran número de servicios ecosistémicos (Rivera, 2017), entre los que destacan dos servicios de soporte, siete de regulación y cinco servicios de provisión, entre estos últimos destaca la provisión de agua (SMA, 2012; Mazari-Hiriart *et al.*, 2014). La buena calidad de ésta, permite que 200 L/s sean aprovechados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México contribuyendo en el abastecimiento de agua para consumo humano para las comunidades locales y habitantes de la alcaldía Magdalena Contreras. Resulta ser el único cuerpo de agua superficial local que

contribuye de manera continua en el abastecimiento general de la ciudad y representa la fuente de recarga de agua subterránea más importante en la misma (Mazari-Hiriart *et al.*, 2014; Zamora *et al.*, 2017).

Es por ello que esta AP resulta esencial para la provisión de recursos hídricos, por lo que ha sido objeto de diversas estrategias de conservación y manejo. Las cuales han sido implementadas por diferentes instituciones gubernamentales y reflejan la evolución de las perspectivas de conservación y gestión en las políticas públicas (Caro *et al.*, 2020).

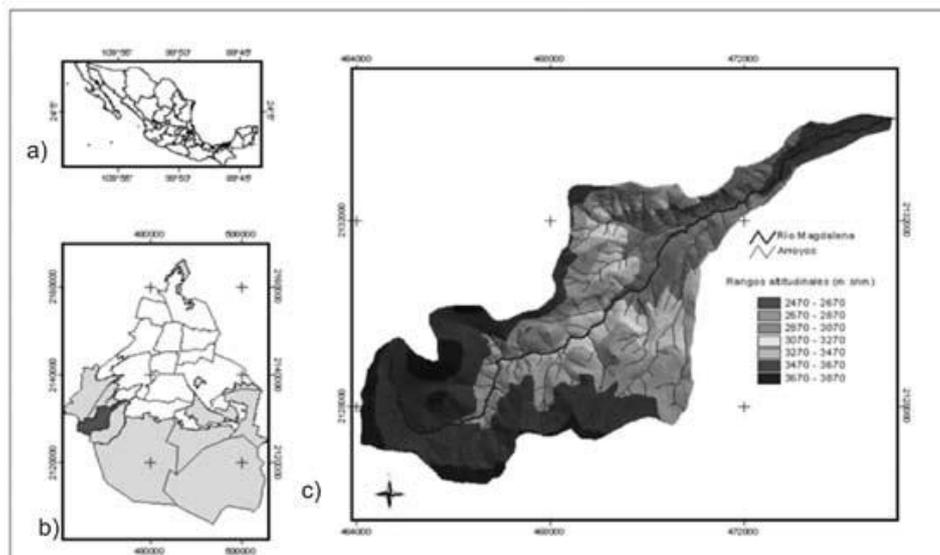


Figura 1. Se observa la ubicación geográfica de la microcuenca del río Magdalena. (Mapa de Rivera, 2017).

Esta microcuenca ha sido expuesta a múltiples intervenciones y modificaciones en la hidromorfología de los cauces y manantiales a lo largo de la historia; y aunque el agua se encuentra relativamente limpia, en las partes media y baja existe contaminación debido a las descargas de aguas residuales y el vertimiento de residuos sólidos (basura). Otros problemas son la pérdida de retención de agua y humedad en las zonas altas de las cuencas, así como los asentamientos irregulares en el Suelo de Conservación (SMA, 2012; Mazari-Hiriart *et al.*, 2014). Gracias a estas presiones, el estado de conservación de la microcuenca podría encontrarse comprometido y traer consigo múltiples repercusiones en el funcionamiento del ecosistema. Con respecto a los impactos humanos, estudios previos reconocieron signos de degradación en la sección río arriba dentro del área de conservación. Estos impactos dentro del área rural se deben principalmente a la erosión del suelo, represas de canales, pérdida de cobertura forestal, tala clandestina y actividades agrícolas. La sección central también se encuentra dentro del área de conservación y se ve afectada por la presencia de asentamientos

de viviendas informales, actividades turísticas no reguladas y la descarga de aguas residuales de restaurantes y granjas de truchas. Finalmente, en el tramo urbano la contaminación es provocada por vertidos de aguas residuales y depósitos de residuos sólidos que van desde residuos plásticos hasta piezas de desecho (Caro *et al.*, 2021).

6.1.1. Caracterización social de la comunidad Magdalena Atlitic.

La complejidad social dentro del territorio de la microcuenca del río Magdalena, se resume en una serie de eventos que resultan importantes para conocer el panorama actual en términos sociales dentro de la comunidad. La historia alrededor de la comunidad indígena y agraria “La Magdalena Atlitic” se extiende a lo largo de aproximadamente 700 años. Alrededor del año 1426 el territorio donde se encuentra actualmente la alcaldía “La Magdalena Contreras” formaba parte del Señorío de Coyoacán, que fue una de las seis provincias de la nación tepaneca, donde se incluía a los poblados de Atlitic. Casi cien años después, Itzolinque el señor de Coyoacán formó una alianza con Hernán Cortés en su guerra por la Conquista Española de Tenochtitlán; quien después de su victoria en 1521 se establece en Coyoacán y en 1529, el emperador de España Carlos I le concede una merced que consistió en la donación de 23 vasallos y concesiones del título de Marqués del Valle para diferentes tierras incluido el Corregimiento de Coyoacán, los pueblos de San Nicolás Totoloapan, San Bernabé Ocotepc, Santa María Magdalena y San Jerónimo Aculco. Hernán Cortés reconoció al cacique de Coyoacán Iztolinqui por los servicios que le prestó, incluidas armas y feudatarios devolviéndole sus tierras, cuya entrega fue confirmada en la Real Cédula expedida en Zaragoza España el 6 de enero de 1534, este nuevo contrato reconoció alianzas entre los pueblos y comunidades indígenas con el nuevo gobierno Español; el Códice de San Nicolás Totoloapan elaborado por Don Antonio de Mendoza (entonces virrey de la Nueva España), hace referencia a la fundación “española” del pueblo Atlitic, que fue reconocido durante la Colonia y que fue paulatinamente despojado de su territorio hasta llegar al día de hoy (Olmos, 2011).

El nombre con el que se le conoce a la comunidad actualmente, es el resultado de una consecución histórica de lo que podemos denominar “el pueblo originario de La Magdalena Atlitic”, que se ha conformado a través de la herencia de las tierras a lo largo de generaciones, en las que los comuneros y pobladores locales han tenido que enfrentarse a múltiples adversidades con el objetivo de defender y rescatar no solo su territorio, sino también el río Magdalena que se encuentra dentro de éste (Olmos, 2011). Esta comunidad posee

actualmente la mayor extensión de tierras dentro de la microcuenca (aproximadamente el 70% de la superficie), (Jujnovsky *et al.*, 2014).

El primer registro que se tiene de algún tipo de gobernanza a nivel político y local sobre el recurso hídrico data de 1635, enfocado principalmente en el acceso y distribución del agua entre todas las partes interesadas. El repartimiento colonial elaborado por el oidor Canseco reconoció a 41 usuarios: 15 pueblos y barrios indígenas, 21 haciendas y huertas, cuatro propiedades del clero y un batán. No obstante, la ubicación de cada uno constituía una variable central para determinar la cantidad de agua a la que podían acceder, ya que conforme se ocupaba una posición más baja en la cuenca, disminuía sensiblemente la disponibilidad del agua (Zamora, 2018). Como resultado de la colonia, se comenzó a establecer un reglamento para el río, en el cual se establecían sanciones en torno a la repartición, castigos por excederse en el uso de agua, tapar las tomas o modificarlas para aprovechar agua de otro usuario. Las penas se modificaban en relación con el grupo étnico al que pertenecía el infractor y las sanciones para los pueblos indígenas no implicaban perder la posesión del agua, ya que sus derechos estaban garantizados por la Corona, quien reconocía sus códigos y títulos primordiales que les permitían mostrar su legítima posesión de tierras y agua (Zamora, 2018). Los siguientes acontecimientos importantes ocurren hasta 1800, donde a lo largo de este siglo se declara al río Magdalena (RM) como propiedad Federal; años después los pobladores de la Magdalena Atlitica se rebelaron contra los colonos (españoles que debido a la colonización del país desde 1521 tenían poder sobre las tierras) y comienza un época de industrialización del país, incluida la actual Ciudad de México; particularmente en la microcuenca del río Magdalena comienza la instauración de infraestructura alrededor del cauce del río con el fin de producir energía hidroeléctrica (a través de dinamos) para el funcionamiento de las diferentes fábricas extranjeras que producían hilados, textiles y papel, por lo que a principios del siglo XX, se construyó la primera planta hidroeléctrica y se canalizaron varias secciones del río (Olmos, 2011; Caro *et al.*, 2021). A partir de esto la ubicación en la cuenca durante el uso predominantemente fabril del agua fue todavía mucho más importante por el acaparamiento de los usuarios aguas arriba y la fuerte contaminación del cauce aguas abajo (Zamora, 2018).

En 1900 con la Revolución Mexicana surge el primer reparto agrario incluyendo a los ejidos y distintas formas de tierras comunales. En 1907 y debido a las múltiples quejas de los pueblos de San Ángel y Coyoacán por falta de agua (ocasionada por el sobre riego y la retención de agua por parte de las fábricas) se elabora un reglamento para los usos y aprovechamientos del agua del río Magdalena firmado por el ingeniero Avel Navas. Como resultado de sus

estudios técnicos, se reconocieron 12 concesiones que había dado el gobierno porfirista en la última década del sigloXIX para el aprovechamiento del agua, de las cuales seis permitían la operación de estaciones hidroeléctricas y el resto funcionaría a partir de la toma directa del gasto (Zamora, 2018). El reglamento dispuso que los usuarios tenían la obligación de organizarse en una Junta directiva integrada por un presidente, un secretario, tres vocales y un tesorero. La Junta tenía las responsabilidades de vigilar la distribución adecuada mediante la contratación de personal encargado de operar las compuertas, así como de recolectar el dinero necesario para la construcción o el mantenimiento de las obras de derivación, previamente autorizadas por la Secretaría de Fomento. En 1910 se consolida “La Junta de Vigilancia de las aguas del río Magdalena”, y en este periodo porfirista *la mesa directiva* fue ocupada por los representantes de las fábricas y las grandes haciendas, situación que favoreció la impunidad de las industrias ante frecuentes violaciones al reglamento. El principal delito cometido era la contaminación del río con sustancias químicas, mientras que el segundo era la acaparación de agua con presas para las fábricas y para el riego. La sanción por parte de las autoridades era una advertencia y después una multa (Olmos, 2011; Zamora, 2018). En 1912 surge la “Junta de defensores de las aguas del pueblo de San Ángel”, conformada por una organización de vecinos donde planteaban la necesidad de modificar la administración del río para garantizar una distribución equitativa; la Secretaría de Fomento Colonización Industria y Comercio, indican que la Junta de Vigilancia no tenía el mínimo interés de solucionar los conflictos por el agua, ya que representaban los intereses de los grupos de poder establecidos en la cuenca (Zamora, 2018). Cinco años después en 1917 y con fines de mejorar la administración del agua dentro de la microcuenca se elaboró un apartado de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 27 (sobre la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites de territorio nacional), donde se especificaba que solo el Gobierno Federal era la única instancia que podía otorgar derechos de uso sobre este recurso, ya que era propiedad de la Nación; también insistió en que era la única entidad capaz de realizar tareas de policía, vigilancia y reglamentación, además de tener la atribución de recaudar cuotas anuales a los usuarios que tenían una concesión (Zamora, 2018). A lo largo de este periodo, múltiples reglas de extracción y aprovechamiento se rompieron, pues se extraía más de la permitida; acaparamiento de agua y contaminación, fueron los principales motivos de conflictos entre los usuarios, para los cuales la autoridad política de la época generalmente no tuvo una acción efectiva para hacer cumplir los reglamentos vigentes (Olmos, 2011; Zamora, 2018).

En 1932 surge un reglamento provisional del río Magdalena donde se reconocieron 26 usuarios que aprovechaban el agua a partir de 18 tomas, con la siguiente composición: seis pueblos, seis haciendas, cinco fábricas, dos usuarios difusos (terrenos particulares de Axotla y Mercedados de Coyoacán) y dos entidades de gobierno, como eran el Ayuntamiento de Coyoacán y Viveros de la Dirección Forestal (Zamora, 2018). Por lo que en 1943 se consolidó “La Junta del Agua”, el primer grupo encargado del manejo, limpieza y distribución del agua en la cuenca a través de la participación de voluntarios locales (Olmos, 2011; Caro *et al.*, 2021; Zamora, 2018).

A principios de la década de los sesentas el crecimiento urbano y el cierre de las fábricas modificaron la percepción gubernamental sobre el mejor uso que podría tener el agua del río Magdalena. De esta manera, el entonces Distrito Federal comenzó a proponer un uso exclusivamente doméstico del río (Zamora, 2018). En 1974 el río se convirtió en una fuente de agua para la Ciudad de México con el control exclusivo de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Distrito Federal (DGCOH), sin espacio para la participación de un sistema de usuarios; los dos principales modelos de gestión que se utilizaron para aprovechar el agua del río Magdalena fueron el repartimiento de agua que se hizo durante la Colonia (siglos XVII y XVIII) y la Junta de Aguas (Zamora, 2018). Posteriormente, en 1975 se restituyeron los títulos de propiedad y se otorgó el reconocimiento de 2,393 hectáreas como “bienes comunales” al pueblo de la Magdalena Contreras, donde a pesar de que el 60% del territorio se volvieron tierras colectivas, los derechos del agua no les fueron restituidos y las fábricas tenían permisos para extracción del agua que aunque eran legales, éstas extraían más de lo que se les tenía permitido (RAN 2000; Olmos, 2011; Jujnovsky *et al.*, 2014; Caro *et al.*, 2021).

Posteriormente el uso del agua pasó de ser industrial a doméstico, y debido a la explotación y contaminación derivada de la actividad de las fábricas, en 1979 el gobierno federal decidió tomar acciones y se inició con el plan de drenaje y limpieza del río Magdalena. Aun así, durante los siguientes 10 años hubo un gran número de inundaciones y desastres naturales que exponían la gran cantidad de residuos sólidos en el río y que hicieron necesario el diseño de un plan de manejo para mejorar el estado ecológico del mismo; aunado a esto la tala ilegal dentro del bosque había aumentado por lo que comenzaron con ello planes de reforestación por parte de algunas ONG's. En 1985 por parte de un grupo de ambientalistas, se propuso un Parque Ecológico dentro de “Los Dinamos”, nombre con el que se le conocía al área desde el establecimiento de las fábricas, pero los comuneros no apoyaron ni permitieron este plan de acción. Dos años después, instituciones académicas y grupos de voluntariado, realizaron la

limpieza de residuos sólidos (basura) del RM y se comenzaron a tomar acciones en contra de la tala ilegal del bosque, a través de la instauración de periodos de veda forestal (Olmos, 2011).

A principios de los 90 's, surgió un movimiento indígena (que incluía a la comunidad de La Magdalena Atlitlic y sus comuneros) en *pro* de recuperar tanto sus tierras como sus derechos, no solo indígenas, sino también sobre los recursos naturales de las mismas (Olmos, 2011). En 1997 comienza un periodo de concientización tanto local como gubernamental ante el estado ecológico del RM y el uso del recurso hídrico, los pobladores y comuneros comenzaron a buscar generar cambios pero se mantuvieron escépticos ante las figuras de autoridad pública; esta situación empeoró a principios del siglo 21, debido a un conflicto de corrupción que envolvía a las autoridades con la tala ilegal (Olmos, 2011; Caro *et al.*, 2021).

Debido al rápido desarrollo urbano del siglo XX en la Ciudad de México, se perdieron una gran cantidad de terrenos públicos y hábitats naturales, las áreas designadas como ejidos eran demasiado grandes y los sectores de personas con derechos comunales de propiedad sobre la tierra tenían diferentes objetivos, aunado a ello los actores sociales eran demasiado diversos lo que dificultaba la gestión de la tierra de forma que beneficiara a todos y el proceso de urbanización que se presentó desde 1960 en la zona comenzó a incrementar, incluyendo el establecimiento de asentamientos humanos irregulares dentro de la microcuenca del río Magdalena (Zamora, 2013; Caro *et al.*, 2021). La última iniciativa gubernamental dirigida a recuperar el río Magdalena ocurrió en el año del 2004 para comenzar operaciones en 2006, donde la Secretaría de Medio Ambiente comenzó el plan de “Rescate del Río Magdalena” y en 2007, solicitó el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de México, cuyos objetivos principales eran caracterizar las actividades e impulsores de cambio que afectaban al río y cómo podían mitigaras. Así como, la instalación de drenaje y colectores marginales para disminuir la contaminación por residuos domésticos por parte de los asentamientos irregulares, que para este año ya habían aumentado en número y territorio; sin embargo, no tuvo éxito pues (entre otras cosas) las construcciones fueron llevadas a cabo por compañías que no tomaron en cuenta los estudios previos en cuanto a las condiciones ecológicas del RM, las construcciones afectaron el cauce alterando su curso natural, el proyecto desconocía la larga tradición participativa que había existido en modelos de gestión anteriores y cómo ésta se había roto desde mediados de los setenta del siglo pasado por lo que desde el punto de vista social, no se involucró correctamente a las comunidades locales en la ejecución del plan, cuya percepción era de escasez de agua y falta de comunicación gubernamental (Zamora, 2013; Zamora, 2018; Caro *et al.*, 2021). Como

consecuencia, los lugareños tienen una desconfianza generalizada hacia los actores externos. Además de la desinformación sobre el desarrollo local y las intervenciones de restauración no deseadas, de corrupción y soborno, por lo que tanto estos como los responsables de la formulación de políticas públicas han tenido la tendencia a pasar por alto las necesidades y prácticas de la población local que ha trabajado sus tierras durante generaciones (Olmos, 2011; Zamora, 2013; Caro *et al.*, 2021). Estos ejemplos de corrupción y mal manejo de los recursos naturales a lo largo de la historia, han generado el panorama actual de disfunción social y han llevado al escepticismo de la población local, provocando opiniones divididas y falta de compromiso con las actividades de conservación propuestas por el gobierno.

Parte de este panorama social y conformación comunitaria actual se debe ver en perspectiva desde la historia de la comunidad Magdalena Atlitic. De acuerdo con lo descrito por Olmos en 2011, se ha evidenciado en diferentes ocasiones la conformación de la comunidad y el reparto de las tierras entre los comuneros, a través de la repartición agraria, herencia, venta de títulos y “compadrazgos”. Si bien la desorganización local ha sido un factor importante en el estado actual de la participación comunal, también lo fue la intervención de diversos actores de gobierno que fueron impuestos como representantes de la comunidad y que van heredando dichos cargos a sus descendientes. Esta injerencia gubernamental durante el periodo 1972 a 1975, dejó fuera del padrón comunal a descendientes directos y legítimos de los bienes comunales, e incluyó a actores externos que no necesariamente eran personas nativas de la microcuenca o con una herencia legítima.

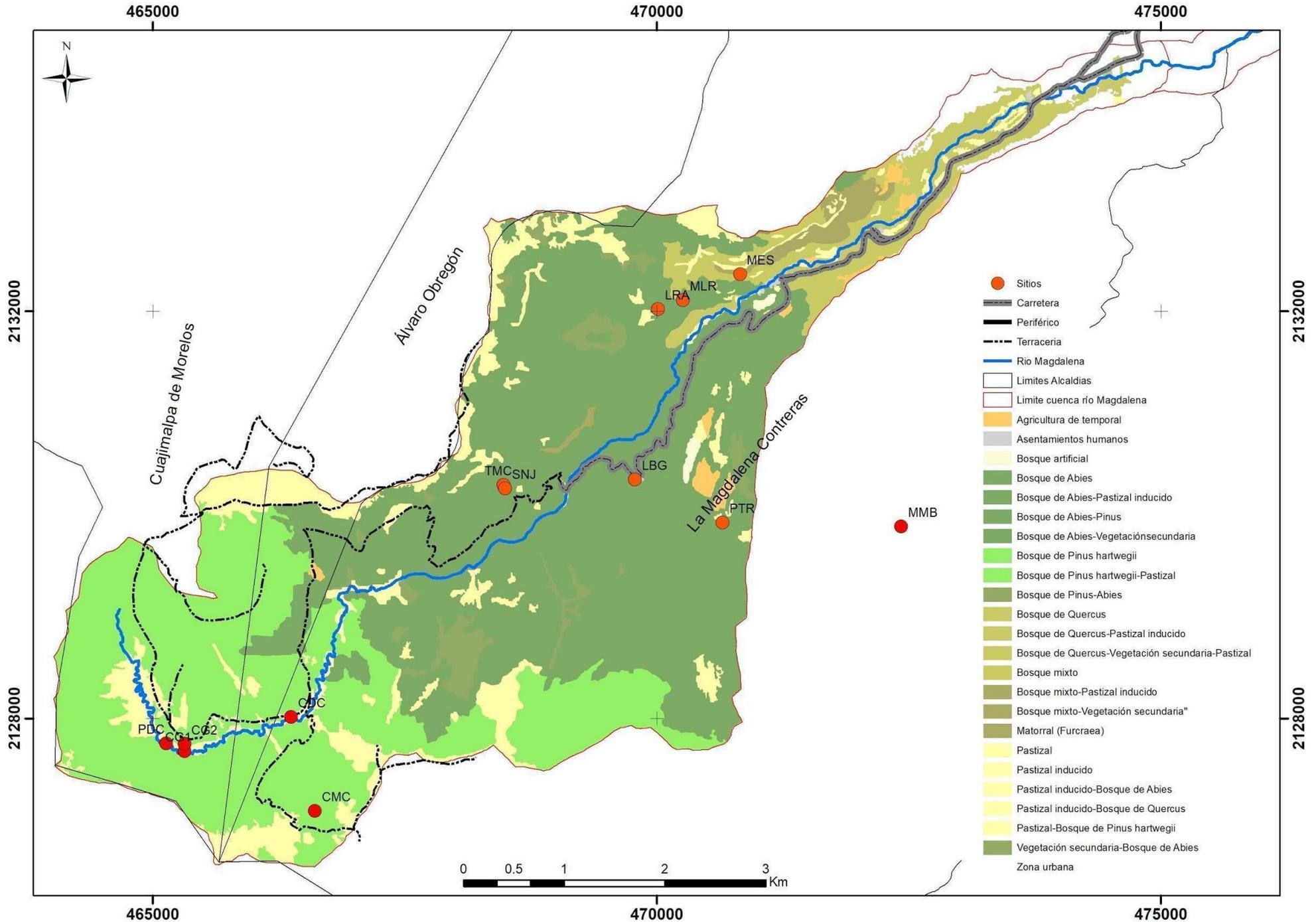
Debido a esta larga y conflictiva historia, dentro de la microcuenca del río Magdalena se han instaurado diversos grupos sociales que intervienen de manera directa o indirecta en la conservación de los recursos naturales, de los cuales podemos evidenciar tres grupos principales: el primero de ellos corresponde a los dueños de la tierra, comuneros y ejidatarios, personas nativas que han manifestado su preocupación por las actividades irregulares dentro de la microcuenca que deterioran la calidad de los bosques y el agua, que han llevado a cabo acciones de conservación y organización a lo largo de las generaciones en *pro* de mejorar la calidad ecológica de la microcuenca, pero que (acorde con los entrevistados de la presente investigación) han existido casos en los que algunos de estos propietarios, autoridades locales o residentes informales han actuado como cómplices y participantes en acciones ilícitas que provocan una degradación de la calidad de los recursos naturales. El segundo grupo corresponde a los asentamientos humanos informales, personas que se instauran en la zona de conservación debido a la creciente necesidad de vivienda en la ciudad, así como los costos elevados que implica una residencia en la zona urbana de la misma, presionando al gobierno

para que les proporcione servicios básicos y reconocimiento legal; en un tercer grupo se encuentran las autoridades locales y regionales que han elaborado planes de conservación y rescate del río; contrariamente, estos mismos actores suelen ser responsables de la tala ilegal y el aumento de los sobornos a cambio de no penalizar acciones ilícitas dentro del Suelo de Conservación, una fuerza impulsora de los asentamientos informales (Zamora, 2013; Caro *et al.*, 2021). Aunado a esto, los mismos grupos presentan desconfianza hacia sus propias autoridades y existen conflictos de interés entre ellos, por lo que dentro de la comunidad hay disparidades (Jujnovsky *et al.*, 2018).

Por último, podemos identificar a grupos sociales secundarios como los vecinos informados, quienes han participado en diversos movimientos de activismo en *pro* de la conservación de la microcuenca del río Magdalena; y las universidades, dentro de los cuales se encuentran los grupos de académicos se han encargado de llevar a cabo investigaciones dentro del área, trabajando con los pobladores locales de manera cercana y por lo cual también pueden influir en la toma de decisiones de algunos grupos.

6.2. Manantiales y arroyos de primer orden.

La estructura geológica y la precipitación de la Sierra de las Cruces, han permitido que la microcuenca mantenga una infiltración constante (Castañeda, 2020). Por lo que el agua surge a través de numerosos manantiales que alimentan al río Magdalena, estos manantiales son de tipo perenne y presentan descargas importantes en comparación con otros localizados a altitudes similares (Cortés *et al.*, 1989). Los manantiales comprendidos dentro de este estudio son: Cañada de Manantial de Cuervos (CMC), Cieneguillas 1 (CG1), Cieneguillas 2 (CG2), Manantial Magdalena Barbechos (MMB), Temascalco (TMC), San José (SNJ), La Bodega (LBG), Potrero (PTR), Manantial Ermita San José (MES), Manantial La Rosita (MLR). En adición a los manantiales también se incluyeron tres arroyos de primer orden que provenían directamente de manantiales con muy limitada accesibilidad, estos sitios fueron: La Rosita Alto (LRA), Cañada de Cuervos (CDC) y Presa Cieneguillas (PDC).



**Figura 2. Se observa la ubicación geográfica de los arroyos y manantiales como puntos de muestreo. El mapa contiene el cauce principal del río, el tipo de vegetación en que se encuentran los puntos de muestreo, el uso de suelo y los caminos utilizados por los pobladores y visitantes.
Elaboración: Verónica Aguilar Zamora.**

7. Métodos.

7.1. Red social de manejo local del agua.

Para establecer la red de manejo local del agua se contactaron actores sociales clave para la aplicación de 18 entrevistas a profundidad sobre el uso y manejo del recurso hídrico dentro de la microcuenca. A continuación se describen los pasos llevados a cabo para la elaboración de esta caracterización.

1. Se estableció contacto con actores locales y pobladores de la microcuenca del río Magdalena, ubicada en la Alcaldía Magdalena Contreras; que habían sido contactados en estudios previos por parte del laboratorio de Ecosistemas de Ribera de la Facultad de Ciencias-UNAM; y que juegan un papel relevante dentro de la comunidad por su conocimiento dentro del área, por su alto grado de relación con la microcuenca al tener vivienda y/o trabajo en la zona, y que juegan un papel social relevante al interior de la comunidad. A estas personas se les aplicaron entrevistas con un guión desarrollado en función del conocimiento generado previamente, enfocado en conocer las fuentes de abasto local del agua, la organización en torno a ello y los principales usos dentro de la microcuenca.
2. Las entrevistas fueron aplicadas durante el periodo de junio 2019 a enero 2020 a hombres y mujeres, y fueron grabadas con el consentimiento previo de cada una de las personas participantes, con una duración aproximada de 90 minutos. Posteriormente la transcripción de estas se realizó con el programa Word y fueron analizadas con el software especializado Atlas.ti.
3. Para el análisis de los discursos se desarrolló un sistema de códigos enfocado en conocer el uso, manejo y distribución que se realiza de manera local para el agua de los manantiales, así como la percepción de cambios en la calidad del agua de estos detectados de manera visual por los actores sociales a lo largo del tiempo en el que han vivido dentro de la microcuenca.

Tabla 1. Sistema de códigos desarrollado para el análisis de las entrevistas. Se desglosa la información obtenida a partir de cada código.

CÓDIGO	ACRÓNIMO	INFORMACIÓN OBTENIDA
Uso de agua de los manantiales	UAM	Para qué se utiliza el agua de los manantiales Quiénes pueden usar el agua de los manantiales.
Calidad ecológica del agua de los manantiales	CLD	Cuál es la percepción que se tiene por parte de los actores sociales y consumidores locales acerca de la calidad del agua obtenida de los manantiales.
Distribución del agua de los manantiales	DTR	Cómo es la distribución local del agua de los manantiales. Existencia de estrategias para la distribución del agua. Existencia de alguna organización o grupos de trabajo local o externos para distribución y manejo del agua de los manantiales. Acuerdos y sanciones en torno a la distribución.
Regulación del agua de los manantiales	REG	Quiénes tienen acceso al agua de los manantiales. Quién regula este acceso. Existencia de estrategias para el reparto para el agua. Existencia de alguna organización o grupos de trabajo local o externa para la regulación y manejo del agua de los manantiales. Acuerdos y sanciones en torno al uso del agua como recurso.
Organización interna	ORG_I	Cómo es la organización general interna que se tiene para el manejo y distribución del agua del río y manantiales. Toma de decisiones, instauración de programas, etc. Conflictos internos
Apoyo externo para el manejo del agua de los manantiales	APY_E	Existencia de algún tipo de apoyo externo para el manejo y distribución del agua de los manantiales; instituciones gubernamentales o por parte de la iniciativa privada.

7.2. Calidad Ecológica

Con el fin de analizar la heterogeneidad de las condiciones ambientales, incluidos los efectos de la intervención humana, se evaluaron datos de la calidad ecológica de los manantiales y arroyos en diferentes épocas del año. Se realizó la evaluación de la calidad hidromorfológica, el análisis de nutrientes y la diversidad de ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos y las comunidades de algas macroscópicas.

7.2.1. Parámetros hidromorfológicos, físicos y químicos.

1. Se determinaron 13 puntos de muestreo; de los cuales 10 son manantiales y tres, son arroyos de primer orden. Estos sitios de muestreo fueron seleccionados de dos formas: a partir de un estudio previo por parte de Castañeda Pavía en 2020 y a través de guías locales. Todos los puntos de muestreo son manantiales que la gente de las comunidades locales indicó como fuente principal de abastecimiento de agua, en algunos casos se mantuvo el nombre con el que se identifican dentro del área protegida y en aquellos casos donde no se contaba con uno, se asignó uno en función de la ubicación geográfico y/o alguna referencia visual del paraje donde se localizaron.
2. El muestreo se realizó de junio de 2019 a enero de 2020 en tres colectas: la primera a mediados de junio de 2019, la segunda a principios de septiembre de 2019 y la tercera a finales de enero de 2020. Las fechas de muestreo no establecen estacionalidad pues fueron ajustadas a los permisos otorgados por las comunidades locales para realizar el monitoreo.
3. La calidad hidromorfológica se evaluó *in situ* durante las tres colectas, utilizando la información del protocolo de Calidad Hidromorfológica de la Cuenca de México, *Hydromorphology Index Quality* (HYQI) de Ortiz (2017). El cual evalúa 12 parámetros hidromorfológicos divididos en tres secciones: a) Calidad de la cuenca, que incluye el porcentaje de cobertura vegetal nativa, la erosión presente en el banco, las características del sustrato y la presencia de ganadería y agricultura en la zona; b) Hidrología, que evalúa la presencia o ausencia de presas, así como los regímenes de velocidad y profundidad del cuerpo de agua, el porcentaje de alteración al canal y la cantidad de agua; y por último, c) Alteraciones antropogénicas, entre las que se evalúa la cantidad de efluentes directos por uso doméstico, así como el desarrollo urbano en términos de asentamientos humanos, carreteras, derivaciones para uso doméstico o industrial, también evalúa la cantidad de actividades humanas como ganadería, piscícolas, comercios, etc. y la presencia de contaminación orgánica. Se realizó un promedio por sección y para la calidad hidromorfológica total para el análisis de resultados, donde esta última dependiendo del puntaje se divide en óptima, media, mala y pobre. El protocolo completo se encuentra en la sección de anexos.

4. Los siguientes parámetros fisicoquímicos se registraron *in situ* con una sonda multiparamétrica Hanna: Temperatura del agua (T°C), conductividad específica (K₂₅), pH, saturación de oxígeno (SO) y velocidad de corriente (VC). En cada estación de muestreo se colectaron muestras de agua (500 a 1000 mL) por duplicado que se filtraron *in situ* y fueron analizadas en laboratorio (en un periodo menor a 24 horas posteriores a la colecta), de acuerdo con los criterios establecidos en los lineamientos oficiales mexicanos y estándares internacionales para evaluar la calidad del agua (Gore, 2007; APHA, 2012).
5. El enriquecimiento orgánico derivado de las actividades humanas se evaluó a través de la cantidad de nutrientes disponibles en el agua, en este caso nitrógeno en forma de: nitritos (NO₂-), nitratos (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺) y la suma de las fracciones conocida como nitrógeno inorgánico disuelto (NID); así mismo se evaluaron las concentraciones de fósforo reactivo soluble (PO₄³⁻) en forma de ortofosfatos y sulfatos (SO₄²⁻). Estas concentraciones se analizaron con un espectrofotómetro de laboratorio DR 3900.
6. Para el análisis de dichos parámetros, se obtuvo el promedio de los datos colectados en los tres muestreos. Para el pH y los nutrientes amonio, nitritos, nitratos y sulfatos se compararon los resultados con la Norma Oficial Mexicana 127 (NOM-127-SSA1-1994 en DOF, 2000), “La salud ambiental del agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, la cual establece los límites permitidos para consumo humano en términos de concentración para dichos nutrientes. Mientras que para los demás parámetros se realizó la evaluación con ayuda de bibliografía especializada.

7.2.2. Comunidades biológicas asociadas: macroinvertebrados bentónicos y algas macroscópicas.

1. En cada uno de los puntos de muestreo se realizó una colecta y posterior evaluación de dos de las comunidades biológicas más utilizadas como bioindicadores de cambios en los ecosistemas acuáticos: los macroinvertebrados bentónicos y las algas macroscópicas.

2. Los ensambles de macroinvertebrados bentónicos fueron colectados bajo el criterio multi-hábitat. Con la ayuda de una red acuática en forma de “D” con malla de 150 μ m, se llevó a cabo la remoción mecánica del sustrato durante aproximadamente tres minutos. El material colectado fue colocado *in situ* en una charola para su óptima separación y colocación en frascos con alcohol etílico al 70%. Se colectó un máximo de 100 individuos por sitio y bajo el criterio de grupos funcionales y rasgos morfológicos se llevó a cabo la identificación de cada uno de los organismos para relacionar sus características ecológicas con un valor indicador de calidad del agua para cada grupo taxonómico.

3. Para las algas macroscópicas, en una colecta sistemática se detectaron los principales microhábitats de manera aleatoria y se calculó la abundancia relativa *in situ*; posteriormente se realizó la remoción mecánica de una pequeña muestra de los organismos para su posterior análisis. En laboratorio se llevó a cabo la identificación de estas bajo el criterio de grupos funcionales y rasgos morfológicos. Posteriormente con ayuda de bibliografía especializada se relacionaron las características ecológicas de las algas con el estado de calidad ecológica de los sitios colectados.

8. Resultados.

8.1. Red social de manejo local del agua.

Como parte de los resultados se obtuvieron un total de 18 entrevistas, de los cuales se aplicaron a tres mujeres y 15 hombres, con un promedio de 50 años de edad, todos con residencia o trabajo dentro de la microcuenca. La mayoría de los entrevistados fueron comuneros, personal de vigilancia y dueños o trabajadores de restaurantes, dueños de granjas de truchas y solo un ejidatario. Es importante destacar que la propiedad de la tierra no se contrapone con las actividades económicas o las tareas que cada uno de los entrevistados y entrevistadas llevan a cabo.

Para la interpretación de cada uno de los discursos se presentan citas textuales que respaldan la información obtenida y como un primer acercamiento se elaboró un esquema que resume y conjunta los datos obtenidos a través de los códigos para el análisis de las entrevistas.

-ANÁLISIS SOCIAL-

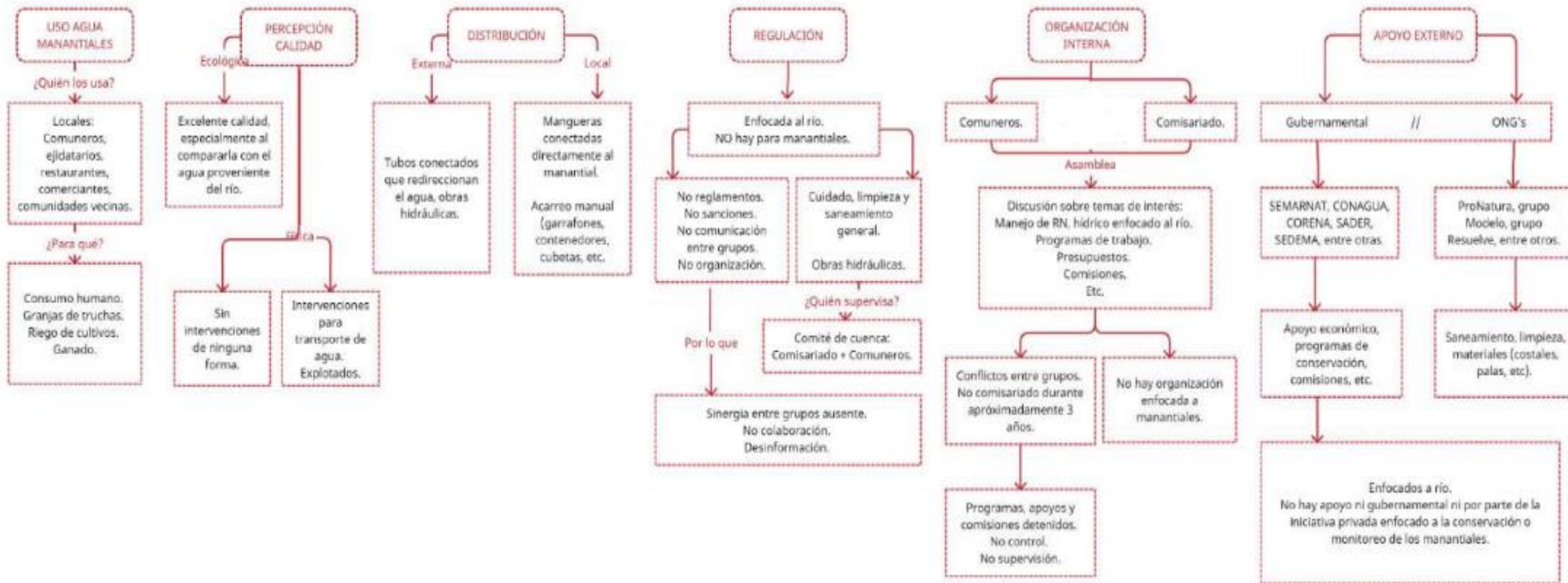


Figura 3. Se muestra un diagrama de flujo que resume los resultados obtenidos por los seis códigos establecidos para el análisis de las entrevistas. Elaboración propia.

8.1.1. Análisis social por códigos.

Como parte del análisis social por códigos, es importante mencionar que los entrevistados destacaron la relación que existe entre los manantiales y el río como cuerpos de agua que no se pueden separar entre sí. Por lo que en diversas ocasiones la distinción entre estos resulta confusa, pues en ocasiones se habla de los manantiales y el río como un sistema único y en otras como sistemas separados. Lo anterior es un hallazgo que denota la falta de claridad a nivel local sobre la red hídrica que conforma la micro-cuenca y las conexiones entre los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos.

- Código UAM: Uso del agua de los manantiales:

Dentro de los hallazgos más relevantes de los análisis de discurso, se encuentra la separación de los recursos hídricos dentro de la microcuenca y las diferentes valoraciones asociadas a los mismos. Todos los entrevistados coincidieron en que el agua del río no es relevante para su uso y consumo, mientras que los manantiales fueron la principal fuente de agua para los locales, tanto pobladores, como para los comerciantes, dueños de negocios, etc. En las entrevistas se mantuvo recurrente el discurso de los manantiales como recurso para consumo humano directo ya que la mayoría de las personas la percibe como muy limpia:

“¡Ah no! pues está mejor ésta, la de manantial. Sí porque esta está naciendo claro, como ahorita en el río por limpia que vaya, ya no va limpia (ya no va igual), si quiere uno tomar agua limpia, es como allí que está naciendo (ajám) más arriba en donde nace, bueno ahí sí está limpia, ahí usted ve que está naciendo”

(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“Pues es importante, importantísimo porque pues esta agua es potable, es para consumo humano”

(Restaurantero. Magdalena Contreras. 5 de junio, 2019).

Los entrevistados indicaron que la transportan hacia sus casas o la toman de manera directa; esto ha sido así durante mucho tiempo, a través de las diferentes generaciones de familias que viven dentro de la cuenca y se mantienen seguros que será de esta forma en el futuro:

“En aquél entonces, tenemos la fortuna que en este paraje tenemos varios manantiales. Entonces había una parte que le decíamos “el ojito de agua” que era un paraje a la mitad, ahí todo el mundo venía a traer su agua con aguantadores o garrafones, o con los burros para proveerse a pesar de que toda era limpia. Pero esa agua lloviera o no lloviera siempre salía, cuando había unos tormentones día y noche (sí) el agua salía limpia, no salía sucia”
(Restaurantero. Magdalena Contreras. 5 de junio, 2019).

Otro de los posibles usos fue identificado en los discursos, donde los locales hablaron de la existencia de una embotelladora dentro del Suelo de Conservación, actualmente en pausa, y la poca infraestructura que existe en el paraje conocido como “La Bodega”; se encuentra sin uso alguno debido a los conflictos de administración y organización interna, pero cuya extracción se planea sea directamente de los manantiales. Sin embargo, frecuentemente se planteó la idea de que se convertirá en una fuente de ingresos para la comunidad, aunque no saben cuánta agua es posible extraer para no agotar el recurso hídrico.

“De este manantial -de La Bodega -podemos hacer una envasadora”
(Restaurantero. Magdalena Contreras. 5 de junio, 2019).

El agua de los manantiales también es utilizada para generar el hábitat de diferentes granjas de truchas (trucheros), las cuales son consumidas tanto por los locales como por turistas que asisten a los restaurantes. Sin embargo, estos criaderos de truchas no tienen ninguna organización local, no existe un inventario ni control de la extracción de agua que hacen los diferentes trucheros.

*“Pus nunca falla (¿siempre la trae el manantial y nunca le falla el agua?)
nunca, son ehm, trescientos sesenta y cinco días del año y ni un,
ni un minuto menos
(Y, y todo el tiempo tiene su agua) todo el tiempo tiene toda el agua”*
(Dueño de granja de truchas, Magdalena Contreras. 13 de mayo, 2019).

Adicionalmente, se mencionó que también se utiliza para riego y para consumo de ganado, aunque también mencionan que no existe orden ni permisos establecidos para que el ganado abrevé e incluso que la gran mayoría de ese ganado es del ejido vecino de San Nicolás Totolapan:

“ O sea el Cazuco, arriba hay un montón de ranchos y acá que tienen su manguera para sus animales”

(Ejidatario, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“Pues como ahorita para los animales para de ahí están bien explotados ese ojo de agua, ahorita por ejemplo hay un montón de aditamentos, ahorita por ejemplo aquí en éste lado también sacan agua de ahí del otro lado también o sea son dos, aquí es una parte que se llama turdocotitos, (aja) del otro lado se llama ojo de agua y también traen agua de ahí del ojito de agua, ahorita bueno para este tiempo ahorita ya es poca, el agua que está saliendo.”

(Comerciante. Magdalena Contreras. 18 de mayo, 2019).

“Sí el de Cándido (truchero) viene de manantial y también el que van a construir aquí arriba les decía, va a ser de manantial”

(Restaurantero. Magdalena Contreras, 27 de junio, 2019).

Por otra parte, algunos entrevistados comentaron que hay algunos manantiales que se encuentran entubados y cuya agua se direcciona a diferentes colonias, entre ellas las del ejido de San Nicolás Totolapan, el Pedregal y colonia Centro:

“No las quitaron (quién) por qué, porque vendieron el agua, vendieron el agua, al hospital Ángeles, cuando estuvo me parece ser que el delegado la pagó, estuvo en la cárcel, pero ya salió y se quedó con sus millones (ajam) la entubaron y la vendieron al Ángeles como el mismo dueño del Ángeles es el dueño del Camino Real (sí) pues para llevar el agua de los Dinamos y nos las quitaron a nosotros”

(Comunera. Magdalena Contreras. 12 de agosto, 2019).

“Resulta que cuando vino el otro delegado, empezaron a meternos las tomas de agua y dijimos “¡ah! Qué buena onda, vamos a tener agua todos los días, no” porque ahí nos llegaba nada más en la noche (o sea por tandeo, ¿no?) aja y dijimos “ah, bueno”, no fue engaño porque yo les dije “Y de dónde nos ha, nos van a dar el agua, va a seguir la de los Dinamos” yo lo, yo con los vecinos, yo lo manifesté y muchos dijeron “Pues sí, pus de dónde cree” no, no los dan ya del Cutzamala y la de los Dinamos fue la que se entubaron y se están llevando”
(Comunero. Magdalena Contreras, 12 de agosto, 2019).

Por último, de manera frecuente se hizo mención sobre una asociación del río con rituales religiosos. En la que de manera constante acuden diversas personas a las que denominaron “brujos” o “santeros”; quienes llevan a cabo ceremonias espirituales dentro del mismo, bañándose en él y dejando residuos que van desde retazos de tela, hasta diferentes animales muertos.

“Bueno, sobre el río los pro-los problemas son de que viene mucha gente a tirar tantas “porquerías” (ajám) como ora por ejemplo que, bueno, que dicen que los “brujos”, sí vienen a aventar por-gallinas “adentro” del agua (ajám), avientan muchas porquerías y ahora todos los... cuando, ahora los compañeros andan limpiando basura eh, por ejemplo cuando a mí me ha tocado ya también ando juntando basura, revisando el río que no haiga porquerías adentro”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“ Pero, se tuvo que cerrar porque los que vienen a hacer las limpias y eso ya iban y se metían (ajám) metían a los perros, metían este, se metían a bañar o a meter los pies al agua que pus todos tomamos. (...). Porque vienen contaminando con, y hablo de los “brujos” como tal porque ellos lo, son los que vienen tirando como tal, lociones, vienen tiran ropa, esté, matan gallinas, matan chivos y cosa y media entonces eso contamina el río, entons pues, pero sí hay lugares a donde todavía la agua está y hasta incluso está deliciosa el agua, eh. ”
(Comunera, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

- Código CLD: Percepción local sobre la calidad del agua proveniente de los manantiales.

La percepción local sobre la calidad del agua coincidió en todos los discursos. Los entrevistados mencionaron que el agua proveniente de los manantiales, es excelente; en especial si se compara con la que proviene directamente del río. Sin embargo, en ocasiones fue mencionado que la cantidad ha disminuido con el paso del tiempo.

“¡Ah no! pues está mejor esta, la de manantial. Sí, porque esta está naciendo claro, como ahorita en el río por limpia que vaya, ya no va limpia (ya no va igual), si quiere uno tomar agua limpia, es como allí que está naciendo (ajám) más arriba en donde nace, bueno ahí sí está limpia, ahí usted ve que está naciendo”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“Bueno, en aquellos tiempos había mucha agua, bajaba bastante ora ya no (¿no?) no, pos si acaso bajará por mitad pero entonces sí bajaba bastante agua, ora para allá arriba mmm del ahí por esté, Cañada de Cuervo, esté... en, Casas Viejas, Loma de Paja, para arriba Cieneguillas... Nacía mucha agua. Ahora pues ya no, sí, sí nace pero, por decir ya ahorita Cañada de Cuervo, ya (¿Ya se secó?) ya, (¿Son manantiales?) sí, eran manantiales”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

Existen dos discursos instaurados acerca del estado físico en el que se encuentran los manantiales. Una parte de los entrevistados mencionaron que algunos de estos cuerpos de agua presentan intervenciones en torno a la extracción local y externa del agua; estas intervenciones incluyen mangueras conectadas directamente al manantial e intubaciones para el desvío del agua. Además de mencionar que este recurso está siendo “explotado” dentro y fuera del área. En contraposición, otra parte de los entrevistados, mencionaron que los manantiales se encuentran completamente libres de intervenciones.

“No, los manantiales son intocables”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 13 de abril, 2019).

“Pero te digo por ejemplo hay zonas donde se hacen barranquitas y ahí es donde está el nacimiento de ojos de agua, pero el problema ahorita es que ya están

súper explotados, súper explotados te digo acá para arriba de tierra colorada es una cañada, ahí también había un buen de agua. Y ahorita la ves y ya hay un montón de mangueras, en este tiempo ya casi no hay agua de que agarran agua, por ahí pasan tubos de agua a San Nicolás, te digo los cortan, meten una reducción y ya tienen agua de ahí”
(Dueño de restaurante, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“Pues como ahorita para los animales para de ahí están bien explotados ese ojo de agua, ahorita por ejemplo hay un montón de aditamentos, ahorita por ejemplo aquí en éste lado también sacan agua de ahí del otro lado también o sea son dos, aquí es una parte que se llama Turdocotitos, (aja) del otro lado se llama Ojo de agua y también traen agua de ahí del ojito de agua, ahorita bueno para este tiempo ahorita ya es poca, el agua que está saliendo”
(Personal de restaurante, Magdalena Contreras. 18 de mayo, 2019)

No se conoce un número exacto sobre la cantidad total de manantiales que existen dentro del Suelo de Conservación, pero se estima que son alrededor de 120 o al menos aquellos que se utilizan de forma directa y pocas personas conocen la ubicación de estos.

“De 120 aproximadamente, más o menos así”
(Dueño de restaurante, Magdalena Contreras. 6 de mayo, 2019).

“En los manantiales no tenemos problema como los que les mostré, porque no los conocen, exactamente, pero en el río si sí tenemos mucho problema de basura ahí sí tenemos mucho problema de basura”
(Dueño de restaurante, Magdalena Contreras. 6 de mayo, 2019).

Por otra parte, en algunas ocasiones se mencionó que diferentes administraciones locales, comisarías de bienes comunales, han vendido de manera ilícita el agua de algunos manantiales y de esta manera han permitido que se desvíe el agua de estos sin solicitar permiso en una Asamblea para la obtención del permiso mediante la votación de la mayoría.

“De esos ‘ojos de agua’ que le nombramos, como a doscientos metros hacia abajo allí también están unos veneros que de allí están sacando la agua “pa” todas las colonias (ah pues sí) y de allí sacan la agua”

(Personal de Vigilancia, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“No las quitaron por qué, porque vendieron el agua, vendieron el agua, al hospital Ángeles, cuando estuvo me parece ser que el delegado la pago, estuvo en la cárcel, pero ya salió y se quedó con sus millones la entubaron y la vendieron al Ángeles como el mismo dueño del Ángeles es el dueño del Camino Real pues para llevar el agua de Los Dinamos y nos las quitaron a nosotros”

(Comunera, Magdalena Contreras. 12 de agosto, 2019).

En aquellos casos donde no se hizo referencia directa a los manantiales sino al río, la percepción general es que ha disminuido la cantidad de agua del caudal así como la calidad de la misma; sin embargo, existen discursos contrarios pues algunos entrevistados mencionan que la calidad es buena. Se habla también sobre las posibles causas en la disminución del agua como los incendios, entubamientos, presas, etc.

“Antes sí había mucha agua, pero la explotan o sea todo esta súper explotado, incluso por ejemplo de acá de éste lado, bajaba un montón de agua pero ahorita hay un montón de desviaciones que por ejemplo para acá para el rincón, de aquí para toda esta zona hay un montón de desviaciones y las mangueras pues ya”

(Comunero, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“Sí, arrojaba bastante agua, yo creo que pues si no estoy mal equivocado, pues yo me imagino que ese río aventaba un caudal, como de unos diez mil a quince mil litros de agua por segundo, en esos años, ahorita estará aventando si acaso ya exagerado yo creo que unos cien litros por segundo o ciento cincuenta litros por segundo en el 2006 todavía nos hicieron un estudio y aventaba, arrojaba un total como de doscientos litros por segundo 2006-2009 que nosotros participamos en ese Comisariado estaba arrojando un promedio de doscientos litros por segundo

ahorita pues ustedes mismos ven que cantidad de agua hay”
(Comunero, Magdalena Contreras. 13 de mayo, 2019)

Para finalizar, la mayoría de los entrevistados mencionaron la importancia que tiene para ellos el cuidado del agua, tanto del río como de los manantiales. Principalmente para el consumo humano, pero también como parte fundamental de los ecosistemas.

“Mira número uno, el manantial tiene una importancia número uno. Y gracias a todos esos manantiales tenemos ese río Magdalena (claro) si no tuviésemos esos manantiales no hubiera río Magdalena. Entonces sí es los manantiales son número uno y gracias a estos se forma el río Magdalena, es gracias a todos esos ramales que se hace el río Magdalena formando ese río”
(Dueño de restaurante, Magdalena Contreras. 6 de mayo, 2019).

“El agüita, que está tan limpia, está pura y es poca la que tenemos, tenemos que cuidarla, no, que no se contamine”
(Dueña de Restaurante, Magdalena Contreras. 13 de mayo, 2019).

- Código DTR: Distribución local del agua de los manantiales.

La distribución local del agua proveniente de los manantiales y arroyos, no se encuentra homogeneizada. No existe una red de distribución formal; ésta se lleva a cabo de manera informal y propia por parte de los locales a través de grupos de personas que desde hace muchos años realizan la conexión de mangueras directamente a los manantiales y de esta forma transportan el agua hasta las casas o sembradíos de las personas, quienes deben pagar una cuota y a quienes se les otorgan horarios de distribución. Esto especialmente en los asentamientos irregulares.

“O sea son dos personas, una que se llama Gloria y otro que se llama Lázaro, no sé cómo la llevan supuestamente ha medido horarios, o sea venden horarios por ejemplo por decirlo así \$2,000.00, \$3,000.00”
(Ejidatario, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“Mire cuando nosotros recibíamos el agua de aquí este, de aquí de Los Dinamos como va por arriba, nosotros la entubamos, nosotros mismos hicimos ese trabajo cuando se formó la comunidad (ujum) bueno, este eh la, la, la zona urbana de la comunidad nosotros mismos hacíamos el trabajo y para, pues para llevarnos el agua de aquí de Los Dinamos”
(Comunera, Magdalena Contreras, 12 de agosto, 2019).

De manera general, la distribución también se habilita a través de acarreo con garrafones, cubetas, etc. Por parte de cualquier persona que conozca la existencia de los manantiales y pueda acceder a ellos; en otras palabras, no existe una restricción para la distribución de agua.

“Tenemos la fortuna que en este paraje tenemos varios manantiales. Entonces había una parte que le decíamos “el Ojito de Agua” que era un paraje a la mitad, ahí todo el mundo venía a traer su agua con aguantadores o garrafones, o con los burros para proveerse a pesar de que toda era limpia”
(Dueño de restaurante, Magdalena Contreras. 06 de Mayo 2019).

“Las que quieran, sí, todos tienen acceso. Hasta ahorita no ha habido problemas con eso, que se les prohíba que tomen agua, no. Aunque venga de donde vengan, vienen llenan su garrafoncito sus garrafones de veinte litros, o sea yo los veo y nunca les he dicho que no.”
(Comunero, Magdalena Contreras. 6 de mayo, 2019).

“El uso y la distribución, bueno básicamente no tenemos eso”
(Comunero. Magdalena Contreras. 13 de mayo, 2019).

Por otra parte, en diversas ocasiones los entrevistados mencionaron que existen desviaciones del agua proveniente de los manantiales hacia diferentes colonias, entre ellas: Monte Alegre, San Nicolás, Cerro del Ajusco, Colonia Centro, etc. Y que estas redes de distribución son realizadas de manera ilícita por diferentes administraciones.

“Sí, diferentes colonias por ejemplo de aquí, de aquí de Monte Alegre, hay una parte que la tenemos para el pueblo de San Nicolás, después los comisariados,

después ellos hacen negociaciones con otros pueblos y les pasan el agua, (OK) o sea por ejemplo de aquí de San Nicolás, la tienen por ejemplo Ajusco, San Andrés, Topilejo, o sea es parte de lo que tenemos, pero es de aquí del Cerro de Ajusco, o sea de Monte Alegre, de enfrente del Cerro del Ajusco, hay un paraje que se llama Monte Alegre y ahí, hijo como, como hay agua, por ejemplo es sobre explotada”
(Ejidatario, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019)

“Empresas, supuestamente de ahí de por ejemplo, los que estaban interesados es el mismo gobierno y agarra y ¿sabes qué? esto lo vamos a jalar el agua de aquí, incluso de aquí de, iban a jalarla aquí de Iztapalapa”
(Ejidatario, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

- Código REG: Regulación local del agua de los manantiales.

Se obtuvo información sobre la existencia de dos diferentes discursos instaurados en la población local con respecto a la regulación de los usos y la distribución del agua, aunque ambos se encuentran enfocados al río; prácticamente no hubo mención sobre algún tipo de regulación u enfoque en torno al agua de los manantiales. En el primer discurso se establece que sí existe una regulación para el agua del río, pero se enfoca en el cuidado y la limpieza del mismo, y únicamente cuando se trata de obras hidráulicas de alto impacto es cuando el comité de cuenca (conformado por comuneros) y el comisariado, toma las decisiones quien a través de una asamblea con los comuneros.

“A la comunidad, y que haya un acuerdo de Asamblea extraordinaria el cincuenta más uno autorizara para el uso social de la población”
(Dueño de Truchero, Magdalena Contreras. 13 de mayo, 2019).

El segundo discurso menciona que no existen reglamentos ni sanciones en torno al uso que se le da de manera local al agua; esto refleja no solo la falta de sinergia y colaboración entre los diferentes grupos sociales sino también la falta de información y organización al respecto. En caso de existir algún tipo de regulación para el uso del agua tanto del río como de los

manantiales y arroyos, esta no se lleva a cabo de manera constante, ni por todos los miembros interesados.

“No tenemos ahorita esa tabla, por decirlo así. No tenemos ahorita porque no se ha, no se ha pensado en cómo organizar el agua. O sea cómo no, ¿cómo fuera la palabra? como no, para el agua no estamos organizados. Afortunadamente, nadie la vende eh, el que quiera lleva su garrafoncito, su botella de agua, hasta cuatro, cinco garrafrones de 20 litros”
(Dueño de Restaurante, Magdalena Contreras. 6 de mayo, 2019).

En una ocasión se mencionó un tipo de regulación donde se “respeta” la toma de agua de las personas con base en la antigüedad de vivienda o de trabajo dentro de la microcuenca.

“Sí mire hay este hay varias formas o sea alguna es por antigüedad, o sea alguna gente que tiene el caso de Cándido que tiene, si conocen a ese señor (sí) que tiene muchos años pues se ve el estado este, lo toman”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 27 de junio, 2019).

Los entrevistados comentaron que cualquier persona con conocimiento sobre la ubicación de los manantiales, puede extraer el agua que necesite de la manera que le sea útil; ya sea para consumo, riego, uso en granjas de truchas, etc. Igualmente externaron la falta de organización por parte de la comunidad para llevar a cabo un reglamento que pudiera ayudar a dicha regulación.

“Las que quieran (¿sí?) sí (todos tienen acceso) hasta ahorita no ha habido problemas con eso, que se les prohíba que tomen agua, no. Aunque venga de donde vengan, vienen llenan su garrafoncito sus garrafrones de veinte litros, o sea yo los veo y nunca les he dicho que no”
(Comunero, Magdalena Contreras. 06 de Mayo 2019).

“Pues debería de tenerse un censo, igual y, y cómo yo nunca había participado eh así activamente en la representación hasta ahora, este pues yo no sabría decirle eso,

hasta ahorita, yo que sepa no hay
(Comunera, Magdalena Contreras. 12 de Agosto 2019)

- Código ORG: Organización interna en torno a la distribución y regulación del agua de los manantiales.

La organización interna para la toma de decisiones en relación con los recursos naturales y económicos de la microcuenca, en términos generales se encuentra regida por una asamblea de bienes comunales; en la cual participan los comuneros y donde “la comisaría de bienes comunales” encabezada por el comisario, (quién es el representante legal de la comunidad) se encuentra encargado de hacer llegar las peticiones de los primeros a las instituciones gubernamentales o de la iniciativa privada para la toma de decisiones. También se encarga de distribuir las comisiones, tareas y presupuesto a los grupos; aunque esta asamblea se encuentra enfocada principalmente en el recurso forestal.

“Ah sí, sería en la asamblea lo que se hace, sí, porque el representante es el comisariado, bueno pero la máxima autoridad es la asamblea, sí (...) Sí, nada más que ahorita tenemos un problema, que todavía no hay comisariado tonces eso es lo que nos está deteniendo”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“No, no hay autoridad. Entonces namás por el simple hecho de no haber comisariado, no hay autoridad, eso es todo. Todo el problema, entonces “a fuerzas” “a fuerzas” tiene que haber comisariado para que al comisariado se le exija a través de la Asamblea también.
(Comunero. Magdalena Contreras, 5 de junio, 2019).

Los entrevistados comentaron que actualmente existen diversos conflictos para la organización interna. El número total de comuneros registrados en el Registro Nacional Agrario es superior a mil (1,775), sin embargo, se comenta que alrededor de 600 son quienes asisten de forma regular a las asambleas para la toma de decisiones. Por otro lado, existen diferentes grupos instaurados con objetivos distintos, lo cual ha provocado conflictos de interés en cuanto al manejo de los recursos naturales y económicos, incluyendo el recurso hídrico y todo lo relacionado al mismo. Tampoco existe una comunicación entre los grupos, las acciones de estos, ni los recursos que cada uno posee.

“Yo creo que tiene que ver con, esté, quién (qué grupo social) hace el proyecto, de quién hace el proyecto, hacen los proyectos, este pues para que haya un sobrante, para que haya sobrantes, sobrantes, hay que jalar, eso y por otro lado la ambición también de los que, de los que quedaron en las comisiones de responsables, también”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 27 de junio, 2019).

“No, bueno en por ejemplo a nivel comunal sí están cómo son varios grupos y sí están muy , están peleados”
(Restaurantero. Magdalena Contreras, 27 de junio, 2020).

Aunado a esto, la comunidad de La Magdalena Atlitlic lleva poco más de tres años sin un comisariado, por lo que en palabras de los entrevistados se ha convertido en “tierra de nadie”; es decir, que no existe ningún tipo autoridad que se encargue de la regulación, mantenimiento y monitoreo de las actividades que se llevan a cabo dentro de la microcuenca. Además los programas de conservación instaurados en la microcuenca se encuentran en pausa y las secretarías gubernamentales tampoco pueden continuar brindando los diferentes apoyos económicos que se encontraban instaurados para el manejo del área.

“Y ahorita por ejemplo, todo esto lleva... llevamos u-los tres que se aventó el Comisariado anterior y uno que ya lleva, (ajám) cuatro años, cuatro sin que se le meta a la comunidad nada (...) Cuatro años no, no hay autoridad. Entonces “namás” por el simple hecho de no haber Comisariado, no hay autoridad (claro) eso, eso es todo. Todo el problema, entonces a fuerzas, a fuerzas tiene que haber Comisariado para que al Comisariado se le exija”
(Comunero, Magdalena Contreras. 6 de mayo, 2019).

“En la bajadera de recursos o sea por aquella, como ya están peleando unos con otros pues ya no se pueden bajar los suficientes recursos, por lo mismo. Pues en lo mismo, o sea en, te digo no hay apoyo sobre todo recursos por la, por la, el choque de los diferentes grupos que hay dentro de la misma comunidad afecta a todos”
(Restaurantero. Magdalena Contreras, 27 de junio, 2020).

Algunos entrevistados hicieron mención que debido a los diversos conflictos desde hace varios años y que permanecen en la actualidad, no se dedican esfuerzos específicos para el monitoreo del río, mucho menos sobre los manantiales o los arroyos.

Por último, la mayoría de los entrevistados hablaron sobre la presencia continua de corrupción dentro de los grupos y la administración general, principalmente en la desviación de ingresos, desvío de capital, venta ilícita de recursos naturales como el agua del río, madera y terrenos.

“Pues tú sabes que hay movimientos esté, de gobierno que, pus les llegan al precio pus entonces si hay algún Comisariado, pues él da el agua (y se la, la entuban y se la llevan) se la llevan”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 2 de mayo, 2019).

“Lo que más me preocupa es la cuestión de la deshonestidad (ujum), la cuestión de una corrupción profunda que está arraigada en las comunidades el caso de nosotros”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras. 27 de junio, 2019).

- Código APY: apoyo externo para la conservación de los manantiales. Tanto organizaciones privadas como gubernamentales.

Existen diversas instituciones gubernamentales que se encuentran brindando apoyo de manera constante al suelo de conservación, tales como: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Comisión de Recursos Naturales (CORENA), Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, antes SAGARPA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y por parte de la Alcaldía “La Magdalena Contreras”. La mayoría de estos apoyos se encuentran direccionados al recurso forestal y saneamiento, además de limpiezas generales del bosque y el río; ninguna de ellas tiene un enfoque específico para los manantiales. Adicionalmente, de manera recurrente mencionaron que la mayoría de los programas y apoyos se encuentran detenidos desde hace poco más de tres años debido al

mencionado conflicto por la falta de organización interna y sobre todo la comisaria de bienes comunales que los representa ante las instituciones y las autoridades gubernamentales.

“Estas cuando se hace ese gran proyecto, se le vende a SEMARNAT este junto con PROFEPA y está, hay otra... SEMARNAT, PROFEPA pero SEMARNAT es la cabeza de ellos (sí) CONAFOR y se le vende ese proyecto, esa idea y la compran”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras 2019).

Adicionalmente, hay organizaciones no gubernamentales y empresas privadas que apoyan con saneamiento o recursos (costales para basura, voluntariado, etc.) para los diferentes programas; entre ellos se encuentran grupo Modelo, grupo Resuelve, Fundación Salinas Pliego y Pronatura; está última es la única que parece tener un trabajo constante pero se encuentra enfocado en la planta de tratamiento de agua.

“Pues por ahorita por el momento, sí ha habido algunas, pero trabajan un tiempo, luego ya este termina su momento de hacerlo y ya, se van. Pero así, como tal que haiga una empresa, que esté de base esté trabajando, fomentando la educación ambiental y todo eso, pues todavía falta que la comunidad platique con esas empresas o esas ONGs para que pus sea permanente, unos programas así.”
(Comerciante, Magdalena Contreras, 2019).

“Pues, han venido programas de TV Azteca, como el de “Limpiemos México”, han venido gente de Grupo Modelo para traer costales y apoyar en cuestión de la limpieza, ha venido pues la asociación de comerciantes, cada lunes se hace una limpieza general, de basura básicamente ¿no? porque pues es eso, ese es nuestro giro, entonces pues que vasos, plásticos, papeles, básicamente es lo que nosotros de alguna manera nos, nos apoyamos en ese aspecto”
(Comerciante, Magdalena Contreras. 13 de mayo, 2019).

Por otro lado, existe la presencia de universidades tales como: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Anáhuac México, Universidad Autónoma Metropolitana, entre otras. Estos apoyos se encuentran direccionados a la investigación académica y no todas lo realizan de manera constante.

“La que más trabaja con nosotros es la Universidad Nacional Autónoma de México, sí han venido de repente de la Metropolitana, pero pues no, casi no”
(Personal de vigilancia, Magdalena Contreras 2019).

“Ha venido la UNAM (Ujum), la Anáhuac, ha venido la ENAH”
(Comunero, Magdalena Contreras 2019).

En general, los discursos de los entrevistados sugieren que puede existir una falta de acompañamiento institucional para la comunidad o por parte de la iniciativa privada enfocado a la conservación o monitoreo de los manantiales que abastecen al río Magdalena.

8.2. Evaluación de la Calidad Ecológica:

8.2.1. Descripción de los sitios de muestreo.

La información previa sobre los sitios de muestreo fue escasa, por lo que como parte de la presente investigación se obtuvo la caracterización de estos de manera profunda. Se presenta la georeferenciación, altitud, qué tipo de cuerpo agua representan, así como la calidad hidromorfológica por sección y total evaluadas con el protocolo HYQI de Ortiz (2017). Por último, una breve descripción por sitio que incluye la accesibilidad, cantidad de vegetación circundante y las perturbaciones antropogénicas a las que se encontraban sometidos. De forma general, todos los sitios se encuentran en altitudes mayores a los 2,700 msnm con accesibilidades variadas. La descripción a profundidad de los mismos se observa en la Tabla 2, así como parte del registro fotográfico realizado *in situ* en la Figura 5.

Tabla 2. Características de los sitios de muestreo.

SITIO	ACRÓNIMO	GEOREFERENCIACIÓN Y ALTITUD	TIPO DE CUERPO DE AGUA	CH1	CH2	CH3	CHT	DESCRIPCIÓN
Cañada de Manantial de Cuervos	CMC	N: 19°14'43.5'' W 99°19'12'' 3602 msnm nte	Manantial.	30	15	34	79	Accesibilidad media. Salida de agua cubierta por rocas, formando una pequeña piscina. Rodeado por escasa vegetación ribereña y materia orgánica. Como parte de las actividades antropogénicas circundantes, se evidenció la presencia de presas de gavión aguas arriba y deforestación alrededor del sitio de muestreo. Presencia de basura inorgánica.
Cieneguillas 1	CG1	N: 19°14'35.1'' W: 99°19'48.1'' 3528 msnm	Manantial.	36	26	37	99	Accesibilidad indirecta, pues se encuentra ubicado en la parte más alta de la microcuenca. Salida de agua a través de rocas. Se documentó una gran cantidad de vegetación ribereña y materia orgánica. Ubicado cerca de un camino para automóviles y caballos. Rastros de aceite (posiblemente vehicular) cercanos al cuerpo de agua.

Cieneguillas 2	CG2	N: 19°14'32.6'' W: 99°19'48.2'' 3524 msnm	Manantial.	36	29	37	102	Accesibilidad indirecta, de forma similar a Cieneguillas 1. Salida de agua a través de rocas, generando una pequeña piscina. Rodeado de una gran cantidad de vegetación ribereña y materia orgánica. Presa de concreto instaurada aguas abajo, presencia de aceites y basura inorgánica.
Manantial Magdalena Barbechos	MMB	N:19°15'44.7'' W: 99°15'44.7'' 2882 msnm	Manantial.	36.5	29.5	37	103	Accesibilidad directa por su cercanía a caminos peatonales. Salida de agua cubierta por rocas de gran tamaño, dando origen a una pequeña "piscina". Rodeado de poca vegetación ribereña y materia orgánica. Se observan intervenciones antropogénicas directas, a través del entubamiento para la canalización del agua. Se registró basura inorgánica en pocas cantidades.
Temascalco	TMC	N: 19°15'57.68' W: 99°17'59.94' 3236 msnm	Manantial.	30	29	34	93	Accesibilidad directa por su cercanía a caminos peatonales. Salida de agua cubierta por rocas de gran tamaño. Rodeado de una gran cantidad de vegetación ribereña y materia orgánica. Como parte de las actividades antropogénicas circundantes, se encuentran rastros de tubos y mangueras que podrían evidenciar posibles intentos de entubamiento. El agua de este manantial, alimenta una pequeña

									presa aguas abajo.
San José	SNJ	N: 19°15'56.64' W: 99°17'59.36'	Manantial.	28	26	38.5	92.5	3221 msnm	Accesibilidad media, se encuentra ubicado en una pendiente. Salida de agua cubierta por rocas, que alimenta una pequeña presa aguas abajo. Rodeado de vegetación ribereña y una gran cantidad de materia orgánica. No se observó la presencia de intervenciones antropogénicas ni registro de basura inorgánica.
La Bodega	LBG	N: 19°15'59.54' W: 99°17'15.20'	Manantial.	27	12	32.5	71.5	3072 msnm	Accesibilidad indirecta a visitantes, pues se encuentra resguardado por una reja cerrada. Salida de agua a través de rocas y filtración del suelo. Rodeado de poca vegetación y materia orgánica. A pesar de encontrarse resguardado por el enrejado, se observan construcciones aledañas al mismo (entubamiento, llaves de agua conectadas, restos de construcciones con cemento). Así como basura inorgánica alrededor.

Potrero	PTR	<p>N: 19°15'45.82'</p> <p>W: 99°16'45.51'</p> <p>3138 msnm</p>	Manantial.	32	12	34	78	<p>Accesibilidad media, pues se encuentra alejado de rutas peatonales. Salida de agua cuesta arriba. Rodeado de poca vegetación ribereña y poca materia orgánica. Este manantial se encuentra intervenido a través de la intubación mediante tubos que redirigen el agua hacia una serie de pequeñas presas. Se registró una baja cantidad de basura inorgánica.</p>
Manantial Ermita San José	MES	<p>N: 19°17'05.18'</p> <p>W: 99°16'39.62'</p> <p>2882 msnm</p>	Manantial.	33.5	23	37	93.5	<p>Accesibilidad media, pues se encuentra ubicado en una pendiente pronunciada. Salida de agua cubierta por rocas. Rodeado de una gran cantidad de materia orgánica y vegetación ribereña. Como parte de las actividades antropogénicas circundantes, se encuentran trozos de mangueras y basura inorgánica cercanos al cuerpo de agua, así como la construcción de una capilla debajo de este. De forma cercana al mismo, se observó espuma de jabón.</p>

Manantial La Rosita	MLR	N: 19°16'56.83' W: 99°16'59.03' 2916 msnm	Manantial.	32	23	35.5	90.5	<p>Accesibilidad media debido a las condiciones de terreno y la pendiente pronunciada en que se encuentra.</p> <p>Salida de agua cubierta. Rodeado de una gran cantidad de vegetación ribereña y materia orgánica.</p> <p>Como parte de las actividades antropogénicas circundantes se encuentra ubicado cerca de un camino utilizado para automóviles y caballos. Además de presentar basura inorgánica. Se encuentra directamente intervenido, a través de la canalización mediante tubos de cobre.</p>
La Rosita Alto	LRA	N: 19°16'53.98' W: 99°17'07.55' 2947 msnm	Arroyo de primer orden.	36.5	34	40	110.5	<p>Accesibilidad al manantial indirecta, por lo que se realizó el muestreo en el arroyo.</p> <p>Salida de agua a través de rocas cuesta arriba. Rodeado de vegetación ribereña, con poca presencia de materia orgánica.</p> <p>Como parte de las actividades antropogénicas circundantes, se encuentra situado de manera cercana a un camino peatonal y de automóviles.</p> <p>No se registró basura inorgánica o intervenciones directas.</p>

Cañada de Cuervos	CDC	N: 19°14'43.5'' W: 99°19'12'' 3446 msnm	Arroyo de primer orden.	37	18	35.5	90.5	Accesibilidad al manantial indirecta, por lo que se realizó el muestreo en el arroyo. Salida de agua cuesta arriba y cubierta por rocas, generando una pequeña piscina. Se registró una gran cantidad de basura inorgánica, así como abrasiones mecánicas (como raspones, tallados y pintas) a las rocas circundantes. Se encuentra ubicado cerca de un camino para automóviles y caballos.
Presa de Cieneguillas	PDC	N: 19°14'35'' W: 99°19'54.4'' 3530	Arroyo de primer orden.	34.5	29.5	32.5	96.5	Accesibilidad al manantial indirecta, por lo que se realizó el muestreo en el arroyo. Salida de agua no localizada. Rodeado de poca vegetación ribereña y materia orgánica. Es el sitio que registra una mayor cantidad de actividades antropogénicas, pues se encuentra en medio de presas de concreto y gavión (aguas abajo y arriba), así mismo se registró una gran cantidad de basura inorgánica, presencia de aceite alrededor del cuerpo de agua y heces de ganado.

Nota: CH1= Calidad de la cuenca; CH2= Hidrología y CH3= Alteraciones antropogénicas.
Accesibilidad directa: Fácil acceso peatonal a la zona donde se encuentra el manantial, incluyendo caminos que llevan hacia el mismo.
Accesibilidad media: La accesibilidad peatonal no es directa, no hay caminos que lleven hacia el sitio pero el acceso es posible.
Accesibilidad indirecta: Es difícil acceder de forma peatonal a la zona del manantial, no hay caminos peatonales cerca, se encuentran en pendientes pronunciadas, escondidos o rodeados por algún tipo de barda.
Vegetación ribereña: Conformada por musgos, helechos, plantas herbáceas, arbustos, pinos, etc.
Basura inorgánica: Conformada por contenedores y botellas plásticas, envolturas de alimentos, contenedores desechables, etc.



Fotografías por: Lisset Gabriela Temis.

Figura 4. Se muestran fotografías de los sitios de muestreo. a) Cañada de Manantial de Cuervos; b) Cieneguillas 1; c) Cieneguillas 3; d) Manantial Magdalena Barbechos; e) Temascalco; f) San José; g) La Bodega; h) Potrero; i) Manantial Ermita San José; j) Manantial La Rosita; k) La Rosita Alto; l) Cañada de Cuervos y m) Presa Cieneguillas.

8.2.2. Parámetros hidromorfológicos, físicos y químicos.

8.2.2.1. Calidad hidromorfológica.

Los resultados de calidad hidromorfológica reflejaron diferentes datos para cada una de las secciones, el puntaje máximo para cada una es de 40 puntos, lo que se traduce en ausencia de afectaciones. Para la primera sección (calidad de la cuenca), el promedio general de los sitios es de 33.00 puntos y presentan una desviación estándar de 3.44 puntos, que es relativamente poco por lo que podemos inferir que no hay sitios que presenten condiciones muy alejadas al promedio. Para la segunda sección (Hidrología), el promedio general es de 23.54 puntos con una desviación estándar de 7.20, en esta sección hubo una mayor variabilidad entre los sitios, teniendo puntajes desde 12 (LBG y PTR) hasta 29.5 (MMB y PDC). Para la tercera sección (Perturbaciones antropogénicas) el promedio de los sitios es de 35.73 puntos, con una desviación estándar de 2.28, por lo que para esta sección tampoco hubo sitios que se alejaran drásticamente del promedio.

En otras palabras, todos los sitios de muestreo reflejan condiciones similares de calidad hidromorfológica de la cuenca y presencia de actividades antropogénicas, sin embargo, difieren entre sí en cuanto a la hidrología, que parece ser la sección más afectada en todos los sitios de muestreo. Por último, la calificación total promedio fue de 92.27 puntos, con una desviación estándar de 10.90, esto quiere decir que los sitios presentan diferencias significativas para la calidad hidromorfológica total entre sí, con valores que van desde 71.5 puntos (LBG), hasta 110.5 (LRA), lo que se traduce en calidades entre *media* y *óptima*, ninguno de los sitios de muestreo registra una *mala* calidad.

8.2.2.2. Parámetros físicos y químicos del agua.

Como se muestra en las tablas 3 y 4, de manera general los sitios de muestreo presentaron temperaturas que van de frías a templadas (promedio de 11.054°C). Se registraron como cuerpos de agua someros, relativamente pequeños con un ancho promedio de 73 cm. Poco

profundos, pues ninguno rebasó los 70 cm de profundidad. Con valores de velocidad de corriente y cauce bajos, con un promedio de 0.275 m³/s y 0.01 m³/s respectivamente, son sitios bien oxigenados, con valores promedio de oxígeno disuelto de 6.7 mg/L y una saturación promedio de 93.8 mg/L. Son sitios poco turbios, pues se registraron valores promedio de conductividad de 84.954 µS/cm y sólidos disueltos totales de 40.208 µS. Por último, el valor promedio de salinidad fue de 0.164 g/L, por lo que los sitios reflejaron un mínimo aporte de sales, prácticamente nulo. Todos los sitios presentaron un pH circumneutral (valores alrededor de la neutralidad, 7), pero de manera particular al realizar la comparación con la NOM 127 - SSA1 - 1994 (DOF, 2000) para determinar la calidad de agua para uso y consumo humano, varios sitios rebasan el límite máximo permisible (LMP) establecido por la misma (6.5), estos sitios fueron: CG1, MMB, SNJ, MES, MLR, CDC y PDC.

Tabla 3. Parámetros físicos de las tres colectas. Se presenta el valor máximo, mínimo y promedio para cada variable y la desviación estándar.

SITIO	T(°C)			K (µS/cm)			ANCHO (m)			P (m)			VC (m/s)			Q [m ³ /s]		
	X	MIN	MAX	X	MIN	MAX	X	MIN	MAX	X	MIN	MAX	X	MIN	MAX	X	MIN	MAX
CMC	11.67	9.7	15.6	65	65	65	0.47	0.00	0.90	0.013	0.000	0.028	0.122	0.000	0.196	0.0019	0.0000	0.0049
CG1	9.93	9.9	10	69.5	68	71	0.70	0.50	1.00	0.036	0.020	0.063	0.146	0.110	0.167	0.0033	0.0019	0.0053
CG2	10.00	10	10	72	70	74	0.50	0.30	0.70	0.024	0.012	0.040	0.241	0.163	0.370	0.0033	0.0010	0.0074
MMB	9.43	9	10	58.92	57.83	60	1.10	1.00	1.20	0.041	0.030	0.048	0.345	0.280	0.444	0.0153	0.0102	0.0195
TMC	11.03	10.9	11.2	95.5	94	97	0.82	0.45	1.20	0.061	0.023	0.090	0.305	0.224	0.370	0.0156	0.0037	0.0269
SNJ	10.93	10.9	11	97.5	97	98	0.77	0.60	1.00	0.067	0.063	0.073	0.333	0.149	0.590	0.0190	0.0066	0.0389
LBG	12.17	12	12.3	68.5	30	107	0.42	0.35	0.50	0.021	0.013	0.034	0.163	0.100	0.200	0.0012	0.0010	0.0014
PTR	10.57	10.4	10.8	78.5	78	79	0.62	0.16	1.10	0.041	0.025	0.065	0.987	0.230	1.770	0.0136	0.0081	0.0184
MES	11.93	10.8	12.8	117.5	116	119	0.37	0.20	0.50	0.018	0.013	0.025	0.100	0.100	0.100	0.0007	0.0003	0.0010
MLR	11.63	10.4	12.3	112.5	112	113	0.48	0.30	0.60	0.032	0.025	0.040	0.223	0.150	0.318	0.0031	0.0020	0.0038
LRA	11.33	10.1	12.1	128.5	103	154	1.80	1.40	2.20	0.073	0.051	0.110	0.249	0.171	0.310	0.0211	0.0000	0.0411
CDC	12.30	11	13.7	72.5	69	76	0.80	0.50	1.40	0.067	0.050	0.096	0.232	0.160	0.307	0.0144	0.0040	0.0306
PCD	10.93	9.9	12.9	68	58	78	0.73	0.00	1.20	0.080	0.000	0.160	0.186	0.000	0.368	0.0256	0.0000	0.0589
X	11.07	10.38	11.90	84.96	78.29	91.62	0.74	0.44	1.04	0.04	0.02	0.07	0.28	0.14	0.42	0.01	0.00	0.02
DS	0.89	0.75	1.64	22.77	24.78	26.52	0.38	0.39	0.45	0.02	0.02	0.04	0.23	0.08	0.42	0.01	0.00	0.02

Tabla 4. Parámetros químicos de las tres colectas. Se presenta el valor máximo, mínimo y promedio para cada variable y la desviación estándar

SITIO	pH			SDT (mg/L)			SO (mg/L)	SALINIDAD	OD (%)
	X	MIN	MAX	X	MIN	MAX	X	X	X
CMC	5.73	5.45	6	27.5	22	33	90	0.08	5.33
CG1	6.85	6.22	7.73	35.5	35	36	75.5	0.08	5.5
CG2	6.41	5.9	7.09	26.5	16	37	90	0.86	6.49
MMB	6.68	6.3	7.4	28.67	28.34	29	101.3	0.07	7.49
TMC	6.44	5.97	7.27	49.09	48	50.17	91	0.53	6.8
SNJ	6.56	5.7	7	41.63	35.25	48	88	0.04	6.54
LBG	5.97	5.33	6.53	37	34	40	100	0.05	7.6
PTR	6.17	5.7	6.54	39	39	39	96	0	7.14
MES	6.94	6.69	7.09	59	58	60	95.5	0.109	7.15
MLR	6.89	6.64	7.07	58	57	59	96.4	0.105	7.11
LRA	6.36	5.53	6.8	52.5	52	53	100	0.05	7.47
CDC	6.55	5.97	7.08	34	30	38	98.5	0.08	6.62
PCD	6.55	5.84	7.47	34.5	30	39	97.4	0.08	6.66
X	6.47	5.94	7.01	40.22	37.28	43.17	93.82	0.16	6.76
DS	0.36	0.43	0.46	11.14	13.05	9.87	7.00	0.25	0.70

Las concentraciones de nutrientes evaluadas fueron amonio, nitritos, nitratos, nitrógeno inorgánico disuelto, sulfatos y ortofosfatos. Los cuales de manera general no rebasaron el límite máximo permisible (LMP) por la NOM 127 - SSA1 – 1994 (DOF, 2000) de salud ambiental del agua para uso y consumo humano. Pero de manera particular algunos sitios registran valores cercanos a estos límites, por ejemplo, para la concentración de nitritos, aquellos sitios que se aproximan al LMP fueron CG1 y MES; para la concentración de nitratos, los sitios que registraron valores aproximados al LMP fueron TMC y CDC; para el amonio TMC y LBG; y para los sulfatos LBG (Figura 6).

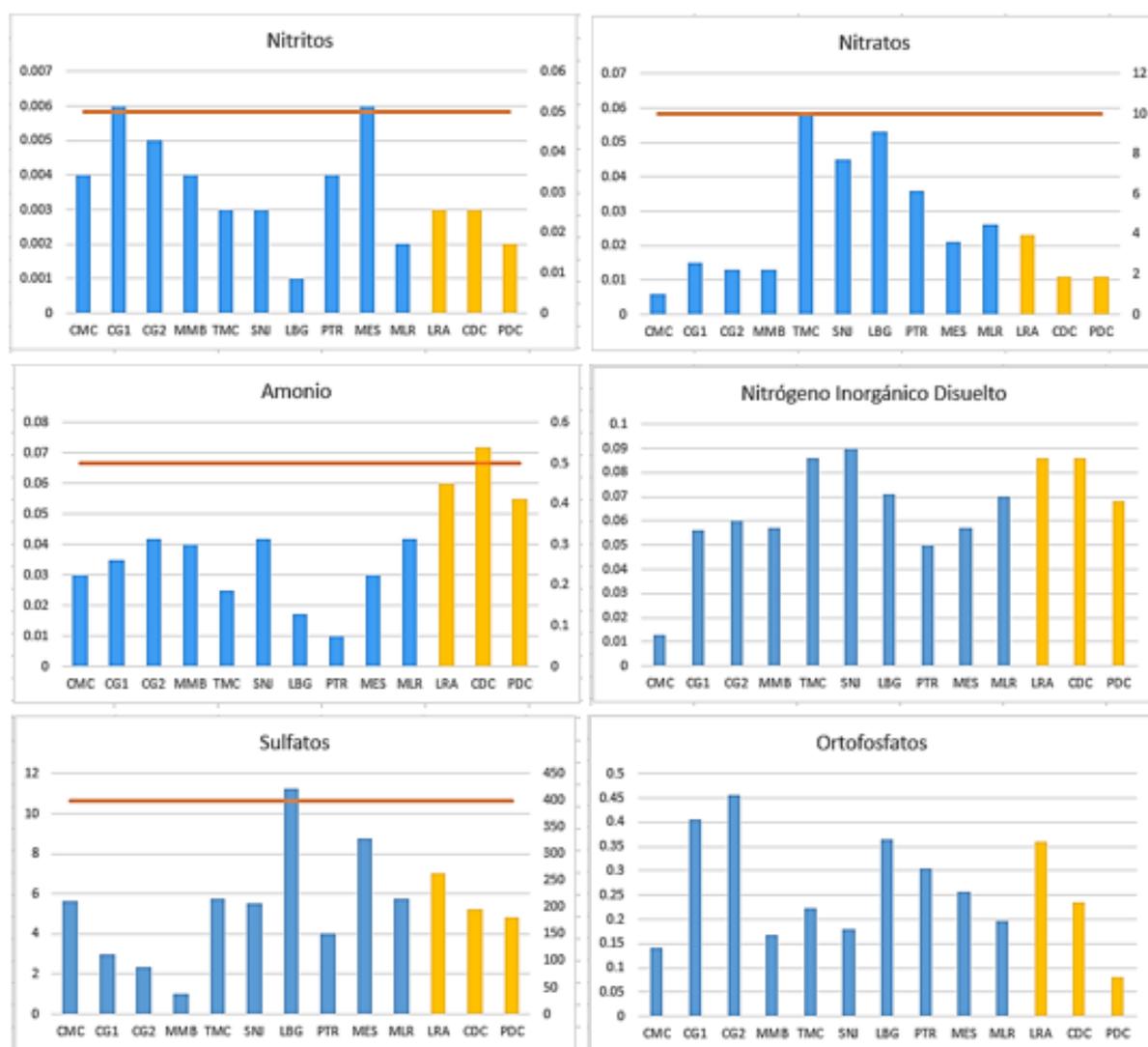


Fig 5. Muestra las concentraciones de nitritos, nitratos, amonio, NID, sulfatos y ortofosfatos promedio para cada uno de los sitios de muestreo. Comparados con el límite permisible por la NOM-127 (con excepción del NID y los ortofosfatos). El eje izquierdo representa la escala de los valores obtenidos en cada uno de los sitios muestreados y el eje derecho, la escala de los valores de la NOM -127-SSA1-1994; el

límite permisible de la misma se encuentra trazado con una línea horizontal color café, mientras que las barras de color azul representan los manantiales y de color amarillo los arroyos de primer orden.

8.2.3. Validación mediante los grupos biológicos de macroinvertebrados bentónicos y comunidades de macroalgas.

Para los macroinvertebrados se recolectaron un total de 1,279 individuos, entre larvas, pupas e individuos adultos. Que fueron identificados a los niveles taxonómicos de orden y familia. Únicamente se identificaron dos subclases (Oligochaeta y Acari) en aquellos casos donde los organismos no se pudieron identificar a un menor nivel taxonómico. Los 12 órdenes y las 35 familias que se registraron fueron: Trichoptera (9 familias), Diptera (7 familias), Plecoptera (3 familias), Hemiptera (3 familias), Coleoptera (3 familias), Ephemeroptera (2 familias), Isopoda (2 familias), Collembola (1 familia) (Tabla 4). Las familias que registraron un mayor número de individuos de manera general fueron: DugesIIDae (246 individuos), Baetidae (220 individuos) y Heptageniidae (100 individuos); y aquellas que registraron un menor número fueron Perlidae (1 individuo), Dytiscidae (1 individuo) e Isotomidae (1 individuo).

Tabla 4. Características ecológicas de las familias de macroinvertebrados presentes en las trece estaciones de muestreo.

ORDEN	FAMILIA	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS.
Tricladida	DugesIIDae		Esta familia registra una fuerte actividad gregaria. Especialmente en sitios que reflejan estabilidad ecológica. En aguas con pH circumneutral, temperaturas cálidas y conductividad del agua alrededor de 58 µs/cm. Son indicadores de aguas que presentan contaminación moderada con calidades de agua aceptables. Asociados a Tricópteros y Dípteros (Muñoz y Vélez, 2007).
Annelida	Hirundinidae		Los individuos de esta familia son cosmopolitas, ampliamente distribuidos en cuerpos de agua dulce como ríos, lagos y arroyos que presentan corrientes tranquilas. En general, la dispersión de esta familia

			<p>es el resultado de la transferencia pasiva de un cuerpo de agua a otro por parte de diversos animales. Se han registrado en un pH alrededor de 5.5, siendo este un parámetro químico de suma importancia para su desarrollo (Thorp y Covich, 2010).</p>
Trichoptera	Limnephilidae		<p>La familia Limnephilidae es posiblemente la más diversa de los Tricópteros, ya que las larvas ocupan casi toda la gama de hábitats, tanto lóxicos como léxicos (Holzenthal <i>et al.</i>, 2007; Springer <i>et al.</i>, 2010). De manera general el desarrollo de las larvas se da en cuerpos de agua como charcos, lagunas y ríos de zonas altas, generalmente por encima de los 2,000 msnm. Con corrientes frías o templadas, donde usan materia rocosa para la construcción de sus hábitaculos (Springer, 2010).</p>
	Helicopsychidae		<p>Viven tanto en ambientes lóxicos y léxicos como ríos, quebradas, manantiales y pequeños arroyos y las orillas de los lagos, en corrientes moderadas o ligeramente rápidas. Especialmente en altitudes bajas a medias (Holzenthal <i>et al.</i>, 2007). Viven preferentemente sobre rocas donde pueden raspar algas de la superficie para alimentarse. Las larvas de hidropsíquidos suelen ser muy abundantes y son importantes en la dinámica de nutrientes de los ríos y arroyos en los que habitan. Se les conoce como larvas de hábitos omnívoros, pudiendo algunas sobrevivir en aguas de altas temperaturas que otros Tricópteros no puedan tolerar y también se conoce que algunas especies pueden tolerar considerables niveles de contaminación orgánica (Springer, 2010 y Springer <i>et al.</i>, 2010).</p>

	Glossosomatidae		Las larvas de Glossosomatidae se encuentran encima de piedras en ríos y quebradas de aguas limpias y bien oxigenadas (Springer, 2010). Habitan en ambientes lóticos (agua corriente) pudiendo encontrarse ocasionalmente grandes poblaciones, asociadas a algas filamentosas (Springer <i>et al.</i> , 2010).
	Xiphocentronidae		Las larvas habitan cuerpos de agua poco profundos. Usualmente se encuentran asociadas a algas y diatomeas como refugio y alimento. Adicionalmente, esta familia se considera indicadora de aguas oligotróficas, con baja productividad primaria y con bajas concentraciones de nutrientes (Springer <i>et al.</i> , 2010).
	Hydrobiosidae		Los individuos de esta familia se consideran depredadores, principalmente de otros Tricópteros más pequeños y otros macroinvertebrados. Se encuentran en la zona de corriente en ríos y quebradas, alrededor de los 3,000 msnm de altitud, con aguas bien oxigenadas (Springer, 2010 y Springer <i>et al.</i> , 2010).
	Lepidostomatidae		Las larvas son generalmente habitantes de arroyos y manantiales fríos (Holzenthal <i>et al.</i> , 2007), se encuentran sobre todo en quebradas de áreas boscosas, a menudo en las pozas donde hay acumulaciones de hojarasca (Springer, 2010). Presentes en ambientes lóticos, tanto en zonas de corriente como en remansos, provistos de lecho de detritus (materia orgánica) (Springer <i>et al.</i> , 2010).
	Polycentropodidae		Las larvas se encuentran tanto en hábitats lénticos como lóticos (Springer, 2010). Sobre todo en pozas de ríos o áreas de corriente lenta (Springer <i>et al.</i> , 2010). En aguas frías y de buena calidad ecológica. Son depredadores de otros macroinvertebrados, pero las diatomeas también se encuentran incluidas en su dieta (Gil y Vallania, 2006).

	Philopotamidae		Las larvas habitan en ríos y quebradas con moderadas corrientes (Springer, 2010), frecuentemente en acumulaciones de materia orgánica (hojarasca) o sustrato ambientes lóticos, desde ríos grandes hasta en nacientes de riachuelos con cauce rocoso y cubierto de musgo (Springer <i>et al.</i> , 2010).
	Leptoceridae		Las larvas de Leptoceridae viven en una gran variedad de hábitats tanto lénticos como lóticos (Springer, 2010). Las larvas se encuentran en todas partes, desde torrentes de alta montaña, a través de todos los órdenes de arroyos, hasta grandes ríos de tierras bajas, incluyendo aguas estancadas (Holzenthal <i>et al.</i> , 2007). Se conoce que algunas especies pueden tolerar aguas con altas temperaturas. De manera general las larvas de esta familia se consideran indicadoras de aguas oligotróficas a eutróficas.
Ephemeroptera	Baetidae		Esta familia es factible de coleccionar en casi todos los ambientes, en zonas de mucha corriente con sustrato pedregoso (Domínguez y Fernández, 2009). Es abundante y diversa en los ecosistemas dulceacuícolas del mundo, particularmente en ambientes lóticos, con bajas precipitaciones. Su presencia se encuentra relacionada con altos valores de dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica, sólidos totales, temperatura del agua, oxígeno disuelto y fosfatos, lo cual denota que esta familia se encuentra asociada con procesos de mineralización y aportes de materia orgánica al cuerpo de agua donde se desarrollan. También se menciona que las larvas se encuentran relacionadas con aguas de buena calidad, aunque también presenta cierto grado de tolerancia hacia los impactos antropogénicos que aportan una alta concentración de materia orgánica a lo largo de la cuenca (Forero <i>et al.</i> , 2016).

	Heptageniidae		Presentes en casi cualquier lago y arroyo con un sustrato firme y libre de contaminación grave, con mayor frecuencia en aguas lénticas, con velocidades de corriente menores a los 100 cm/seg. Se han reportado en aguas con pH circumneutral, en temperaturas frías y cálidas, con preferencia a profundidades alrededor de los 20 cm y poca vegetación circundante. Se han encontrado asociados a chironómidos, diatomeas y algas filamentosas como parte de su alimentación (Kondratieff y Reese, 1980). Poseen un nivel bajo de tolerancia al agua enriquecida orgánicamente (Flowers y Hilsenhoff, 1975).
Plecoptera	Nemouridae		Reportados en manantiales o arroyos de primer grado, ubicados en altitudes entre 500 y 2300 msnm (Vinçon y Ravizza, 2005). Muestran afinidad hacia temperaturas frías, tolerantes a pH ácido y asociados a diatomeas como alimento (Thorp y Covich, 2015). En aguas corrientes y pozas, con buena oxigenación y buen estado ecológico (Tierno de Figueroa y López, 2015).
	Perlodidae		Asociados a aguas con buena oxigenación y buen estado ecológico, presentan los niveles más bajos de tolerancia a contaminantes dentro del orden Plecoptera (Tierno de Figueroa y López, 2015). Su sensibilidad generalmente los convierte en indicadores de excelente calidad del agua (Gutiérrez, 2010).
	Perlidae		Presentes en aguas de corrientes bajas, aguas claras, frías, sin contaminación orgánica residual y niveles de saturación de oxígeno disuelto cercanos a la saturación. Principalmente en zonas con abundante vegetación ribereña (Castillo <i>et al.</i> , 2013).
Diptera	Simuliidae		La temperatura del agua, la elevación, la conductividad, el oxígeno disuelto y el tamaño de los arroyos se encuentran entre los factores importantes asociados con su distribución, aumentando su abundancia en cuerpos de agua fríos, con velocidades de corriente altas, que

			presentan alto contenido de oxígeno disuelto y una gran cantidad de vegetación ribereña (Jiklang <i>et al.</i> , 2020).
	Chironomidae		La familia Chironomidae se ha registrado en sitios con alta precipitación, relieve escarpado y temperaturas frescas. Sobre todo en arroyos de primer, segundo y tercer orden. Con corrientes de medias a rápidas (Colbo y Moorhouse, 1980). Generalmente en aguas templadas, con buena oxigenación y buena calidad ecológica. Por otra parte, se encuentran asociados a algas filamentosas (Zahar, 1951). Juegan un papel importante en las cadenas tróficas de los distintos cuerpos de agua (Pinder, 1986). Se desarrollan en manantiales y arroyos pequeños, en aguas con temperaturas templadas y cálidas, con un mejor desarrollo en cuerpos de agua poco profundos. Se encuentran en sustratos fijos, sedimento blando, plantas acuáticas y algas. De igual forma se encuentran asociados a sitios con presencia de vegetación ribereña y materia vegetal. En un pH entre 6 y 9. Algunas especies son tolerantes a una amplia gama de salinidad y tolerantes a aguas con poca oxigenación (Rojas <i>et al.</i> , 2018). Asociados a diatomeas como parte de su alimentación y algas como <i>Melosira</i> .
	Tipulidae		Las larvas viven en entornos húmedos, en tierra húmeda, debajo de la corteza o en agua pútrida (Sumanrao y Tukaram, 2015). Se encuentran también en aguas de flujo lento o rápido, en la zona higrométrica, arena o guijarros intersticiales y en áreas de depósito. Se encuentran en madera sumergida, entre hojarasca, sedimentos finos o barro. Algunas especies pueden tolerar salinidades elevadas y se desarrollan mejor en aguas poco profundas con buena oxigenación a una baja velocidad de corriente (Cazorla, 2017).

	Empididae		<p>Se encuentran en distintos hábitats, principalmente ríos aguas abajo, pero también han sido documentados en manantiales. Las larvas se encuentran generalmente en el lodo y los detritos o en esteras de algas y musgos acuáticos en aguas estancadas y corrientes, con parámetros ecológicos estables (Ivcovick y Horvat, 2007). Así como lugares donde se han depositado grandes cantidades de materia orgánica en descomposición (Duviard y Blanchet, 1983).</p>
	Dixidae		<p>Amplia distribución en ríos, arroyos, lagos, embalses, brácteas de bromeliáceas y demás plantas que acumulan agua (Mosquera y Sánchez, 2019). En aguas templadas y con buena calidad ecológica. Las larvas se encuentran generalmente en aguas frescas, tranquilas o que fluyen lentamente, como presas, estanques, bordes de lagos y remansos de arroyos. Viven en el menisco que forma la interfaz entre el agua y las hojas de las macrófitas, la vegetación ribereña que sobresale o las acumulaciones de restos flotantes, pero también en la propia película de la superficie del agua (Bugledic, 1999).</p>
	Ephydriidae		<p>Presentes en humedales ribereños, piscinas de agua y bosques húmedos. La eutrofización derivada de las actividades antropogénicas, pueden alterar la composición de las comunidades (Keiper <i>et al.</i>, 2002). Varios géneros han desarrollado modificaciones estructurales y de comportamiento que los adaptan a hábitats notablemente divergentes. Una de estas especializaciones evolutivas es la adaptación a altas concentraciones salinas. Frecuentan los márgenes fangosos de los ambientes de agua dulce, o los lagos salinos y alcalinos de las regiones áridas (Brown <i>et al.</i>, 2010) No son afines a corrientes rápidas u oleajes, asociados a materia vegetal en descomposición, algas y cianobacterias (Keiper <i>et al.</i>, 2002).</p>
	Canacidae		<p>En zonas tropicales y templadas frías del mundo, principalmente en o cerca de las costas con climas oceánicos. Algunas especies se encuentran tierra adentro,</p>

			generalmente en ambientes salinos o alcalinos, pero ocasionalmente en hábitats similares a praderas o en arroyos de agua dulce (Munari y Mathis, 2010).
Hemiptera	Veliidae		Los Heterópteros de agua ocupan una amplia variedad de hábitats, principalmente dulceacuícolas: lenticos y lóticos, pequeños y grandes, de aguas someras y profundas, vegetados y de aguas limpias (Domínguez y Fernández, 2009).
	Gerridae		Habita en ecosistemas acuáticos de aguas continentales en ambientes tanto lóticos como lénticos, pero prefieren zonas con corrientes lentas, y en aguas marinas, por lo cual se le considera cosmopolita. Generalmente se encuentran asociados a la película superficial del agua, entre los 0 y 2890 msnm (Padilla y García, 2013). La mayoría se encuentran en aguas con poca corriente, aunque algunas especies se han adaptado a vivir en aguas con flujo rápido, generalmente se presentan en aguas dulces, unas pocas en estuarios y aguas salobres. Hasta el momento no se cuenta con estudios detallados sobre los hábitats preferidos por esta familia ya que puede encontrarse tanto en hábitats permanentes (ríos, quebradas, lagos) como semipermanentes (charcas temporales), se han reportado en cuerpos de agua con poca luminosidad y vegetación riparia emergente la cual utilizan eventualmente como refugio (Molano <i>et al.</i> , 2008).
Odonata	Libellulidae		Los Odonatos de la familia Libellulidae se encuentran regularmente en casi todo tipo de ambientes dulceacuícolas (Domínguez y Fernández, 2009), habitan en diferentes ambientes acuáticos como pozos, pantanos, márgenes de lagos, manantiales, canales, zanjas, orillas de ríos y arroyos que presenten corrientes lentas y poco profundas o en el lecho de ríos y quebradas; donde generalmente existe abundante vegetación ya sea sumergida o emergente Las ninfas se encuentran en todos los cuerpos de agua, particularmente en aguas estancadas y bien oxigenadas, aunque muchas

			<p>especies toleran temperaturas elevadas, así como enriquecimiento orgánico o aumento de la carga de sedimentos (Gullan y Cranston, 2010). Dependiendo de la especie, se encuentran en aguas limpias o ligeramente contaminadas, habitan en ambientes salobres y son tolerantes a un pH entre 3 y 8, por lo que hay especies adaptadas a ambientes ácidos o resistentes a bajos niveles de oxígeno disuelto (Gutiérrez y Pérez, 2010).</p>
Coleoptera	Elmidae		<p>Elmidae se encuentra presente en una amplia gama de ecosistemas; desde aguas muy limpias, corrientosas y oxigenadas, pasando por ambientes lóticos de poca corriente, zonas termales, aguas subterráneas, algunos ambientes lénticos, hasta ríos con grados moderados de contaminación. Pueden dar una idea de las perturbaciones a mediano y largo plazo por sus ciclos de vida largos y su persistencia en los hábitats colonizados, los cuales suelen ser ambientes conservados. El alto requerimiento de oxígeno disuelto en el agua es una de las principales razones para que se reconozca a la familia Elmidae por su sensibilidad a la contaminación, estos organismos pueden ser más susceptibles a la disminución del oxígeno disuelto, el aumento de nutrientes y la temperatura del agua, como la contaminación por detergentes y los sólidos suspendido. Elmidae se considera un grupo relativamente homogéneo en cuanto a rasgos biológicos y ecológicos (González <i>et al.</i>, 2020).</p>
	Dryopidae		<p>Se encuentra en arroyos de cabecera y arroyos de los cursos medios y bajos del río. Altamente relacionado con Elmidae, frecuentemente asociado con agua corriente limpia bien oxigenada en hábitats lénticos y lóticos (Mascagni y Meloni, 2011). Un estudio reportó que las afectaciones físicas hacia el caudal del cuerpo de agua donde habiten, afectan directamente el número de especies presentes de esta familia (Millán, 1990).</p>

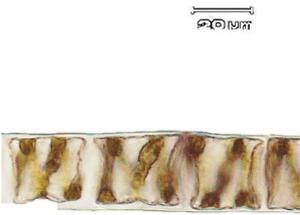
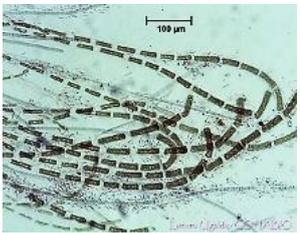
	Dytiscidae		Los individuos de esta familia, presentan un mejor desarrollo en condiciones que presenten temperaturas entre 17 y 22 °C, oxígeno disuelto entre 6.2 y 7.4 mg/L y pH entre 7.5 y 8.8. La vegetación acuática es indispensable para su desarrollo y se encuentran asociados a cuerpos de agua con buena oxigenación (Pérez <i>et al.</i> , 2003).
Isopoda	Asellidae		Los Estenasélidos y Asélidos están restringidos a hábitats subterráneos, habitantes de aguas frías y templadas. Estos isópodos son raros, difíciles de encontrar, por lo que la información sobre sus características biológicas y ecológicas es limitada, pero se ha reportado que son comunes y abundantes en los arroyos templados (Thorp y Covich, 2019). Varios géneros necesitan urgentemente una revisión, y sin duda quedan muchos taxones por descubrir dada la propensión de estos crustáceos a habitar hábitats de aguas subterráneas. (Pérez y Edmond, 2001)
	Stenasellidae		
Collembola	Isotomidae		Este tipo de organismos son comunes y abundantes en diferentes ambientes, debido a su capacidad de dispersión. Los ambientes en los que siempre se hallan son: el suelo hasta 1.5 m de profundidad, la hojarasca presente en el piso de los bosques, en los musgos, en las cortezas de los árboles, en los estanques de agua temporales o permanentes, ríos y lagos de poca profundidad. Los colémbolos juegan un importante papel funcional en los procesos de descomposición de la materia vegetal muerta, del ciclo de nutrientes y ayudan en la formación de las características del suelo. Sin embargo, aún existen pocos trabajos para evaluar su participación en estos procesos a nivel mundial. Existen varios géneros y especies endémicas en varias localidades, pero aún falta mucho por conocer sobre esta familia (Vargas, 2014). Se encuentran asociados a algas, diatomeas y bacterias como alimento (Castaño <i>et al.</i> , 2004).
	SUBCLASE	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

	Oligochaeta		<p>Los oligoquetos se pueden encontrar tanto en aguas estancadas como en corrientes y a menudo, son un componente importante de la red alimentaria acuática. Habitan en cuerpos de agua dulce así como en aguas subterráneas. Son cosmopolitas, o al menos están ampliamente distribuidos. La mayoría de estos gusanos están adaptados para vivir en sedimentos que van desde la arena hasta el lodo, así como en ríos, lagos y estanques de tierras bajas con sustratos blandos.. No existe distinción habitual entre especies lacustres y ribereñas (Thorp y Covich, 2010).</p>
	Acarí		<p>Los ácaros han colonizado casi todos los ambientes, tanto terrestres como dulceacuícolas y marinos (hasta los 5000 m de profundidad), incluso los más extremos como los polos, altas montañas, desiertos, suelos a una profundidad de hasta 10 metros, e incluso aguas termales con temperaturas superiores a 50°C. Se han reportado también en manantiales superficiales fríos y termales. En aguas subterráneas, todo tipo de arroyos, estanques y lagos, aguas marinas de plataformas continentales y fosas de aguas profundas hasta profundidades de 5000 metros. Generalmente son parásitos de mamíferos, aves y algunos invertebrados de mayor tamaño (Walter <i>et al.</i>, 1996). Presentan altos valores de fidelidad y especificidad; por lo tanto, son representativos de sitios bien conservados y tienen una alta frecuencia de aparición (Caro <i>et al.</i>, 2016)</p>

Fuente: Fotografías propias y del blog Macroinvertebrates.org.

Respecto a las comunidades de algas macroscópicas, se identificaron cinco órdenes dentro de los cuales se identificaron 15 géneros y 10 especies. En orden de abundancia se registraron: Bacillariophyceae (cinco especies y cuatro géneros), Cyanophyceae (dos especies y seis géneros), Chlorophyta (cinco géneros), Rhodophyta (una especie y un género) y Xanthophyceae (una especie). Los géneros más recurrentes fueron Nostoc, Desmonostoc y Placoma (Tabla 5).

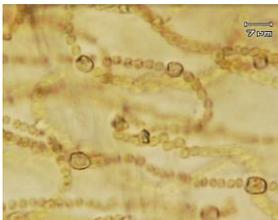
Tabla 5. Algas identificadas en la colecta de los 13 sitios analizados dentro de la microcuenca del río Magdalena. Junto con las características ecológicas.

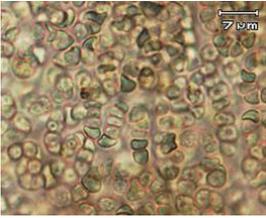
DIVISIÓN	GÉNERO/ESPECIE	IMAGEN	CARACTERÍSTICA ECOLÓGICAS.
Chlorophyta (Algas verdes)	<i>Spirogyra</i> sp. (1, 2).		<p><i>Spirogyra</i> es muy común en agua eutrófica relativamente limpia y desarrolla masas verdes filamentosas y viscosas (Withon y Brook, 2002). Crecen sobre sustratos rocosos, en ocasiones entremezclados con otras algas filamentosas o musgos acuáticos. Se desarrolla en velocidades de corriente moderadas y en sistemas acuáticos de oligotróficos a mesotróficos (Carmona <i>et al.</i>, 2019). Aunque otros estudios reportan que la acumulación de esta alga puede indicar contaminación del agua y generalmente prefieren aguas pobres en nutrientes (Necchi, 2016; Ruiz, 2017).</p>
	<i>Ulothrix</i> sp.		<p>Cosmopolita con amplia distribución ecológica, especialmente en regiones templadas y frías, (Guiry <i>et al.</i>, 2020; Guiry <i>et al.</i>, 2007). Presente en localidades de agua dulce aireadas como orillas de lagos eutróficos, riberas de arroyos, canales y ríos; menos abundante en aguas estancadas como zanjas y charcas, casi ausente en hábitats pantanosos, ocasionalmente se reporta en hábitats de agua corriente (Necchi, 2016; Guiry, <i>et al.</i>, 2020).</p>
	<i>Rhizoclonium</i> sp.		<p>Cosmopolita, presente en aguas dulces, salobres y marinas, a menudo creciendo asociada con otras algas (Guiry, 2020). Se encuentra con frecuencia en arroyos (Necchi, 2016).</p>

	<i>Oedogonium</i> sp.		<p><i>Oedogonium</i> reside en ecosistemas de agua dulce. En general son frecuentes en aguas frías, ricas en hierro y compuestos húmicos. Prefiere las aguas estancadas, como pequeños estanques, piscinas, acequias, marismas, lagos y embalses. Crece en un amplio rango de pH (7.3-9.6) y presenta una amplia tolerancia a la variación en el tipo de nutrientes y la cantidad de estos presentes en el agua (Nuñez <i>et al.</i>, 2008; Necchi, 2016).</p>
	<i>Microspora</i> sp.		<p>Se encuentran en ambientes acuáticos oligo, meso y eutróficos. Es un alga ampliamente distribuida en hábitats de agua dulce, con algunas especies abundantes en ambientes de pH bajo. Su presencia y predominio es muy favorable como indicador de alta productividad autóctona del cuerpo de agua donde habita (Nuñez <i>et al.</i>, 2008; Necchi, 2016).</p>
Rhodophyta (Algas rojas)	<i>Chantransia</i> sp.		<p>Son componentes de la comunidad epilítica de arroyos y compiten con una asociación compleja del perifiton generalmente dominada por diatomeas (Necchi, 2016). Se ha colectado en ríos que reflejan temperaturas entre frías y cálidas; pH desde ácido hasta alcalino. Con oxígeno disuelto en un rango de 5.0 a 8.2 mg/ L (Carmona <i>et al.</i>, 2006; Carmona <i>et al.</i>, 2011).</p>
	<i>Hildenbrandia rivularis</i>		<p>Se desarrolla en manantiales y ríos sombreados por la vegetación de ribera ó dentro de cavernas; sobre rocas en zonas de rápidos y aguas alcalinas. Generalmente se reconocen en hábitats de agua dulce, principalmente arroyos con flujo rápido (Nuñez <i>et al.</i>, 2009). El género <i>Hildenbrandia</i>, también ha</p>

			<p>sido reportado en manantiales, con temperaturas elevadas (entre 23 y 27°C). Con pH neutro a alcalino (7.0-8.0), alto contenido de iones (conductividad específica 700-1520 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) velocidad de corriente de moderada a alta, alcalinidad alta (400-554 mg/L) y sitios sombreados con poca profundidad (típicamente <70 cm). Particularmente en sitios oligotróficos, en los siguientes parámetros físicoquímicos T: 22 a 30°C, pH: 6.5 a 8.3, C: 700 a 1,520 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, VC: 35 a 130 cm/s^{-1}, IL: 2 a 38 $\mu\text{mol}/\text{fotón}$ y P: 10 a 200 cm (Carmona, <i>et al.</i> 2001; Wehr y Sheath, 2003; Carmona, 2012).</p>
Xanthophyceae (Algas verde-amarillas)	<i>Vaucheria bursata</i>		<p><i>Vaucheria</i> es un género cosmopolita y el más rico en especies. Se encuentra de manera general en aguas dulces y saladas. Sumergidas, semi-sumergidas e incluso terrestres. Desde el litoral, estuarios, ríos y canales. Mayormente en arroyos (Necia, 2016; Menéndez, s.f).</p>
Bacillariophyceae (Diatomeas)	<i>Gomphonema capitatum</i>		<p>Presente en aguas dulces, en arroyos y cascadas (Jüttner <i>et al.</i>, 2004). Asociadas con alta concentración de amonio y valores elevados de pH, tolerantes a la polución y eutroficación (Morales y Salazar, 2012; Pedraza, 2011). Aunque se reporta asociada mayormente en aguas limpias con niveles altos de oxígeno disuelto (Van Dam <i>et al.</i>, 1994).</p>
	<i>Melosira varians</i>		<p>Es muy común en ríos y lagos, se ha reportado en condiciones ecológicas muy diferentes que van desde la oligotrofia hasta sitios eutróficos, por lo que es ampliamente tolerante (Spaulding, 2020). Comúnmente en sitios alcalinos, con pH de 7 a 8.5. Con oxígeno moderado y requiere periódicamente altos niveles de</p>

			nitrógeno (Seguetto <i>et al.</i> , 2016).
	<i>Rhoicosphaenia</i> sp.		Presenta un mejor desarrollo en sitios con niveles de caudal elevados, en sitios con oxígeno disuelto alrededor de 7.55 mg/L, en pH de 6.7 a 8.1. Asociadas con una alta concentración de amonio (Pedraza, 2011). Así como en cuerpos de agua someros y eutróficos (Buendía <i>et al.</i> , 2015).
	<i>Stauroneis acuta.</i>		Especie cosmopolita, presente en aguas tanto marinas como dulces. Reporta preferencia hacia aguas ligeramente alcalinas con niveles bajos a moderados de sólidos disueltos. Rara vez se encuentra en grandes cantidades (Bahis, 2011).
	<i>Diatoma mesodon</i>		Esta especie se encuentra reportada como indicadora de condiciones oligotróficas-mesotróficas, tolerante a sitios con ligero incremento de nutrientes (Carmona <i>et al.</i> , 2016).
	<i>Pinnularia</i> sp.		Es un alga predominantemente de agua dulce, que generalmente se encuentra en estanques y suelos húmedos. Con preferencia a aguas frías (Nuñez <i>et al.</i> , 2008). Es indicadora de pH ácido y ambientes oligotróficos (Van Dam <i>et al.</i> , 1994).
	<i>Luticula aeropertiana.</i>	Sin imagen disponible	Registrada en aguas con alto caudal y conductividad (Van Dam <i>et al.</i> , 1994).
	<i>Cocconeis</i> sp.		Las especies de <i>Cocconeis</i> son comunes en aguas de flujo rápido, adheridas a algas verdes filamentosas, así como a plantas acuáticas, madera y rocas. Son indicadoras de valores altos de pH, nitrógeno inorgánico, oxígeno

			y del estado trófico del cuerpo de agua (Van Dam <i>et al.</i> , 1994).
Cyanophyceae (Cianobacterias)	<i>Chamaecalyx</i> sp.	Sin imagen disponible	Principalmente adheridas a otras algas. Se conocen tres especies de agua dulce del perifiton de arroyos y del litoral de charcas y lagos de zonas templadas (Guiry <i>et al.</i> , 2020).
	<i>Nostoc</i> sp.		Amplia distribución en ríos y lagos de cabecera en prácticamente todas las subcuencas de la cuenca de México. También asociadas a plantas acuáticas. Toleran altos flujos de agua y bajas concentraciones de fósforo y nitrógeno, el aumento de este último incrementa la densidad poblacional. En ambientes con afectación humana se pueden desarrollar afloramientos que pueden llegar a impedir el desarrollo de otros organismos acuáticos; algunas especies liberan sustancias tóxicas al medio. Con frecuencia los ambientes acuáticos afectados por el hombre presentan cianotoxinas que son nocivas, inclusive para la salud humana (Carmona <i>et al.</i> , 2019; Nuñez <i>et al.</i> , 2008). Presentan una gran capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico (lo cual representa una ventaja en sitios con bajos niveles de nitrógeno). También puede filtrar luz ultravioleta dañina en hábitats terrestres y bentónicos poco profundos (Walter <i>et al.</i> , 1995).
	<i>Desmonostoc</i> sp.		Ha sido reportada en diversos cuerpos de agua en la cuenca de México, en condiciones que van de oligotróficos a mesotróficos (Carmona, 2019). Se ha reportado que algunas de estas cepas crecen en asociación con musgos o como simbioses de plantas y son afines a ambientes salinos o donde se realizan actividades de

			cultivo cercanas, en pH entre 5 y 7.1, en sitios con vegetación parcial. Registra una mayor diversidad en sistemas lénticos (Hrouzek <i>et al.</i> , 2013).
	<i>Compactonostoc</i> sp.		Esté género es relativamente nuevo por lo que la información ecológica sobre el mismo es escasa, de manera general se ha reportado en sitios con bajas concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto y en sitios con condiciones de oligotrofia (Rodríguez y Carmona 2018; Cai y Col, 2019).
	<i>Chamaesiphon</i> sp.		Principalmente epilítica en piedras sumergidas o mojadas, epífita en algas filamentosas o musgos, especialmente en aguas dulces no contaminadas, arroyos y cascadas. También reportadas en manantiales. (Necchi, 2016; Menéndez, s.f).
	<i>Placoma</i> sp.		Es un género poco conocido, que necesita más estudios. Pero de manera general las especies de este género habitan agua dulce, arroyos y en otro tipo de cuerpos de agua lénticos y se encuentra relacionada con condiciones oligotróficas (Komárek, 1992; Carmona <i>et al.</i> , 2019).
	<i>Placoma regulare</i>	Sin imagen disponible	Presente en condiciones oligotróficas, bajo concentraciones moderadas de nutrientes (Carmona <i>et al.</i> , 2016; Rivera, 2017). En arroyos de flujo rápido en altitudes de hasta 1036 msnm (Broady y Ingerfeld, 1991).
	<i>Coleodesmium vurangelii</i>		Principalmente epífita o epilítica en arroyos fríos de montaña (Necchi, 2016). Se presentan bajo condiciones estresantes en términos de luz y velocidad de corriente (Cartajena <i>et al.</i> , 2020).

	<p><i>Cylindrospermopsis</i> sp.</p>		<p>Son habitantes frecuentes de sitios con calidad de agua eutrófica (Guiry y Guiry, 2008). Se ha reportado dominancia en cuerpos de agua con bajos niveles de nitrógeno y fósforo. Sin embargo en abundancia de nitrógeno disminuye su dominancia. Algunas especies de este género, son capaces de producir cianotoxinas (Vizcaíno <i>et al.</i>, 2019).</p>
--	------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota: Fotografías proporcionadas por el Dr. Javier Carmona Jiménez, propias y de los portales Algabase.org y enciclovida de la CONABIO.

8.2.3.1. Integración de datos biológicos.

Para los ensambles de macroinvertebrados, los órdenes más representativos fueron Trichoptera y Ephemeroptera, presentes en la mayoría de los sitios y en ambas colectas. Del primer orden las familias más abundantes fueron Limnephilidae, Helicopsychidae y Lepidostomatidae, mientras que para el segundo orden fueron Baetidae y Heptageniidae. El sitio que presentó una menor diversidad de familias fue MMB (siete); mientras que LBG y MES registraron una mayor cantidad (ambos 17). A nivel familia, Limnephilidae estuvo presente en la mayoría de los sitios en ambas colectas, con excepción de MMB y LBG; Baetidae estuvo presente en todos los sitios en ambas colectas, únicamente estuvo ausente durante la primer colecta en los sitios MMB y SNJ; por último, Dugesiiidae estuvo presente en la mayoría de los sitios en ambas colectas en once de los trece sitios, únicamente CDC y PDC no registraron individuos pertenecientes a esta familia. En el caso de las comunidades de algas macroscópicas de igual forma que para los macroinvertebrados, el manantial LBG fue el sitio donde se registró una mayor cantidad de géneros y especies (nueve); los sitios PTR, TMC, CG1, y CG2 únicamente registraron un tipo de alga, del grupo de las nostocales (*Nostoc*, *Compactonostoc* y *Desmonostoc*). Por otro lado, tres sitios no registraron ningún tipo de crecimiento algal evidente: CMC, MLR y MES. Los géneros más recurrentes fueron *Nostoc*, presente en cuatro sitios; y *Spirogyra*, presente en tres sitios; la mayoría de los demás géneros y especies solo se encontraron en un solo sitio. De manera particular, CDC registra la mayor cantidad de algas verdes, LBG presenta la mayor cantidad de diatomeas y SNJ es el sitio que registra una mayor cantidad de algas rojas.

De manera conjunta, el sitio que registró una mayor diversidad de macroinvertebrados y algas macroscópicas es La Bodeguita, que de manera particular es el sitio con una menor calidad hidromorfológica total. Sin embargo, no se observó el mismo patrón en el caso contrario, pues los sitios con menor diversidad de macroinvertebrados no son los que registra la menor cantidad de comunidades algales. No se observa algún tipo de relación entre la presencia de organismos y la calidad hidromorfológica total, pues aunque esta última muestra valores distintos entre las estaciones de muestreo en promedio todos reflejan entre 11 y 12 familias.

Tabla 6. Integración de comunidades algales y ensambles de macroinvertebrados presentes por cada sitio. Estos últimos ordenados de acuerdo al promedio de calidad hidromorfológica total de las tres colectas, de menor a mayor.

SITIO	C. H. TOTAL	CALIDAD	COMUNIDADES ALGALES	COBERTUR A ALGAL (%)	MACROINVERTEBRADOS
LBG	71.5	Media	<i>Melosira varians.</i> <i>Spirogyra</i> sp1 <i>Chamaecalyx</i> sp** <i>Gomphonema capitatum</i> <i>Rhoicosphaenia</i> sp <i>Stauroneis acuta.</i> <i>Diatoma mesodon</i> <i>Suriella spiralis</i> <i>Pinnularia</i> sp	100%	Dugesiidae Oligochaeta Hirundinidae Hydrobiosidae Lepidostomatidae Limnephilidae Xiphocentronidae Baetidae Heptageniidae Nemouridae Perlodidae Canacidae Veliidae Asellidae Elmidae Dryopidae Chironomidae
PTR	78	Media	<i>Desmonostoc</i> sp.	100%	Dugesiidae Oligochaeta Hirundinidae Limnephilidae Helicopsychidae Glossomatidae Xiphocentronidae Baetidae Nemouridae Empididae Ephydriidae Chironomidae Asellidae

CMC	79	Media	Sin registro visual de algas macroscópicas	0%	DugesIIDae Oligochaeta Hyrundinae Limnephilidae Baetidae Nemouridae Empididae Chironomidae Simuliidae Ephydriidae Gerridae Dytiscidae Isotomidae
MLR	90.5	Óptima	Sin registro visual de algas macroscópicas	0%	DugesIIDae Oligochaeta Hirundinidae Hydrobiosidae Limnephilidae Lepidostomatidae Polycentropodidae Baetidae Heptageniidae Elmidae Chironomidae Simuliidae
CDC	90.5	Óptima	<i>Melosira varians</i> ** <i>Spirogyra</i> sp2 <i>Ulothrix</i> sp <i>Rhizoclonium</i> sp. <i>Oedogonium</i> sp. <i>Vaucheria bursata</i> <i>Nostoc</i> sp	40%	Hirundinidae Oligochaeta Glossomatidae Helicopsychidae Limnephilidae Polycentropodidae Baetidae Heptageniidae Perlodidae Chironomidae Tipulidae
SNJ	92.5	Óptima	<i>Hildenbrandia rivularis</i> Fase <i>Chantransia</i> <i>Nostoc</i> sp <i>Coleodesmium wrangelii</i>	26%	DugesIIDae Hirundinidae Oligochaeta Limnephilidae Lepidostomatidae Baetidae Perlodidae Tipulidae Dixidae Veliidae
TMC	93	Óptima			DugesIIDae Oligochaeta

			<i>Nostoc</i> sp.	1%	Tipulidae Lepidostomatidae Limnephilidae Philopotamidae Helicopsychidae Xiphocentronidae Heptageniidae Baetidae Nemouridae Sialidae Chironomidae
MES	93.5	Óptima	Sin registro visual de algas macroscópicas	0%	DugesIIDae Hirundinidae Oligochaeta Limnephilidae Hydrobiosidae Lepidostomatidae Helicopsychidae Xiphocentronidae Baetidae Heptageniidae Veliidae Elmidae Simuliidae Chironomidae Tipulidae Isotomidae Stenasellidae
PDC	96.5	Óptima	<i>Oedogonium</i> sp <i>Microspora</i> sp <i>Spirogyra</i> sp1 Fase de <i>Chantransia</i> <i>Chamaesiphon</i> sp**	93%	Oligochaeta Limnephilidae Polycentropodidae Xiphocentronidae Baetidae Chironomidae Ephydriidae Mesostigma
CG1	99	Óptima	<i>Nostoc</i> sp	40%	DugesIIDae Hirundinidae Helicopsychidae Limnephilidae Baetidae Perlodidae Dixidae Stenasellidae
CG2	102	Óptima	<i>Compactonostoc</i> , sp.	10%	DugesIIDae Hirundinidae Limnephilidae Baetidae Perlodidae Nemouridae

					Elmidae Chironomidae Stenasellidae Isotomidae
MMB	103	Óptima	<i>Placoma regulare</i> <i>Diatoma mesodon</i> <i>Luticola geoportiana</i>	10%	DugesIIDae Oligochaeta Hyrundinae Hydrobiosidae Lepidostomatidae Baetidae Tipulidae
LRA	110.5	Óptima	<i>Placoma regulare</i> <i>Cocconeis sp**</i>	1%	DugesIIDae Oligochaeta Limnephilidae Helicopsychidae Leptoceridae Glossomatidae Limnephilidae Polycentropodidae Hydrobiosidae Lepidostomatidae Baetidae Heptageniidae Nemouridae Chironomidae

Nota: Para la mayor parte de las algas colectadas, se distinguieron consorcios entre las mismas. Por lo que la cobertura porcentual algal corresponde a una estimación semicuantitativa, tomando como base el crecimiento algal macroscópico dominante que engloba la presencia de las diversas especies en el mismo cuadrante. Por otra parte, se distinguieron entre especies estructurales y especies asociadas, estas últimas son señaladas con dos asteriscos (**).

8.3. Análisis de resultados y discusión.

8.3.1. Red social de manejo social.

De acuerdo con los objetivos de la presente investigación y con los resultados obtenidos gracias a los códigos establecidos para el análisis de los discursos de los entrevistados, podemos dividir el análisis en tres aspectos fundamentales:

1. La comunidad de la Magdalena Atitic carece de organización local y formal para la extracción, distribución y consumo del agua proveniente de los manantiales, por lo que no se evidenció la existencia de una red social consolidada para el manejo local del agua en función

de los diferentes usos, intereses y necesidades de los locales. Esta comunidad ha extraído el agua directamente de los manantiales para consumo local a lo largo de generaciones sin algún tipo de organización o regulación formal y sin percibir esto último como un problema, acorde con esto y lo descrito por Jules en 2003 esto puede deberse a que las comunidades no siempre tienen el conocimiento para darse cuenta de que las acciones que llevan a cabo podrían ser perjudiciales para la misma o para el ecosistema en el que viven; en este caso particular la comunidad se ha manejado mayormente por “usos y costumbres” y no perciben que estas costumbres sean de alguna manera perjudiciales para el ecosistema pues así es como han existido a lo largo de las generaciones. Su preocupación principal es el río y es a donde se han enfocado los esfuerzos de conservación tanto local, como académica y gubernamental. El río ha sido objeto de mucha atención mediática en la Ciudad de México y esto también ha contribuido en cierta medida a que la comunidad enfoque sus esfuerzos en esa vía. Lo que sí fue factible detectar a través de los discursos recopilados, es la existencia de organización muy puntual de manera informal, donde el uso y distribución del agua de algunos manantiales depende únicamente de grupos muy específicos que se apropian del cuerpo de agua y se encargan de llevar a cabo el reparto y la distribución dentro de un grupo de personas en particular. Esta organización informal no se encuentra presente en todos los manantiales estudiados y tampoco cuenta con algún tipo de regulación por parte de la propia comunidad, ni con algún indicio sobre la presencia institucional que regule o funcione como mediadora de estos acuerdos internos que finalmente afectan la disponibilidad natural del agua a nivel de cuenca.

Dentro de esta microcuenca se evidencia el déficit tanto de capital social como de acciones colectivas locales y gubernamentales enfocadas hacia el manejo y conservación de los manantiales, sumado a la falta de autoridad local y a las relaciones de poder asimétricas, esto podría dificultar la conservación del recurso hídrico, incluídos los manantiales (Jules, 2003; Muradian y Cárdenas, 2015; Auer *et al.*, 2020), pues cuando una comunidad se encuentra dominada por la desconfianza o el conflicto, es poco probable que surjan acuerdos de cooperación (Jules, 2003).

2.2. La percepción de los entrevistados sobre la calidad ecológica de los manantiales se encuentra enfocada hacia la calidad del agua, de la cual aseguran es excelente y ven estos cuerpos de agua como algo de suma importancia para la comunidad (pues resultan ser la principal fuente de agua), a pesar de esto y aún cuando los resultados de la presente investigación pueden respaldar estos datos en la química del agua y las comunidades

biológicas, los sitios muestreados reflejan signos de degradación hidromorfológica y algunos de ellos (particularmente Potrero) ya presentan extracciones de agua importantes, así como intervenciones para la extracción del recurso hídrico evidenciado a través de la presencia de entubamientos que desvían casi en su totalidad el caudal del manantial. Retomando lo descrito por Jules en 2003, en diversas ocasiones las comunidades no perciben algunas de sus acciones como perjudiciales para los ecosistemas y esto podría ser una de las razones por las cuales la comunidad no contempla todos los factores que pueden estar ejerciendo presión sobre los cuerpos de agua; muchas de estas actividades locales tienen consecuencias negativas sobre el flujo del agua y sobre la naturalidad en términos morfológicos de los manantiales, aun así, se han mantenido dichas actividades que favorecen la extracción sin una regulación sobre el consumo y el acceso a los mismos.

3. Por otra parte, resulta importante mencionar que acorde con la Ley del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI)² de 2018, este debe trabajar de forma interdisciplinaria con diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como para las entidades federativas y municipios, con el fin de proporcionar una atención pertinente y de calidad a las comunidades indígenas. Enlistando en los capítulos II y III, se deben establecer sinergias de trabajo con diversas secretarías de gobierno, entre las que destacan: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, la Secretaría de Turismo, Secretaría de Bienestar, Secretaría de Economía, entre otras; por lo que aún cuando no tiene responsabilidad directamente sobre el agua proveniente de la microcuenca, sí la tiene para trabajar de manera conjunta con las secretarías encargadas de este recurso y las autoridades locales en *pro* de mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales, sin embargo, no se obtuvo mención en ninguna de las entrevistas sobre la presencia de este instituto, lo cual podría significar la falta de acompañamiento por parte de este hacia la comunidad.

En adición a esto, aunque algunas secretarías de gobierno fueron mencionadas por los entrevistados como la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Medio Ambiente, existe aún la falta de apoyo por parte de la iniciativa gubernamental tanto federal como estatal,

² **Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI):** Es la autoridad del Poder Ejecutivo Federal encargada de definir, normar, diseñar, establecer, ejecutar, orientar, coordinar, promover, dar seguimiento y evaluar las políticas, programas, proyectos, estrategias y acciones públicas, para garantizar el ejercicio y la implementación de los derechos de los pueblos indígenas (entre ellos el acceso al agua) así como su desarrollo integral y sostenible en los asuntos relacionados en desarrollar programas de formación y capacitación en todos los asuntos relativos a estos. Es deber del mismo instituto fomentar el desarrollo sostenible para el uso racional de los recursos naturales de las regiones y territorios indígenas, con pleno respeto a sus derechos, sin arriesgar o dañar el patrimonio de las generaciones futuras; así como garantizar la infraestructura necesaria para ello.

direccionada hacia la protección y manejo de los manantiales de la microcuenca pues acorde con lo descrito por los entrevistados, los programas de conservación del recurso hídrico se encuentran direccionados hacia el río, no se mencionó ninguno enfocado en los manantiales y la mayoría de estos programas consisten en la construcción de presas de gavión y las tinas ciegas para favorecer la retención de agua.

Como parte de las instituciones gubernamentales, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX³) se encuentra presente en torno a la planta potabilizadora instaurada dentro de la microcuenca, antes de esta zona debería haber presencia de otras secretarías e institutos gubernamentales (como la CONAGUA) que se encarguen de llevar a cabo el manejo del recurso hídrico en conjunto con las autoridades agrícolas y locales. Sin embargo y acorde con los discursos recabados, no parece existir un interés por parte de estas instituciones de gobierno para esclarecer cuáles son las competencias de cada una en torno al río y a los manantiales. Esto ha llevado a que *aguas arriba* exista una zona de indefinición de responsabilidades y atribuciones tanto federales como locales para el manejo y conservación de los manantiales, que propician un espacio de proliferación de actividades no reguladas y acuerdos de carácter informal para el aprovechamiento del agua de los manantiales, sin un sustento institucional que se apoye en la ley para regular el manejo y la distribución de agua proveniente de estos.

8.3.2. Sitios de muestreo y nutrientes.

La calidad del agua proveniente de manantiales puede variar mucho debido a factores como la calidad del agua almacenada en el manto acuífero y el tipo de rocas con las que el agua subterránea está en contacto de forma previa a la descarga (Cressler, s.f). Pues de manera general, las características químicas de los manantiales son el resultado de la interacción entre la roca y el agua que almacena por debajo del manto acuífero, mediante el proceso de lixiviación, sumado a las interacciones con el medio una vez realizada la descarga (Kresic y Stevanovic, 2010).

³ **Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX):** Sectorizado en la Secretaría del Medio Ambiente, tiene por objetivo prestar los servicios públicos de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y reutilización. Operar, mantener y construir la infraestructura hidráulica; explotar, usar, aprovechar las aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y la calidad para contribuir al desarrollo integral sustentable de la Ciudad. Además de crear los mecanismos más adecuados que permitan proporcionar los medios para lograr una eficiente distribución de los servicios hidráulicos en la Ciudad de México; y encargarse la modernización de los sistemas para su operación, soslayando la duplicidad de funciones al momento de ejercer las acciones en esta materia (SACMEX, s.f).

Según las características generales de los sitios de muestreo y lo descrito por Kresic y Stevanovic (2010), los manantiales y arroyos registrados en la presente investigación se clasifican como manantiales de “primer y segundo orden”; los primeros se caracterizan porque la descarga de agua es notoria a simple vista, proveniente de un punto expuesto; mientras que en los segundos, la descarga de agua no es notoria pero registra humedad visible, ubicándose debajo de material rocoso, vegetación o por parte de sedimentos.

Resulta importante mencionar que son cuerpos de agua relativamente pequeños, con velocidades de corriente y niveles de descarga bajos. En los que a la tasa y la longitud de la trayectoria de flujo afectan la cantidad de tiempo que el agua está en contacto con la roca madre y los sedimentos circundantes, lo cual determina la cantidad de minerales y nutrientes disueltos en el agua (Cressler, s.f). De manera natural, el agua proveniente de manantiales no registra una cantidad importante de nutrientes, de hecho únicamente se registra el sulfato dentro de la misma (Kresic y Stevanovic, 2010). Como parte de los resultados del presente trabajo, el promedio general obtenido para concentración de sulfatos fue de 5.39 mg/L, valor que se encuentra dentro del rango establecido por la NOM-127-SSA1-1994 (DOF, 2000) para uso y consumo humano, siendo el sitio LBG el único que se encuentra cerca del límite máximo permisible.

Por otra parte, ni el nitrógeno ni el fósforo forman parte de los nutrientes que de manera natural se encuentran en el agua de los manantiales, en general se consideran nutrientes agregados de manera posterior a la descarga, donde gracias a las interacciones con el ambiente la química del agua se ve modificada (Kresic y Stevanovic, 2010). Los resultados obtenidos para el nitrógeno en forma de amonio, nitritos y nitratos, aún se encuentran por debajo del límite permisible por la NOM-127-SSA1-1994 (DOF, 2000), la cual establece valores para amonio de 0.50 mg/L nitritos de 0.05 y nitratos por debajo de 10 mg/L (NOM-127-SSA1-1994 en DOF.,, 2000) mientras que los sitios se registraron promedios de 0.03, 0.004 y 0.04 mg/L respectivamente. Por lo que podemos inferir que de manera general los manantiales estudiados no presentan concentraciones de nutrientes nocivas para la salud de las personas que la consumen y acorde con lo publicado por Caro *et al.* (2021), tanto estos como sus afluentes siguen siendo seguros para el uso local. Aunque los sitios de muestreo no registraron actividades antropogénicas extensivas alrededor de los mismos, de manera particular existen sitios que se acercan a los límites permisibles (CG1, MES, TMC, CDC y LBG) (Figura 5). Esto puede deberse a la ubicación de cada uno de estos y a la accesibilidad de los mismos, pues los impactos de las actividades humanas influyen sobre las características fisicoquímicas de los manantiales; en particular, los nitratos se han encontrado relacionados a cuencas con una

fuerte influencia de urbanización y agricultura, situación que influye sobre la composición y estructura de la fauna acuática (Forero *et al.*, 2016). Aunque los sitios de muestreo no registraron presencia directa o intensiva de actividades humanas, sí se registró la presencia de basura orgánica e inorgánica en todos, así como heces de ganado que en caso de aumentar podrían dañar la calidad ecológica de los manantiales y afectar el potencial consumo humano, pues aún cuando los nutrientes se encuentran por debajo de los límites, no dejan de ser el resultado de contaminación por materia orgánica, aguas residuales, fertilizantes, etc., que se infiltran en las zonas de recarga del acuífero, incorporándose de manera directa al agua subterránea o al escurrimiento generado por la descarga directa del manantial (Fernández y Vázquez, 2006).

8.3.3. Hidromorfología.

La evaluación cualitativa/cuantitativa de la calidad hidromorfológica mostró que no había sitios sin ningún tipo de intervención antropogénica, pues en todos se evidenció la presencia de basura orgánica e inorgánica que puede estar relacionada con el acceso poco limitado de la mayoría de los sitios de muestreo. Además de esto, se observó la presencia de presas y tuberías en el área circundante a los manantiales; este tipo de infraestructura facilita la extracción y distribución del agua hacia los consumidores, por lo que aunado al análisis social, podemos afirmar que estos sitios son una fuente de consumo importante y directa para los pobladores locales.

De manera general la calidad hidromorfológica total de diez de los sitios se encuentra dentro del intervalo de “óptima”, de acuerdo con el protocolo utilizado. Por lo que podemos decir que en la mayoría de éstos, las perturbaciones antropogénicas no han causado aún impactos importantes o irreversibles. Sin embargo, de manera particular resaltan tres sitios que se encuentran en el intervalo de calidad media (LBG, PTR, CMC). Al observar los datos para cada una de las secciones del protocolo en estos sitios, se observó que la disminución en la puntuación total se debe a que son las estaciones de muestreo que presentan los valores más bajos en la segunda sección de este, la cual destaca los atributos relacionados con la presencia de presas, regímenes de velocidad y profundidad, alteración y estado del canal. Es decir que estos sitios son los que reflejan una mayor cantidad de intervenciones debido a las actividades relacionadas con la extracción directa del agua de los manantiales, lo cual es apreciable de mejor manera en el registro fotográfico en el que podemos observar la presencia de mangueras, tubos, estructuras de concreto e incluso construcciones más elaboradas como rejas de aluminio en el caso particular de La Bodeguita. Estas derivaciones y alteraciones

pueden estar relacionadas con las diversas actividades antropogénicas que dependen de dicha extracción, tales como: consumo personal de las comunidades locales, suministro de agua a diversos criaderos de truchas y ganado bovino, actividades silvopastoriles, áreas de pastizales y cultivos, entre otras; las cuales son prácticas comunes que han incrementado en los últimos años y que impactan negativamente la continuidad de los cuerpos de agua, así como las conexiones biológicas dentro de los mismos y que también modifican la vegetación de ribera (Carmona y Caro, 2017; Caro *et al.*, 2021). Aunado a ello, los manantiales CMC y PTR han sido reportados en estudios previos como fuentes de extracción de agua reconocidos y utilizados desde tiempo atrás por la comunidad local (Jujnovsky, 2003), lo cual es mencionado también en las entrevistas realizadas en la presente investigación. Como consecuencia, resultan ser los más afectados debido a que las alteraciones en éstos manantiales han sido constantes y de continuar así, podrían llevar a la disminución gradual de la calidad hidromorfológica de estos y de los demás sitios de muestreo.

8.3.4. Indicadores biológicos.

8.3.4.1. Macroinvertebrados.

Como parte de los resultados se obtuvo una mayor cantidad de larvas recolectadas en comparación con individuos adultos, habitáculos y estadíos interlarvarios; las cuales participan prácticamente en todos los procesos ecológicos dentro de los sistemas acuáticos (Springer, 2010; Springer *et al.*, 2010). De manera general, la mayoría de las familias colectadas presentaron un número bajo de individuos o se presentaron en pocos sitios (Tabla 6). Como se mencionó en los resultados, el orden Trichoptera fue el más diverso en número de familias (nueve) y el más abundante con respecto al número de individuos totales (482), también es resaltable que estuvo presente en prácticamente todos los sitios de muestreo durante todas las colectas. Por lo que éste orden podría ser considerado el grupo que mejor refleja las condiciones ambientales de los manantiales muestreados. Destacando las familias Limnephilidae y Helicopsychidae, que se registraron en la mayor cantidad de sitios y que de acuerdo con la literatura citada en la Tabla 4, su presencia en cuerpos de agua indica una buena oxigenación del sistema y poca turbidez, de igual forma son indicadores de aguas oligotróficas y esto resulta consistente con los resultados obtenidos en los parámetros físico-químicos (Springer, 2010; Springer *et al.*, 2010).

El segundo orden más representativo fue Ephemeroptera, que aunque sólo presentó dos familias en los sitios de muestreo (Baetidae y Heptageniidae), ambas resultaron ser muy

abundantes (320 individuos en total). De manera general se desarrollan en aguas frías y de latitudes elevadas. Las ninfas y larvas se encuentran predominantemente en arroyos fríos y de flujo rápido bien oxigenados (Gullan y Cranston, 2010). De manera particular, la familia *Baetidae* estuvo presente en todos los sitios durante todas las colectas, la cual es representativa de sitios con buena calidad ecológica, no toleran la contaminación de material orgánico ni bajas concentraciones de oxígeno disuelto, por lo que las condiciones de flujo son factores determinantes, también presentan asociaciones con microalgas y materia orgánica particulada (Merritt *et al.*, 2008).

Aunado a estos dos órdenes, Plecóptera también fue registrado en los sitios de muestreo presentando un número de individuos medio en comparación a los demás. Aunque su presencia se limitó a siete sitios es uno de los órdenes de mayor importancia de la entomofauna dulceacuícola. Es importante resaltar la presencia de las familias Nemouridae y Perlodidae ya que las larvas son sensibles a la degradación del hábitat e intolerantes a la contaminación orgánica y predominan en aguas frías, con valores de oxígeno disuelto cercanos a la saturación y correlacionados con buena y muy buena calidad del agua (Gullan y Cranston, 2010; Castillo *et al.*, 2013). Son los primeros en desaparecer de la comunidad macrobentónica cuando acontece alguna alteración natural o antrópica que repercute sobre algún otro factor físico-químico (Tierno de Figueroa y López, 2015).

Por lo que la presencia de estos tres órdenes al ser considerados los grupos más sensibles a los cambios del ambiente y que presentan asociación a aguas poco contaminadas, indica que la contaminación presente en los sitios de muestreo es relativamente insignificante, lo cual resulta consistente con los datos físico-químicos que presentaron la mayoría de los sitios de muestreo (Springer, 2010; Caro *et al.*, 2016; Rivera, 2017). Mientras que para los demás órdenes identificados como *Diptera* y *Hemiptera*, acorde con la literatura citada (Tabla 4) las familias registradas presentan tolerancias a condiciones ambientales muy diversas entre sí o ser cosmopolitas, sin presentar afinidad de calidad ecológica.

Por otra parte, los manantiales y arroyos estudiados mantienen similitudes con el río en términos de familias de macroinvertebrados; acorde con lo publicado por Carmona y Caro en 2017, Caro *et al.*, 2016 y Rivera, 2017; existen 37 familias reportadas en el río Magdalena, de las cuales 22 también fueron registradas en los sitios de muestreo; por lo que se comparte un 64.8% de estas entre el río y los manantiales de la presente investigación. Sin embargo, es importante destacar la presencia de familias que no se habían registrado antes en la microcuenca, tales son Isotomidae, Asellidae y Stenasellidae, estas últimas pertenecientes al orden Isopoda. Estos organismos habitan en la zona hiporreica de los cuerpos de agua y más

de la mitad de las especies descritas son habitantes obligatorios de las aguas subterráneas que se desplazan hacia la superficie (Thorp y Covich, 2010; Pérez y Edmond, 2001), por lo que su presencia en los manantiales del presente estudio, pueden ser el resultado de algún tipo de perturbación a nivel bentos en los sitios de muestreo donde fueron registrados. La mayoría de la información taxonómica para identificación requiere de revisiones pues no está homogeneizada a nivel mundial, pero de manera general y con la poca información ecológica que existe sobre estos organismos, podemos decir que son poco tolerantes a la contaminación, habitantes de aguas frías y templadas (Thorp y Covich, 2010). Por lo que su presencia en los sitios de muestreo respalda la información generada por los parámetros físicos y químicos. De manera particular se registraron individuos del orden isópoda en los sitios CMC, CG1, CG2, LBG, PTR y MES, los cuales comparten parámetros como las velocidades de corriente más bajas (con excepción de Potrero), valores de profundidad media-baja y pH entre valores de 5 y 6.

Por último, cabe resaltar la importancia de realizar una identificación taxonómica a niveles más especializados como género o especie en futuras investigaciones para poder disgregar de una mejor manera la respuesta de estos organismos ante las condiciones ecológicas de cada uno de los microhabitats generados en este sitio de muestreo.

8.3.4.2. Algas microscópicas.

Se registró una mayor abundancia y riqueza de diatomeas y cianobacterias, seguidas de algas verdes, rojas y verde-amarillas. La mayoría de los géneros y especies, fueron específicos de un solo sitio y se registró un gran número de asociaciones entre especies estructurales y acompañantes. Acorde con lo publicado por Cartajena *et al.* (2020), es probable que exista una interacción positiva entre las asociaciones de algas en general, aunque para determinar si este es uno de esos casos, se requiere una investigación al respecto más a fondo.

Por otra parte, existe una evidente dominancia por parte de las diatomeas en la composición algal del río Magdalena (Carmona *et al.*, 2018; Carmona *et al.*, 2019) lo cual ocurre de manera similar en los manantiales evaluados en la presente investigación, pues resultan ser el grupo más representativo de las estaciones de muestreo con tres géneros y seis especies; de las cuales la mayoría fueron registradas en un solo sitio y como especies acompañantes. Destaca la presencia *Melosira varians* en más de un sitio ya que ha sido descrita como indicadora de sitios en condiciones oligo-mesotróficas (Seguetto *et al.*, 2016; Spaulding, 2020); la mayoría

de las diatomeas colectadas respaldan estas condiciones de acuerdo con la literatura citada en la Tabla 5.

El segundo grupo más representativo fue el de las cianobacterias tanto en número de géneros como en abundancias, con seis géneros y dos especies (Tabla 5); aunque la mayoría de estas fueron específicas de un solo sitio. Este tipo de algas resultan muy importantes para los ecosistemas, pues se encuentran ampliamente relacionadas con la fijación de nitrógeno atmosférico y suelen reflejar preferencia por condiciones oligotróficas (Necchi, 2016). En los reservorios de agua limpia, no se observa predominio de algún género perteneciente a este grupo de algas y se tienen registros de que una gran diversidad de estas es el reflejo de una buena calidad en el agua donde habitan (Vizcaíno *et al.*, 2019). El género *Nostoc*, fue el más frecuente y abundante no solo de las cianobacterias sino de las algas en general; acorde con lo descrito por Nuñez *et al.* (2008) y Carmona *et al.*, (2019), éste género se establece en sitios con corrientes moderadas-elevadas, que presentan concentraciones bajas de fósforo y nitrógeno. Adicionalmente se registró la presencia del género *Desmonostoc*, la cual se encuentra relacionada con aguas que presentan condiciones oligotróficas-mesotróficas (Carmona *et al.*, 2018).

Como parte de los demás grupos de algas identificados se destaca la presencia del género *Spirogyra* en tres sitios, la cual se desarrolla en velocidades de corriente moderadas en sitios con calidad del agua relativamente limpia, en sistemas acuáticos de oligotróficos a mesotróficos (Withon y Brook, 2002; Necchi, 2016; Ruiz, 2017; Carmona *et al.*, 2019), por lo que generalmente se encuentra relacionada con una buena a muy buena calidad ecológica (Necchi, 2016; Ruiz, 2017).

De acuerdo con lo publicado por Carmona *et al.* (2016) y Carmona y Caro (2017), se han registrado 34 géneros de algas macroscópicas en el río Magdalena; mientras que en los sitios de muestreo se identificaron 13, por lo que se comparte un 38.2% de géneros entre estos. En términos de especies, se han colectado 35 en el río y cinco en los manantiales, en otras palabras se comparte un 14.2% de similitud entre ambos tipos de cuerpos de agua. La mayoría de éstas algas con valores indicadores de aguas en condiciones de oligotróficas a mesotróficas, en sitios relativamente bien conservados, incipientes de perturbaciones ambientales con aporte de nutrientes bajos y tolerantes a la presencia de nitrógeno y fósforo disuelto en agua (Tabla 5); lo cual resulta consistente con los valores obtenidos para los parámetros físico-químicos de la presente investigación. Adicionalmente, la biomasa de los organismos identificados (Tabla 5) es regulada en primera instancia por las variables hidrológicas (caudal y velocidad de la corriente) (Pedraza, 2011), las cuales resultan variables

resaltables ya que la disminución y/o interrupción del caudal puede ser tan importante como la contaminación del agua, por lo que la construcción de presas o el desvío del flujo de agua puede ser un elemento de perturbación que puede modificar radicalmente la dinámica del ecosistema de ribera y la riqueza del mismo. Adicionalmente, existen especies que no habían sido colectadas previamente en la microcuenca: *Hildenbrandia rivularis* y *Stauroneis acuta*, aunque esta última se encuentra reportada como una especie cosmopolita (Bahis, 2011), en el caso de la primera se ha reportado en sitios particularmente oligotróficos (Carmona *et al.*, 2001; Wehr y Sheath, 2003; Carmona, 2012), por lo que al no encontrarse presente en el río esto podría indicar que la calidad ecológica de los manantiales muestreados es mejor a la del río; por lo que estos cuerpos de agua son ecosistemas con condiciones ecológicas, dinámicas y microambientes distintos a los que pueden encontrarse en este último. Esta aparente riqueza de los manantiales, destaca nuevamente la importancia de su estudio y conservación.

8.3.5. Integración de los aspectos socio-ecológicos.

Para comenzar la integración de los datos, de acuerdo con la Tabla 6 la mayoría de los sitios de muestreo compartieron un número de familias de macroinvertebrados similar entre sí y reflejaron diferencias más abruptas con respecto a las comunidades algales y la cobertura de las mismas, aun cuando los valores para nutrientes y parámetros físico-químicos no presentaron variaciones importantes entre los sitios de muestreo. El sitio más diverso tanto en ensambles de macroinvertebrados como de comunidades algales fue La Bodega; este sitio es el que presenta la menor calidad hidromorfológica (media) y con ello, también los valores más bajos para velocidad de corriente, caudal y profundidad. Es importante destacar que la reducción en los valores de estas variables podría estar relacionado con la cantidad de impactos antropogénicos (como desviaciones, presas, etc.) a las que se encuentra sometido este manantial, las cuales resultaron mayores en comparación a las presentes en los demás sitios y por lo cual arroja un flujo de agua mínimo. Aunado a esto, es importante resaltar que uno de los factores que disminuyeron la calidad hidromorfológica de este sitio, fue que (a diferencia de los demás manantiales) este se encontraba cercado para evitar el acceso directo, por lo que de cierta forma se encontraba “protegido” de desechos y contaminación antropogénica o silvopastoril y es por ello que a pesar de ser el sitio con la peor calidad hidromorfológica, reflejó las concentraciones más bajas de amonio, nitritos, sólidos disueltos totales y salinidad, con concentraciones medias de NID y ortofosfatos. Por lo que podemos pensar que aun cuando no se encuentra en las mejores condiciones hidromorfológicas, al

tener el menor aporte de contaminantes es el más diverso en términos de comunidades biológicas.

El segundo sitio con una mayor diversidad de comunidades biológicas fue la Presa de Cieneguillas, aunque el número de estas se reduce considerablemente en comparación a la Bodega (Tabla 6). Las comunidades algales registradas en este sitio, comparten entre sí la afinidad por velocidades de corriente moderada-alta y la tolerancia a bajas concentraciones de nutrientes (Carmona *et al.*, 2019). Por último, el sitio Manantial Ermita San José registró el mismo valor de ensamblajes de macroinvertebrados que LBG pero no tuvo registro visible de comunidades algales. Esto puede deberse a que es uno de los sitios menos profundos y menos anchos, que registra de igual forma valores por debajo del promedio para velocidad de corriente y caudal. En cuestión de hidromorfología, aun cuando se encuentra en un valor muy cercano a PDC (óptima) y muy lejano a LBG (media), y pareciera que esta variable no resulta ser un factor determinante para la instauración de comunidades biológicas y la diferencia en el número de estas presentes en los sitios de muestreo, es importante resaltar que el protocolo utilizado para la evaluación de esta variable se encuentra diseñado para ríos, por lo que es necesario llevar a cabo una investigación con un protocolo para manantiales y de esta forma poder discernir mejor entre los sitios con una mejor o peor calidad hidromorfológica y así definir si esta es un factor determinante para las diferencias que presentan los manantiales en cuanto a las comunidades biológicas instauradas.

Esta diferencia en cuanto al número de ensamblajes de macroinvertebrados y comunidades algales, podríamos explicarla a través de la teoría del río continuo tomando en cuenta los manantiales como una región de cabecera que expone una gran cantidad de vegetación ribereña, la cual impide el paso de la luz hacia el sustrato generando un ambiente con poca luz que representa condiciones para algas con fotosistemas adaptados a ello (Meza, 2017), provocando que no existan coberturas visibles de estas, quienes a diferencia de los macroinvertebrados requieren de esta variable para subsistir. Adicionalmente, el enriquecimiento de nutrientes en el agua principalmente nitrógeno y fósforo estimula la proliferación inicial de perifiton (Meza, 2017), y los manantiales de la presente investigación destacaron por ser sitios con bajas concentraciones de nutrientes, por lo que no resulta extraño que la cantidad de comunidades algales sea baja. Aunado a esto las comunidades biológicas registradas en las estaciones de muestreo resaltaron tener un mejor desarrollo en aguas con velocidades de corriente de medias a bajas (tablas 4 y 5), tomando esto en cuenta así como los valores promedio obtenidos de VC y Q, podemos inferir que su presencia indica un nivel bajo de descargas de agua por parte de los manantiales; lo cual podría estar

relacionado con la falta de regulación para extracción y distribución del recurso hídrico por parte de la comunidad y la cantidad de intervenciones para la distribución local presentes en cada uno (hidromorfología). Retomando los resultados obtenidos para la hidromorfología, de manera promedio la sección correspondiente a la hidrología fue la parte más afectada dentro del protocolo, es decir que la presencia de modificaciones físicas en torno a la extracción (presas, mangueras, etc.) podría estar afectando los regímenes de velocidad, cantidad y profundidad del agua proveniente de los manantiales. Los entrevistados señalaron en múltiples ocasiones la importancia que tienen los manantiales para ellos, pero no percibían como un problema la falta de organización en torno al manejo, la extracción y la distribución del agua proveniente de estos cuerpos de agua. Esta falta de conciencia al respecto, es lo que ha permitido la instauración de diversas intervenciones para poder distribuir el recurso hídrico dentro de la comunidad y algunos de los entrevistados evidenciaron que sí ha habido una reducción en cuanto a la descarga de los manantiales. De continuar en aumento como ha sido durante los últimos años las actividades para canalizar, desviar y extraer sin medida el agua de estos cuerpos de agua eventualmente puede llegar a disminuir de manera alarmante no solo la calidad de la misma, sino también la cantidad de esta y con ello traer múltiples afectaciones: en primer lugar, a las comunidades biológicas pues la reducción de los caudales minimiza la capacidad de disolución y asimilación de nutrientes, materia orgánica y las sustancias tóxicas presentes en el agua, donde la respuesta biológica causada por la lentificación del caudal consiste en las alteraciones de los mecanismos de alimentación, movilidad y fisiológicos (como la reproducción) de las comunidades biológicas que dependen de este recurso (Meza, 2017), además, este tipo de alteraciones en la hidromorfología de los cuerpos de agua modifican el transporte de sedimentos y esto puede afectar la diversidad de macroinvertebrados y algas (Caro *et al.*, 2016); en segundo lugar a los pobladores de la microcuenca a través de la falta de agua para consumo local y como parte de sus actividades económicas en el futuro y en tercer lugar al ecosistema *per se* así como su capacidad de resiliencia.

9. Conclusiones.

El agua proveniente de los manantiales de la microcuenca del río Magdalena es aprovechada por la comunidad local de distintas formas y a pesar de ser un recurso que ha sido destinado a diversas actividades a lo largo de las generaciones, no existe una organización local de manera formal en torno al uso, distribución y manejo del agua proveniente de estos cuerpos

de agua, tampoco hay regulación para el acceso a los mismos. Existe cierto tipo de organización enfocada en la distribución del agua, pero esta ocurre en pequeños grupos y en pocos manantiales, por lo que no se encuentra estandarizada ni regulada por las autoridades locales o de gobierno. Aunado a esto, aún cuando se obtuvo mención sobre la presencia de algunas instituciones gubernamentales como la CONAGUA o la SEDEMA, no existen planes de manejo o conservación en torno a los manantiales de la microcuenca que se estén ejecutando con la participación de la comunidad Magdalena Atlitic. En adición a esto, podemos observar la falta de claridad existente entre las competencias que tiene la autoridad local, federal y la propia comunidad agraria en torno al manejo del recurso hídrico; esto afecta de manera directa a los manantiales, pues abre paso a una serie de arreglos informales entre algunos miembros de la comunidad y autoridades tanto locales como externas que si bien pueden llegar a funcionar un tiempo, debido al inevitable crecimiento urbano, estos acuerdos se pueden ver rebasados y junto a los cambios internos de autoridades locales en la comunidad (que permite los cambios e invalidaciones a estos acuerdos), se propicia la existencia de zonas donde ocurren actividades antropogénicas irregulares que pueden traer consecuencias negativas sobre los ecosistemas. De este modo se entorpece la acción colectiva, provocando que los esfuerzos para la conservación de los recursos naturales dentro de la microcuenca actualmente resulten insuficientes para proteger la integridad ecológica de los manantiales que proveen de múltiples servicios ecosistémicos a las comunidades locales y adyacentes, por lo que a pesar de no existir una obligación legal hacia la comunidad local para establecer un reglamento en torno al uso y aprovechamiento del agua proveniente de estos cuerpo de agua, sí es deseable la organización en torno a las demás actividades económicas y de consumo que se llevan a cabo a este nivel.

A pesar de los problemas en torno al uso y manejo del agua, los manantiales y arroyos estudiados en la presente investigación reflejan una calidad ecológica que destaca por permanecer dentro de las condiciones de oligotrofia, los sitios de muestreo reflejan signos de degradación hidromorfológica y algunos se encuentren cercanos a los límites permisibles para consumo humano establecidos por la NOM-127-SSA-1994 (DOF, 2000), por lo que a pesar de no presentar aportes importantes de nutrientes en la actualidad, si las presiones para extracción se mantienen constantes junto a la falta de regulación, estos podrían eventualmente sobrepasar dichos límites y en algún punto volverse nocivos para la salud tanto humana como del ecosistema y las comunidades biológicas que habitan en él, además de comenzar a agotar el recurso hídrico y la descarga proveniente de estos cuerpos de agua.

Por último, una propuesta para el manejo del agua proveniente de los manantiales a nivel comunitario dentro de la microcuenca incluye como primer paso el reconocimiento de los actores sociales involucrados en el manejo y extracción, para posteriormente llevar a cabo un censo de las actividades económicas y de consumo doméstico en torno a estos cuerpos de agua. Una vez identificadas hay que evaluar cuál es el impacto de cada una de éstas sobre la ecología e hidrología de los manantiales para determinar cuáles y de qué manera se pueden limitar para disminuir el impacto o incluso evitarlo. De esta forma comenzar una sinergia de trabajo a nivel local dentro de la comunidad, cada uno de los grupos sociales deben trabajar en conjunto y buscando el bien común, pues actualmente cada uno de ellos lleva a cabo actividades diferentes que benefician únicamente el uso individual; una vez que se conjunten los esfuerzos es necesario instaurar una red de monitoreo para dichas actividades y el estado ecológico de las estaciones de muestreo. Resulta vital monitorear las estaciones de muestreo y desarrollar un plan de manejo local alrededor de los manantiales tomando en cuenta la percepción y la participación de la comunidad en la planeación y ejecución del mismo como aliados estratégicos en la conservación de estos cuerpos de agua y del recurso hídrico en general; se requiere una sinergia entre éstos, el sector público, el sector privado y la academia para favorecer la acción colectiva dirigida hacia la conservación de estos cuerpos de agua. Adicionalmente a los objetivos de la presente investigación, es importante recalcar que aunque los manantiales muestreados comparten diversos géneros, familias y especies de organismos con el río, se registraron algunos que parecen ser exclusivos de manantiales. Por parte de los macroinvertebrados son las familias Asellidae y Stenasellidae, y por parte de las algas la especie *Hildenbrandia rivularis*, de la cual no existía registro dentro de la cuenca de México anteriormente (Carmona *et al.*, 2002; Carmona, 2019). Esto último destaca el potencial en términos de riqueza de especies que los manantiales podrían albergar de manera exclusiva en comparación con el río y con ello la importancia de la conservación y estudio para estos sitios.

Bibliografía

1. Abukari, H. Y Mwalayosi, B. (2020) Local communities' perceptions about the impact of protected areas on livelihoods and community development. ELSEVIER. Global Ecology and Conservation. DOI: 10.1016 / j.gecco.2020.e00909
2. Alberti, M. (1999) Modeling the urban ecosystem: a conceptual framework. Environment and Planning B Planning and Design. Vol. 26. 605 - 630 pp.
3. Amaya, C. (2005) El Ecosistema Urbano: Simbiosis Espacial entre lo Natural y lo Artificial. Revista Forestal Latinoamericana. Revista Forestal Latinoamericana. Vol. 37. 1 -16 pp.
4. Guiry, M. Y Guiry, G. (2021). *AlgaeBase*. Global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information. Publicación electrónica mundial, Universidad Nacional de Irlanda, Galway. Recuperado de: <https://www.algaebase.org/about/>
5. Bahls, L. (2011). *Stauroneis acuta*. En diatomeas de América del Norte. Publicación electrónica mundial. EPA. Recuperado de: https://diatoms.org/species/stauroneis_acuta.
6. Bennet, N. (2016) Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. Conservation Biology. Vol.30. 582 - 592 pp. DOI: [10.1111/cobi.12681](https://doi.org/10.1111/cobi.12681)
7. Broady, P. Y Ingerfeld, M. (1991) *Placoma regulare* sp. nov. (Entophysalidaceae, Cyanobacteria) from New Zealand streams. Phycologia. ResearchGate. Phycologia Vol.30. 547 - 55 pp. DOI: 10.2216/i0031-8884-30-6-547.1.
8. Bahls, L. (2016). *Encyonema silesiacum*. En diatomeas de América del Norte. Publicación electrónica mundial. EPA. Recuperado de: https://diatoms.org/species/encyonema_silesiacum.
9. Brown, B. (2010) Manual of Central American Diptera. A Publication of the National Research Council of Canada Monograph Publishing Program. NRC Research. Vol. 2. 746 pp.
10. Buendía, M., Tavera, M., Y Novelo, E. (2015) Florística y ecología de diatomeas bentónicas de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac. Sociedad Botánica de México. *Botanical Sciences* Vol. 93. No.3: 531-558 pp.
11. Bugledich, E. (1999) Zoological catalogue of Australia. Diptera, nematocera: Tipulidae. CSIRO Publishing. Vol.30. No.1. 627 pp.
12. Bürgi, M., Silbernagel, J., Wu, J., Y Kienas, F. (2014). Linking ecosystem services with landscape history. PERSPECTIVE. Landscape Ecol. Vol. 30. 11–20 pp.
13. Secretaría de Servicios Parlamentarios. (1992) Ley Agraria. Cámara de diputados del H.Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación. México. Última Reforma DOF 25-06-2018. 55 pp.
14. Secretaría de Servicios Parlamentarios. (2018) Ley del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación. México. 16 pp.

15. Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., Y Cox, E. (2012) Crane habitats, critical points for the conservation of freshwater biodiversity: towards an understanding of their ecology. The University of Chicago Press Journals. Freshwater Science, Vol.31, No 2. Recuperado de: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1899/11-1111.1>.
16. Cantoral, E., Carmona, J., González, G., Y Montejano, G. (1999) Algas indicadoras de la calidad del agua en el río Magdalena, delegación Magdalena Contreras. D.F. ResearchGate. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/286335531_Algas_indicadoras_de_la_calidad_del_agua_en_el_rio_Magdalena_Delegacion_Magdalena_Contreras_D_F
17. Carmona, J., Montejano, G., Y González, J. (2002) Taxonomy and distribution of freshwater *Hildebrandia* Nardo (Hildenbrandiales, Rhodophyta) in central Mexico. SciELO. *Revista hidrobiológica* Vol. 12. No 1.
18. Carmona, J., Montejano, G., Y Necchi, O. (2006) Ecology and morphological characterization of gametophyte and 'Chantransia' stages of *Sirodotia huillensis* (Batrachospermales, Rhodophyta) from a stream in central Mexico. Phycological Research. Vol. 54. 108 -115 pp.
19. Carmona, J., Perona, E., Sánchez, E., Y Loza, V. (2011) Morphological and ecological characterization of Batrachospermales (Rhodophyta) in the Jarama Basin, Iberian Peninsula. Asociación Ibérica de Limnología, Vol. 30. No 1. 117-128
20. Carmona, J. (2012) Las algas rojas (Rhodophyta) de agua dulce en la región central de México. Taxonomía y distribución. ELSEVIER. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/258030473_Las_algas_rojas_Rhodophyta_de_agua_dulce_en_la_region_central_de_Mexico_Taxonomia_y_distribucion
21. Carmona, J., Ramírez, R., Bojorge, G., González, B., Y Cantoral, E. (2017) Estudio del valor indicador de las comunidades de algas bentónicas: Una propuesta de evaluación y aplicación en el río Magdalena, Ciudad de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Vol. 32. No.2. 139-152 pp. DOI: 10.20937/RICA.2016.32.02.01
22. Carmona, J. Y Caro, A. (2017) The last peri-urban rivers of the Mexico Basin: establishment of potential reference conditions through the evaluation of ecological quality and biological indicators. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol 88. No. 02. 425-436 pp.
23. Carmona, J. Y Caro, A. (2017). La calidad ecológica de los ríos periurbanos de la Cuenca de México y el Distrito Federal. PDF Recuperado de: http://biomar.fciencias.unam.mx/Sobretiros/PUBLICACIONES_DIVERSAS/JAVIER_CARMONA_%20PUBLICACIONES/2.1%20CD%20Mexico%20JCJ-ACB.pdf
24. Carmona, J., Caro, A. Y Salinas, V. (2019). Diversidad e indicadores ecológicos en ríos de la Cuenca de México. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México. 174 pp.
25. Caro, A., Carmona, J., Y Mazari, M. (2016) Evaluation of ecological quality in peri-urban rivers in Mexico City: a proposal for identifying and validating reference sites using benthic macroinvertebrates as indicators. J. Limnol. Vol. 75. No.1: 1-16. pp DOI: 10.4081/jlimnol.2015.1304.
26. Caro, A. Carmona, J. Y Figueroa, F. (2020). Water resources conservation and rural livelihoods in protected areas of central Mexico. ELSEVIER. Journal of Rural Studies Vol. 78. 12 -24 pp.

27. Caro, A., Carmoja, J., Rivera, K., Y Bieber, K. (2021) The effects of urbanization on aquatic ecosystems in peri-urban protected areas of Mexico City: The contradictory discourse of conservation amid expansion of informal settlements. ELSEVIER. Vol.102.
28. Castañeda, V. (2020) Evaluación ambiental y perspectivas locales de los manantiales de la cuenca del Río Magdalena, Ciudad de México, México. (Tesis de Licenciatura), UNAM. Ciudad de México..
29. Castaño, G., Pool, L., Y Vargas, J. (2004) Feeding habits of Collembola and their ecological niche. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología Vol.75. Número 1: 135-142 pp. Recuperado de: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/38728>
30. Castillo, G., Zuñiga, M., Y Bacca, T. (2013) The order Plecoptera (Insecta) of Nariño department, Colombia. Revista Colombiana de Entomología. Vol. 39. No. 2. 229-236 pp.
31. Cartajena, M., Carmona, J., Y Perona, E. (2020) Ecological, taxonomic and distributional aspects of benthic cyanobacteria in five streams of central Mexico. Act. Bot. Mex No.127 Pátzcuaro.
32. Cazorla, D. (2017) Catálogo de Tipulomorpha (Díptera: Tipulidae-Limoniidae) de Venezuela, con el registro de Brachypremna spp., Gonomyia spp. Y Dicranomyia spp. En el estado Falcón. ResearchGate. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/321529492_CATALOGO_DE_TIPULOMORPHA_DIPTERA_TIPULIDAE-LIMONIIDAE_DE_VENEZUELA_CON_EL_REGISTRO_DE_Brachypremna_spp_Gonomyia_spp_Y_Dicranomyia_spp_EN_EL_ESTADO_FALCON_CATALOGUE_OF_TIPULOMORPHA_DIPTERA_TIPULIDAE-LI
33. CONABIO (s.f) EncicloVida, Buscador de especies de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Portal en línea de México. Recuperado de: <https://enciclovida.mx/>
34. Colbo, M. Y Moorhouse, D. (1980) The ecology of pre-imaginal simuliidae (Diptera) in South-East Queensland, Australia. SpringerLink. Hydrobiology Vol. 63. 63-79 pp.
35. Cortés, A., Arizabalo, R., Y Rocha, R. (1989). Estudio Hidrogeoquímico isotópico de manantiales en la Cuenca de México. Revista de la Unión Geofísica Mexicana, Instituto de Geofísica, UNAM. Vol. 28. No. 2. 265-282 pp.
36. Cressler, A. (s.f). Springs and the Water Cycle. USGS. Science for a Changing World. School of Water Science. Recuperado de: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/springs-and-water-cycle?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
37. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1992) Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. México. 23 pp.
38. Domínguez, E. Y Fernández, H. (2009) Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia

39. Dourojeanni, A. Y Jouravlev, A. (1999) Gestión de Cuencas y ríos vinculados a centros urbanos. CEPAL. Recuperado de: <https://agua.org.mx/biblioteca/gestion-cuencas-rios-vinculados-centros-urbanos/>
40. Duviard, D. Y Blanchet, F. (1983) Studies by trapping of the Empididae (Diptera) of crushed household refuse spread on an Ulex heathland of Central Brittany . E. R. A. 798, Station Biologique de Paimpont, Université de Rennes I, 35380 Plélan-le-Grand, France P. I. R. E. N., Observatoire de Paimpont. Acta CEcologica @col. Applic., 1983, Vol. 4. No. 2. 109-121 pp.
41. FAO (2009) Glossary on Organic Agriculture. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome. Recuperdo de: <https://www.fao.org/organicag/oag-glossary/es/>
42. Fernández, M. Y Taset, Y. (2006) Origin of nitrate (NO₃) and nitrite (NO₂) and their influence in the potability of the underground waters. Revista de Minería y Geología. Vol 22. No.3. 1-9 pp.
43. Flowers, P. Y Hilsenhoff, W. (1975) Heptageniidae (Ephemeroptera) of Wisconsin. The Great Lakes Entomology Vol 08. Recuperado de: <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol8/iss4/5>
44. Forero, A., Gutiérrez, C., Y Florez, G. (2016) Composition and structure of the Baetidae family (Insecta: Ephemeroptera) in a Colombian Andean basin. Hidrobiológica. Vol.26. No.3. 459-474 pp.
45. Gastezzi, P. Y Alvarado, V. (2017). La importancia de los ríos como corredores interurbanos. Biocenosis, ResearchGate. Vol 31. No.2. 1-2 pp. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/315757950>.
46. Guiry, M., John, D., Rindi, F., Y McCarthy, T. (ed) (2007) Nueva encuesta del volumen de la isla de Clare: Las algas terrestres y de agua dulce. Real Academia Irlandesa. Recuperado de: https://wikitoshare.com/es/Clare_Island
47. Guiry, M. Y Guiry, G. (2020). *AlgaeBase* .Global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information. Publicación electrónica mundial, Universidad Nacional de Irlanda, Galway. Recuperado de: <https://www.algaebase.org/about/>
48. González, A., Vallarino, A., Y Pérez, C. (2014) Bioindicadores. Guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Ciudad de México. Recuperado de: <https://agua.org.mx/biblioteca/bioindicadores-guardianes-nuestro-ambiental/>
49. Gonzáles, M., Uñiga, M., Giraldo, P., Ramírez, P., Y Chará, J. (2020) Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleoptera) a la perturbación del hábitat y la calidad fisicoquímica del agua en ambientes lóticos de los Andes colombianos. Revista de Biología Tropical. Vol. 68. No. 2. 601-622 pp. ISSN-0034-7744
50. González, S. Y Ramírez, P.(2016) Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de manizales. Boletín científico. Centro de museos, Museo de Historial Natural. Vol. 16. No. 2. 135-148 pp.
51. Gullan, P. Y Cranston, P. (2010) The Insects an outline of entomology, fourth edition. Wiley-Blackwell. Department of Entomology, University of California, Davis, USA & Research School of Biology, The Australian National University, Canberra, Australia. Wiley-Blackwell. 584 pp.
52. Guiry, MD. Y Guiry, GM. (2008). " *Cylindrospermopsis* ". *AlgaeBase*. *AlgaeBase* .Global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information. Publicación electrónica

mundial, Universidad Nacional de Irlanda, Galway. Recuperado de:
<https://www.algaebase.org/about/>

53. Gutiérrez, P. (2010) Plecoptera. Revista de Biología Tropical. SciELO. Vol 58. Recuperado de:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800006
54. Gutiérrez, P. Y Pérez, D. (2010) Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador. ResearchGate, disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/261948854_Guia_ilustrada_para_el_estudio_ecologico_y_taxonomico_de_los_insectos_acuaticos_inmaduros_del_Orden_Odonata_en_El_Salvador/link/02e7e535fd8720e4f0000000/download
55. Holzenthal, R., Blahnik, R. Prather, A., Y Kjer, K. (2007). Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy. ZOOTAXA. 1-768 pp
Recuperado de www.mapress.com/zootaxa/. ISSN 1175-5326
56. Hrouzek, P., Lukesova, A., Mares, J., Y Ventura, S. (2013) Description of the cyanobacterial genus *Desmonostoc* gen. nov. including *D. muscorum* comb. nov. as a distinct, phylogenetically coherent taxon related to the genus *Nostoc*. Fottea, Olomouc. Vol. 13. No.2. 201–213 pp..
57. Macroinvertebrates (s.f) Macroinvertebrates of Eastern North America, database of taxonomic information. Portal en línea. Recuperado de: <https://www.macroinvertebrates.org/taxa-characters>
58. Mascagni, A. Y Meloni, C. (2011) Georissidae, Elmidae, Dryopidae, Limnichidae and Heteroceridae of Sardinia (Coleoptera). CNBFVR conservazione habitat inverteBrAti Vol. 5. 389–405 pp.
59. Mazari, M., Ortiz, G., Orta, T., Vargas, F., Tapia, M., Solano, R., Silva, M., Yañez, I., López, Y. Y Díaz, C. (2014). Final opportunity to rehabilitate an urban river as a water source for Mexico City. PLOS, one. Vol.9. No.7.
60. Menéndez, J. (s.f) Flora y Fauna, *Algas. Asturnatura.com* Blog en línea. ISSN 1887-5068. Recuperado de <https://www.asturnatura.com/genero/vaucheria.html>..
61. Merrit, R., Cummins, K., Y Berg, B. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America, 4ed. Kendall Hant, Dubuque. Vol. 50. No. 1. 1158 pp. DOI: 10.2307/1467288
62. Meza, D. (2017) Análisis del régimen de caudal del río Ayuquila-Armería. (Tesis de doctorado en ciencias en ciosistemática, ecología y manejo de recursos naturales agrícolas). Universidad de Guadalajara. México.
63. Millán, A., Montes, C., Gil, E., Y Soles, G. (1990) Los coleópteros acuáticos (Dryopidae & Elmidae) de la Cuenca del Río Segura (S.E. España). Anales de Biología. Vol. 16, No.15. 23-31pp. ResearchGate, disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/27338098_Los_coleopteros_acuaticos_Dryopidae_Elmidade_la_Cuenca_del_Rio_Segura_SE_Espana
64. Molano, F., Morales, I., Y Serrato, C. (2008) Classification And Habitats Of Gerridae (Heteroptera - Gerromorpha) In Colombia. Acta biol. Colomb., Vol. 13 No. 2. 41 - 60 pp. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/262458915_Classification_And_Habitats_Of_Gerridae_Heteroptera_-_Gerromorpha_In_Colombia

65. Mora, D., Carmona, J., Y Cantoral, E. (2015) Epilithic diatoms in the Upper Laja River Basin, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol. 86. No.4 1024-1040 pp. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/285176032_Epilithic_diatoms_in_the_Upper_Laja_River_Basin_Guanajuato_Mexico
66. Morales, S. Y Salazar, M. (2012) Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). *Luna Azul*. Vol 35. ISSN 1909-2474. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n35/n35a02.pdf>
67. Morett, C. Y Cosío, C. (2017) Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *SciELO. Adric, soc, desarrollo* Vol.14. No.1. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000100125
68. Mosquera, Z. Y Sánchez, P. (2019) Aquatic diptera in the department of Chocó, Colombia. Disponible en: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/684/623>
69. Munari, L. Y Mathis, W. (2010) World Catalog of the Family Canacidae (including Tethinidae) (Diptera), with keys to the supraspecific taxa Dedicated to the memory of our friends and colleagues. *Zootaxa*. 1-84 pp. ResearchGate, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263656143_World_Catalog_of_the_Family_Canacidae_including_Tethinidae_Diptera_with_keys_to_the_supraspecific_taxa_Dedicated_to_the_memory_of_our_friends_and_colleagues
70. Muñoz, M. Y Vélez, I (2007) Redescription and some ecological aspects of *Girardia tigrina*, *G. camelia* & *G. paramensis* (DugesIIDae, Tricladida) in Antioquia, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Vol. 78: 291- 301 pp
71. Muradian, R. Y Cárdenas, J. (2015) From market failures to collective action dilemmas: Reframing environmental governance challenges in Latin America and beyond. *ELSEVIER. Ecological Economics*. Vol.120. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2015.10.001
72. Necchi, O. (2016) *River algae*. Springer. Swinzerland. 287 pp.
73. Nel, J., Le Maitre, D., Roux, D., Volcin, C., Smith, J., Smith, L., Maherry, A, Y Sitas, N. (2017) Strategic water source areas for urban water security: Making the connection between protecting ecosystems and benefiting from their services *ELSEVIER.. Ecosystem Services*. Vol.28. 251-259 pp. DOI: doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.013
74. DOF (2000) Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano". Secretaría de Salud. México. Recuperado de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=22/11/2000
75. Nuñez, M., Marciales, J., Y Beltrán, M. (2008) *Microalgas acuáticas. La otra escala de la biodiversidad en la Amazonia Colombiana*. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. SINCHI
76. Ladrera, R. (2012) Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental*. No. 39.
77. Ivkovic, M. Y Horvat, B. (2007) Aquatic Dance flies (Diptera, Empididae: Clinocerinae, Hemerodromiinae) of the River Cetina. Vol.16. No. 3 ResearchGate. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/256708176_Aquatic_Dance_flies_Diptera_Empidida

e_Clinocerinae_Hemerodromiinae_of_the_River_Cetina.

78. Zamora, I. (2013) Los puentes rotos de la acción colectiva. Participación social en la recuperación de ríos urbanos. El caso del río Magdalena en la Ciudad de México. (Tesis de doctorado en sociología). Facultad latinoamericana de ciencias sociales. SEDE, Académica de México. México. Ciudad de México.
79. Jüttner, I., Reichardt, E., & Cox, E. J. (2004). Taxonomy and ecology of some new gomphonema species, common in himalayan streams. *Diatom Research*. Vol. 19. No.2. 235-264 pp. DOI:10.1080/0269249x.2004.9705873.
80. Ujnovsky, J. (2006) Servicios ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. (Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas). Facultad de Ciencias, UNAM, México. 75 pp.
81. Ujnovsky, J., Almeida, L., Bojorge, M., Monges, Y., Cantoral, E., Y Mazari, M. (2010) Hydrologic ecosystem services: water quality and quantity in the Magdalena River, Mexico City. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. CDMX. *Hidrobiológica*. Vol.20. No.2. 113-126 pp
82. Ujnovsky, J., Gonzalez, T., Cantoral, E., & Almeida, L. (2012) Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City. *Springer Science+Business Media, LLC*. Vol. 39. 690-702 pp.
83. Ujnovsky, J., Galván, L., Y Mazari, M. (2014) Forest Protected Areas: The case of the Contreras glen forest. Ciudad de México. *Investigación ambiental*. Vol. 5 No.2. 65-75 pp. Recuperado de: <https://www.claraboya.com.mx/storage/app/media/docpub/magdalena/art/Ujnovskyet%20al2014.pdf>
84. Jitkang, S., Sawangproh, W., Kuvangkadilok, C., Baimai, V., Y Adler, P. (2020) Ecology of blk flies (Diptera: Simuliidae) in streams of northern and southern Thailand: Factors associated with larval and pupal distributions. *ELSEVIER*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105357> Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001706X19317000>.
85. Jules, P. (2003) Social Capital and the Collective Management of Resources. *SCIENCE*. Vol. 302. 1912 - 1913 pp.
86. Keiper, J., Waton, W., Y Foote, B. 2002) Biology and ecology of higher diptera from freshwater wetlands. University of California, Riverside Library. *Annu.Rev.Entomol*. Vol 47. 207-232 pp.
87. Komárek, J., Kastovsky, J., Mares, J., Y Johansen, J. (1992) Placoma, ecology and distribution. *CyanoDB, Preslia*. 86. 295-335 pp. Blog en línea. Recuperado de: http://www.cyanodb.cz/#/_Placoma.
88. Kresic, N. Y Stevanovic, Z. (2010) Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability. Elsevier Inc. USA. 565 pp.
89. Kondratieff, B. Y Resse, J. (1980) Life History and Ecology of *Stenonema modestum* (Banks) (Ephemeroptera: Heptageniidae) in Virginia, USA. *Aquatic.Insect*. Vol. 2. No.2. 17-189 pp. ResearchGate. DOI: 10.1080/01650428009361026
90. Ortiz, R. (2017) Calidad Hidromorfológica de la Cuenca de México. Una propuesta metodológica para reconocer la calidad de ecosistemas de Ribera. Tesis de posgrado UNAM.

México.

91. Olmos, V. (2011) Medio ambiente y comunidad en la Magdalena Atlitica. (Tesis de posgrado en desarrollo rural). UAM. México, Ciudad de México.
92. Padilla, N. Y García, P. (2013) Analysis of the Geographical Distribution of Gerridae (Hemiptera, Gerromorpha) in the Andes of Southwestern Colombia. Universidad de Colombia. Acta Biológica Colombiana. Vol. 18. No.2. 381-390 pp.
93. Pedraza, A. (2011) Diversity and distribution of diatoms in a mountain stream of the Colombian Andes. Caldasia. Vol.33. No.1. 177-191 pp. ResearchGate. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236031047_Pedraza_Donato_DIVERSIDAD_Y_DISTRIBUCION_DE_DIATOMEAS_EN_UN_ARROYO_DE_MONTANA_DE_LOS_ANDES_COLOMBIANOS_Diversity_and_distribution_of_diatoms_in_a_mountain_stream_of_the_Colombian_Andes.
94. Pérez, M. Y Edmond, M. (2001) Distribution and Ecology of Isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) of the Pacific Coast of Mexico. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/228542270_Distribution_and_Ecology_of_Isopods_Crustacea_Peracarida_Isopoda_of_the_Pacific_Coast_of_Mexico
95. Pérez, R., Saldaña, A., Badillo, A., Y Vicente, V. (2003) Ecological data about Dytiscidae e Hydrophilidae (Insecta: Coleoptera) from three reservoirs of Tlaxcala, México. Revista Sociológica Mexicana de Historia Natural. 3ra época, Vol.1. REV.SOC.MEX.HIST.NAT 3a Época. Vol.I. 57-67 pp.
96. Pinder, L. (1986) Biology of freshwater chironomidae. Biological Association, River Laboratory, East Stoke, Wareham, Dorset, BH20 6BB England. Ann. Rev. Entomol. Vol.31. No.1 1-23pp. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/biota/v19n1/0124-5376-biota-19-01-00070.pdf> Freshwater
97. Ramos, A., Jujnovsky, J., Y Almeida, L. (2018) The relevance of stakeholders' perceptions of ecosystem services in a rural-urban watershed in Mexico City. ELSEVIER. Ecosystem Services. Vol.34. 85-95 pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.10.003>
98. Rojas, D., Reinoso, G., Y Vásquez, R. (2018) Spatial and temporal distribution of aquatic Diptera (Insecta: Diptera) in the Alvarado River basin, Tolima, Colombia. ScieLO. DOI: <https://doi.org/10.21068/c2018.v19n01a05>. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221204161730548X>
99. Registro Agrario Nacional. (2000) Tenencia de la tierra. Límites aproximados y sin validez oficial, escala 1:50 000. NAD_27_ UTM_Zone_14N. México.
100. Reiss, M. Y Chiffard, P. (2017). An Opinion on Spring Habitats within the Earth's Critical Zone in Headwater Regions. Water. Department of Geography, Philipps-Universität Marburg, 35037 Marburg, Alemania. Vol.9 No.9.MDPI. DOI:<https://doi.org/10.3390/w9090645> Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/9/645>
101. Rivera, I. (2017) Efecto de las actividades humanas y políticas públicas en el socio-ecosistema de la microcuenca del río Magdalena. (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
102. Ruiz, M. (2017) La spirogyra, un alga microscópica. Blog en línea, Recuperado de: <http://reporteroescolar.unir.net/2017/las-logroyabas/noticias/la-spirogyra-un-alga->

103. SACMEX (s.f) Acerca del SACMEX. Misión, visión y objetivos. Portal en línea, Recuperado de: <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/organo-descentralizado/acerca-sacmex#:~:text=El%20Sistema%20de%20Aguas%20de%20la%20Ciudad%20de%20M%C3%A9xico%20est%C3%A1,de%20aguas%20residuales%20y%20reutilizaci%C3%B3n>.
104. Seghetto, M., Izabel, P. Y Ludwig, T. (2016) Táxons de *Melosira* (Diatomeae) para o rio Iguaçu, sul do Brasil. Biota Neotrop. Vol.16 No.4 Campinas. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0249>
105. Shimano, Y., Cardoso, M. Y Juen, L. (2018) Ecological studies of mayflies (Insecta, Ephemeroptera): Can sampling effort be reduced without losing essential taxonomic and ecological information. Biodiversity and conservation. Acta Amaz. Manaus. Vol.48 No.2
106. SMA (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal). (2012). Programa de rescate integral de los ríos Magdalena y Eslava, Ciudad de México, México. 3-10 pp.
107. Smith, S., Dupont, C., McCarthy, J., Brodrick, J., Oborník, M., Horák, A., Füssy, Z., Kleessen, S., Zheng, H., McCrow, J., Hixson, K., Nunes, A., Fernie, A., Nikoloski, Z., Palsson, B., Y Aleen, A. (2019) Evolution and regulation of nitrogen flux through compartmentalized metabolic networks in a marine diatom. Nature Communications. Nat Commun Vol.10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12407-y>
108. Spaulding, S. (2020) How and where do diatoms live: autecology tags. Blog on line, Recuperado de: <https://diatoms.org/practitioners/how-and-where-do-diatoms-live-autecology-tags>
109. Springer, M. (2010) Tropical Biology Journal, Cap.07, Trichoptera. Revista Biológica Tropical. Vol.58. SciELO. On-line version ISSN 0034-7744. Recuperado de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800007.
110. Springer, M., Cervantes, L., Y Aguilar, Z. (2010) Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Trichoptera en El Salvador. Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 47 pág.
111. Sumanrao, A. Y Tukaram, V. (2015) Ecology and Ethology of Crane fly, *Tipula paludosa* Meigen (Tipulidae: Diptera). BioLife. Department of Zoology, Shivaji University, Kolhapur 416 004
112. Tierno de Figueroa, J. Y López, M. (2015) Orden Plecoptera, clase insecta. Ibero Diversidad Entomológica. Revista IDEA - SEA. No.43. 1-14 pp.
113. Thorp, J. Y Covich, A. (2010) Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, third edition. Aquatic Ecology Series. Third edition. Academic Press. United States of America.
114. Thorp, J. Y Covich, A. (2019) Freshwater invertebrates. Chapter 16: Phylum Arthropoda: Malacostraca. 291-711 pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385028-7.00016-0>. ScienceDirect. Recuperado de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123850249000228>.

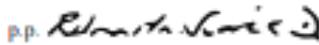
115. Van Dam, H., Mertens, A., Y Sinkeldam, J. (1994) A Coded Checklist and Ecological Indicator Values of Freshwater Diatoms From the Netherlands. ResearchGate, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/225988258_A_Coded_Check_List_and_Ecological_Indicator_Values_of_Freshwater_Diatoms_From_the_Netherlands
116. Vinçon, G. Y Ravizza, C (2005) A review of the French Protonemura (Plecoptera, Nemouridae). International Journal of Limnology. Eoo Sciences. Ann. Limnol. - Int. J. Lim. Vol. 41. No.2, 99-126 pp.
117. Vizcaíno, A., Becerra, C., Ruíz, M., Godínez, L., Y Parra, M. (2019) Biodiversity of phytoplankton and water quality, a global challenge. Revista Latinoamericana del Ambiente y las Ciencias Vol. 10. No. 3. 205-216 pp.
118. Walter, K., Gudder, D., Y Mollenhauer, D. (1995) The Ecology of Nostoc. Journal of Phycology. Vol.31. No.1. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0022-3646.1995.00002.x>.
119. Wehr, J., Sheath, R., Y Kociolek, P. (2003) Freshwater algae of North America. Second edition. Ecology and classification. Academic Press. United States of America..
120. Whitton, J., David, J., Y Brook, A (2002). *La flora de algas de agua dulce de las islas británicas*. Prensa de la Universidad de Cambridge, Cambridge. 635-663 pp.
121. Zamora, I. (2013) Los puentes rotos de la acción colectiva. Participación social en la recuperación de ríos urbanos. El caso del río Magdalena en la Ciudad de México. (Tesis de doctorado en investigación en Ciencias Sociales). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. México, Ciudad de México.
122. Zamora, I., Mazari, M., Y Almeida, L. (2017) Indicators system for urban river restoration. The Magdalena river case, Mexico City. Multidisciplinary Scientific Journell, Acta Universitaria. Vol.27. No.6

ANEXOS

Anexo I. Registro aprobatorio de tesis.

FORMATO PARA REGISTRO DE OPCIÓN DE TITULACIÓN (BIOLOGÍA)

Este documento puede ser llenado en computadora utilizando Acrobat Reader

OPCIÓN SOLICITADA		
<input type="checkbox"/> TESIS	<input type="checkbox"/> TRABAJO PROFESIONAL	
<input type="checkbox"/> ACTIVIDAD DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN	<input type="checkbox"/> ESTUDIOS DE POSGRADO	
<input type="checkbox"/> SEMINARIO DE TITULACIÓN		
DATOS DEL ESTUDIANTE		
Martínez	Moreno	María Fernanda
Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre(s)
BIOLOGÍA		314319476
Cámara		Número de cuenta
57509610		5547790825
Teléfono domicilio	Teléfono oficina	Teléfono celular
mariafm@ciencias.unam.mx		azuufeer@gmail.com
Correo electrónico 1		Correo electrónico 2
DATOS DEL TUTOR		
Doctora	Angela Piedad	Caro
		Borrero
Grado	Nombre(s)	Apellido Paterno
		Apellido Materno
Laboratorio de Ecosistemas de Ribera, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, de la Facultad de Ciencias, UNAM		
Dependencia UNAM o empresa en la que trabaja		
5535103873	55224800	5535103873
Teléfono domicilio	Teléfono oficina	Teléfono celular
angelacaro@ciencias.unam.mx		angelacaro23@gmail.com
Correo electrónico 1		Correo electrónico 2
DATOS DE LA INSTITUCIÓN EN LA QUE LLEVÓ A CABO EL TRABAJO PROFESIONAL O EL SERVICIO SOCIAL		
Laboratorio de Ecosistemas de Ribera, Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias, UNAM.		27 de Agosto 2019 a 31 de Marzo de 2020
Institución		Periodo en el que realizó la actividad
TÍTULO TENTATIVO DEL TRABAJO ESCRITO		
Manejo local del agua en manantiales y arroyos de la microcuenca del Río Magdalena. Ciudad de México, México.		
FIRMAS		
		
Firma del Alumno		Firma del Tutor
DICTAMEN		
APROBADO ()	p.p. 	Para todas las opciones de titulación, este registro debe entregarse junto con el proyecto y los documentos probatorios indicados en la sección "Anexos"
CONDICIONADO ()	Dr. Juan José Morrone Lupi Coordinador del Comité Académico de la Licenciatura en Biología	
RECHAZADO ()		

Anexo II. Protocolo HYQI para la evaluación de la calidad hidromorfológica, Ortiz 2017.

1. Componentes físico-químicos de los ríos de la Cuenca de México/CuMeFQ

Nombre de la subcuenca		Localidad					
LN		Fecha			Hora		
LO		Altitud					
Completaron la forma (nombres)							
Parámetros del agua							
Físicos	Temperatura del agua (°C)						
	Conductividad específica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)						
	Oxígeno Disuelto(OD)/ Saturación de Oxígeno (SO)						
	Aforo ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)						
Químicos	pH						
	Fósforo (mg L^{-1})						
	Nitrito (mg L^{-1})						
	Nitrate (mg L^{-1})						
	Amonio (mg L^{-1})						
Sustrato inorgánico (% de composición en el área muestreada)	Rocas						
	Canto (64-256 mm)						
	Grava (2-64 mm)						
	Arena (0.06-2 mm)						
	Arcilla (0.004 mm)						
Vegetación de ribera	Tipo de bosque			Forma de vida dominante			
	<i>Abies</i>	<i>Pinus</i>	Mixto	árbol	arbusto	pasto	hierba
Agregar fotografías del tramo que se evaluó							

Parámetro	Óptimo	Medio	Malo	Pobre
I. CUENCA				
1. 1. Cobertura vegetal (Nativa)*	Más del 70% de la cobertura vegetal de la zona de ribera compuesta con especies nativas.	60-40% de cobertura vegetal nativa	50-30% de la ribera cubierta por vegetación nativa.	Menos del 30 % de la superficie del banco cubierta por vegetación, parches aislados de la vegetación.
Ribera derecha (Puntaje)	5	3	2	0
Ribera izquierda (Puntaje)	5	3	2	0
2. 2. Estabilidad del banco	Banco estable, poca o mínima (<10%) evidencia de erosión.	Banco moderadamente estable, pequeñas áreas de erosión (10-50 %)	Banco moderadamente inestable con áreas erosionadas, gran potencial de erosión (50-80 %) durante las inundaciones.	Banco inestable, muchas áreas erosionadas (>80%)
Puntaje	10	7	4	1
3. 3. Características del sustrato	Mezcla de materiales, como grava y arena, raíces sumergidas y vegetación acuática	Mezcla de arena, arcilla o lodo; algunas raíces sumergidas y vegetación acuática	Arcilla en la superficie, pocas raíces sumergidas, sin vegetación acuática	Capa de arcilla o rocas, sin presencia de raíces sumergidas o vegetación acuática
Puntaje	10	7	4	1
4. 4. Desarrollo de ganadería y agricultura en la zona de ribera	Sin presencia de cultivos o zonas para el ganado, sin derivaciones para ganadería o agricultura.	20% del suelo para uso agrícola y ganadero.	50% del suelo para uso agrícola y ganadero.	Más del 80% del suelo para uso agrícola y ganadero, presencia de derivaciones para uso doméstico o industrial
Ribera derecha (Puntaje)	5	3	2	0
Ribera izquierda (Puntaje)	5	3	2	0
II. HIDROLOGÍA				
5. 5. Presencia de presas	Ausencia de presas (incluyendo de gavión y de costales) corriente arriba del río.		Presencia de presas (incluyendo de gavión y de costales) corriente arriba del río.	
Puntaje	10		0	
6. 6. Regímenes de velocidad/ profundidad	Presencia de 4 regímenes: lento-profundo lento-somero rápido-profundo rápido-somero	3 regímenes	2 regímenes	1 régimen (usualmente lento-somero)
Puntaje	10	7	4	1
7. 7. Alteración en el canal	Ausencia de canalización.	Evidencia de canalización en el pasado.	Canalización extensiva, 40-80% del escurrimiento canalizado e interrumpido.	Banco de la ribera con cemento o gavión, el 80% del escurrimiento canalizado. Hábitat de ribera alterado o ausente.
Puntaje	10	7	4	1

8. 8. Estado del canal	El agua alcanza la base de ambos bancos y el sustrato está expuesto mínimamente	El agua llena >75% del canal disponible o el 25% del sustrato está expuesto	El agua llena 25-75% del canal o el sustrato está expuesto	Muy poca agua en el canal
Puntaje	10	7	4	1
III. PERTURBACIONES ANTROPOGÉNICAS				
9. 10. 9. Efluentes directos al río por el uso doméstico 11.	Ausencia		Presencia	
Puntaje	10		1	
12. 10. Desarrollo urbano	Ausencia de asentamientos humanos, carreteras, derivaciones para usos domésticos o industriales.	20% del suelo para uso humano.	50% del suelo para uso humano.	Más del 80% del suelo para uso humano.
Puntaje	10	7	4	1
13. 11. Desarrollo humano	Ausencia de actividades humanas	Al menos una actividad humana: ganadería, agricultura o piscícola.	Al menos tres actividades humanas: agrícolas, ganadera, piscícola, doméstica (casa/comercio).	Actividades agrícolas, ganadera, piscícola, doméstica (casa/comercio).
Puntaje	10	7	4	1
14. 12. Presencia de contaminación orgánica y de basura y escombros	Menos del 10% de presencia de basura y/o escombros.	Entre 20-40 % de presencia de basura y/o escombros.	Entre 50-80% de presencias de basura y/o escombros.	Más del 90% de Basura y/o escombros
Puntaje	10	7	4	1
PUNTAJE TOTAL				

CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA DEL RÍO (INTERPRETACIÓN)

Calidad Hidromorfológica	Puntaje
Óptima	120 - 85
Media	84 - 47
Mala	46 - 13
Pobre	<12

Anexo III. Guión para elaboración de entrevistas.

Preguntas:

Nombre, edad, estatus (comunero, vecindado originario), si es el caso, tiempo de vivir en la zona.

- 1.- ¿Qué significa el río para usted? ¿Por qué?
- 2.- Durante el tiempo que ha vivido aquí ¿cuáles son los cambios más importantes que ha tenido el río? ¿Estos cambios, cómo han afectado a los habitantes?
- 3.- ¿De quién depende lo que pasa en el río, quién decide?
- 4.- ¿Existen reglas puestas por el gobierno para el uso del río? ¿Qué instituciones las imponen? ¿Cómo las ejecutan?
- 5.- ¿Hay reglas impuestas por la propia comunidad para el río? ¿Cuáles son? ¿Se cumplen? ¿Qué pasa si alguien no cumple? ¿Qué autoridad de la comunidad hace valer estas reglas?
- 6.- ¿Considera que las reglas que hay son buenas para el río?
- 7.- ¿Considera que estas reglas afectan de alguna manera a los habitantes de la Magdalena?
- 8.- ¿Cuáles son los principales programas de gobierno que aterrizan aquí, sobre el río o sobre el bosque? ¿Son equitativos los beneficios de los programas?
- 9.- ¿Hay otras instituciones trabajando con el río (organizaciones, universidades)? ¿Qué hacen? ¿Con quién trabajan?
- 10.- ¿Hay grupos organizados para el uso y la distribución del agua del río?
- 11.- ¿Hay grupos organizados en la comunidad para trabajar por los ríos y los manantiales?
- 12.- ¿Hay alguna empresa que esté interesada en acciones sobre el río o el territorio de la Magdalena?
- 13.- ¿Hay conflictos entre grupos dentro de la cuenca acerca del bosque o del río? ¿Cómo ha sido?