



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**MONITOREO PARTICIPATIVO DE LA CALIDAD
ECOLÓGICA DEL RÍO MAGDALENA, CD. MX.,
MÉXICO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIÓLOGA**

P R E S E N T A:

GISELLE ARROYO CRIVELLI



DIRECTORA DE TESIS:

DRA. LUCÍA ORALIA ALMEIDA LEÑERO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2017



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.

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT, IT-2014-15, con el proyecto “Monitoreo participativo de la reforestación, calidad ecológica y restauración de los ríos y arroyos en el bosque de agua con énfasis en la cuenca del río Magdalena, México, D.F.”

1. Datos del alumno
Apellido paterno
Apellido materno
Nombres (s)
Teléfono
Universidad Nacional Autónoma
de México
Facultad de Ciencias
Carrera
Número de cuenta

2. Datos del tutor
Grado
Nombre (s)
Apellido paterno
Apellido materno

3. Datos del sinodal 1
Grado
Nombre (s)
Apellido paterno
Apellido materno

4. Datos del sinodal 2
Grado
Nombre (s)
Apellido paterno
Apellido materno

5. Datos del sinodal 3
Grado
Nombre (s)
Apellido paterno
Apellido materno

6. Datos del sinodal 4
Grado
Nombre (s)
Apellido paterno
Apellido materno

7. Datos del trabajo escrito.
Título
Número de páginas
Año

1. Datos del alumno
Arroyo
Crivelli
Giselle
67288331
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
106001754

2. Datos del tutor
Dra.
Lucía Oralia
Almeida
Leñero

3. Datos del sinodal 1
Dr.
Enrique Arturo
Cantoral
Uriza

4. Datos del sinodal 2
Dra.
María
Perevochtchikova
-

5. Datos del sinodal 3
Dra.
Irama Silvia Marisela
Núñez
Tancredi

6. Datos del sinodal 4
M. en C.
Alya
Ramos
Ramos Elorduy

7. Datos del trabajo escrito
Monitoreo participativo de la calidad ecológica del río
Magdalena, Cd. Mx., México
92 p.
2017

AGRADECIMIENTOS

A la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, por haberme permitido trabajar en sus hermosos bosques y sobretodo en su río, por estar conmigo durante este proyecto y dejarme realizar mi primera investigación.

Al Sr. Benito Mendoza Cabañas Presidente de los Bienes Comunales por habernos brindado todo su apoyo y las facilidades necesarias para trabajar.

Al Sr. Félix Mendoza Cabañas, Presidente del Comité de Cuenca del Río Magdalena por todo su apoyo y participación a lo largo de este proyecto.

A Moisés Alamilla Mendoza, Presidente de la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, A. C., por su financiamiento y sobre todo por tu incansable labor que realizas día a día en el bosque y el río. Gracias a tu maravilloso sentido del humor y emprendimiento, que hizo de cada uno de los monitoreos algo inolvidable. Muchas gracias Moi.

Al Profe Alejandro por cuestionarme en cada momento y brindarme su apoyo y conocimiento sobre el bosque. Por la calidez de recibirme y sobre todo por acompañarme en todos los monitoreos y ofrecerme su amistad. Mil gracias.

Al Sr. Benito que siempre acudía a los monitoreos y que poco a poco se convirtió en un monitor estrella y lo más importante en un amigo inseparable que estaba al pendiente de todos nosotros.

A Mickey que siempre estuviste en el frío, la lluvia, el calor y que en cada monitoreo nos enseñabas a disfrutar la vida y nos hacías reír, mil gracias por haberme acompañado y por pasar de ser un compañero de trabajo a un amigo.

A Leonel Contreras que en cada monitoreo mostraba el amor por el bosque y el río, y que con sus conocimientos demostró ser más capaz que yo. Por tu amistad, disposición y participación muchísimas gracias.

A la UNAM mi *alma máter*, por haberme alojado desde Iniciación y que desde ese momento me enseñó que la vida es un continuo aprendizaje lleno de sorpresas.

Al Laboratorio de Ecosistemas de Montaña por haberme aceptado y dejarme trabajar en él, para comprender un poco más la compleja realidad en que vivimos.

A la Dra. Lucía por todo tu tiempo y dedicación, no solo a mi trabajo si no a mi vida diaria y a mi labor como investigadora. Que encontró un proyecto sumamente enriquecedor para mí que me puso a prueba día con día. Lucía muchas gracias por todo tu apoyo y tus enseñanzas.

A la M. en C. Alya por haberme concedido el gusto y el privilegio de continuar un proyecto tan maravilloso como lo fue este, también por legarme toda tu experiencia y consejos en estas cuestiones y por toda la preparación que me diste. Muchísimas gracias.

A mis sinodales por ayudarme a convertirme en una mejor investigadora al buscar superarme día con día.

A Verito por estar siempre en campo y laboratorio al pie del cañón. Tus enseñanzas son invaluable y lo más importante son los momentos que convivimos y la amistad que logramos formar. Muchas gracias.

A mis compañeros de laboratorio José, Karen, Agustín y Laura que emprendieron esta aventura conmigo y lo más importante que han estado conmigo en las buenas y en las malas. Trabajando, escribiendo, pseudo estudiando, muchas gracias eso lo recordaré siempre.

A todas las chicas de servicio social Mariana, Mayte, Monse y Alejandra que me acompañaron en este viaje y me brindaron su apoyo para trabajar. Muchísimas gracias

A todos los miembros del laboratorio, que con la convivencia diaria enriquecieron mi estancia ahí y me impulsaron a terminar este trabajo y sobre todo porque toleraron mis múltiples distracciones. Gracias.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A Dios por haberme permitido llegar y concluir esta etapa y sobre todo por la familia que me dio, que ha sido mi apoyo y motor toda mi vida.

A mi papá por estar conmigo siempre y brindarme su inmenso amor y sabiduría. Todos esos momentos en que pusiste a trabajar mi mente y habilidades me hicieron la mujer que soy. Muchísimas gracias por todo espero que estés orgulloso de mi como yo lo estoy de ser tu hija. Je t'aime papa

A Pacha por darme la vida y enseñarme las cosas verdaderamente importantes. Cada día me has acompañado y sé que lo harás siempre. Te amo mamá y sé que siempre has sido exigente por mi bienestar y te lo agradezco enormemente porque eso sólo demuestra lo mucho que me amas.

A Anny porque siempre has estado ahí conmigo desde que velabas por mi hasta que me enseñaste mil y un cosas y te convertiste en mi confidente de la vida. Sabes que te adoro y que eres una hermana muy amorosa, genial y chic. Te quiero muchísimo, eres un ejemplo para mí y uno de los pilares de mi vida.

A Asrael por ser un hermano molestón y para colmo súper listo que siempre buscaba mi bien y mi diversión. Desde que tengo memoria te dedicabas a hacerme columpio y a jugar conmigo y sobre todo cuando me decías "lee" y ya verás. Muchas gracias, sabes que eres ultra mega agradabilísimo y te quiero muchísimo.

A Munnie por ser mi hermano maldoso y travieso con el que más peleaba pero que en realidad lo hacía porque soy lo máximo jajaja. Sabes que te quiero un montón y que estaremos juntos en las buenas y en las malas y que con tu sentido del humor siempre hacías que pasáramos unos ratos inolvidables.

A mis abuelas: Cotinka que me ha acompañado desde siempre y que sus enseñanzas, sentido del humor, sobre todo expresiones de afecto jejeje y fortaleza me demuestra lo valiosas que somos las mujeres. A Tatinka que si bien ya no está todo su cariño, gentileza y educación se quedaron conmigo. A Lola que me hizo descubrir lo valioso de la familia y me permitió descubrir un México rural, encantador y alegre. A todas ustedes millones de gracias.

A mis pequeñas y traviesas sobrinas: Elfrida, Valeriasan y Duenlía que en cada momento me muestran los detalles hermosos de la vida y que con su infancia hacen que nunca pierda la alegría ni el interés por descubrir nuevas cosas. Las quiero enanas pirruñas.

A toda mi familia tíos, tías, primos, primas, sobrinos, sobrinas, sobrinosnietos y tantos otros, que no me cabrían porque necesitaría como una Biblia para ponerlos a todos en los agradecimientos, ya saben que somos muchísimos. Siempre me brindaron su cariño, comprensión y sobretodo sentido del humor. Gracias por las mil y un convivencias que pasamos y las múltiples fiestas tan geniales. No tengo palabras para agradecer.

A mis amigos que se convirtieron en parte de mi desde que nos conocimos. A mi nieta Yuritzinka que has estado conmigo siempre sabes que te adoro y que eres una hermana para mí. A Alizzia, Angelique, Mikaela, Lalo Landa, Mauro, Ira, que me conocen desde iniciación, es un gusto que sean mis amigos y que aún me sigan tolerando jajaja, que paciencia. A Jessyca, Jimenita, Cosa, Miguel, que ahora ocupan un espacio enorme en mi corazón y que fui muy afortunada de que llegaran en la prepa, siento que los conozco desde tiempos inmemoriales los quiero. A mis biólogos queridos Melisel, Hadaceae, Mariel Candelaria, Beca, Mariaceae, Cecille, Luigi, Agus y el amiguito del bosque. Me mostraron que en la vida siempre puedes encontrar personas maravillosas. Muchas gracias por su amistad son increíbles y ha sido fantástico haberlos conocido y que me acompañaran en este viaje llamado universidad.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
I. Introducción.....	3
II. Marco teórico.....	6
III. Justificación y objetivos.....	13
IV. Antecedentes.....	15
V. Materiales y métodos.....	21
1. Área de estudio: el río Magdalena, Ciudad de México.....	23
2. Capacitación de actores locales.....	26
3. Proceso de monitoreo.....	28
VI. Resultados y discusión.....	35
1. Calidad ecológica del río.....	35
2. Participación.....	47
VII. Conclusiones.....	58
VIII. Literatura citada.....	60
IX. Anexos.....	65
A. Manual de campo para monitorear la calidad ecológica del río Magdalena, Cd. Mx., México.....	65
B. Hojas de campo.....	88

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

<i>Cuadro 1. Aspectos representativos de los monitoreos científicos y participativos.....</i>	<i>11</i>
<i>Cuadro 2. Resumen de los métodos realizados en el río Magdalena, Ciudad de México.....</i>	<i>34</i>
<i>Cuadro 3. Categorías utilizadas en la interpretación de los resultados.....</i>	<i>37</i>
<i>Cuadro 4. Resumen general de los análisis del monitoreo participativo del río Magdalena, Ciudad de México.....</i>	<i>57</i>

FIGURAS

<i>Figura 1. Proceso de monitoreo participativo en el río Magdalena, Ciudad de México.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2. . Diagrama metodológico del monitoreo participativo de la calidad ecológica del río Magdalena, Ciudad de México.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3. Ubicación del río Magdalena, Ciudad de México.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4. Análisis bacteriológicos, realizados en conjunto con los actores locales en el río Magdalena, Ciudad de México.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5. Diferentes etapas de los análisis fisicoquímicos del río Magdalena Ciudad de México, realizados conjuntamente con los actores locales.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6. Colecta e identificación de macroinvertebrados realizada en conjunto con los actores locales.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7. Análisis bacteriológicos.....</i>	<i>36</i>

<i>Figura 8. Dureza y alcalinidad.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 9. Oxígeno disuelto y turbidez.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 10. Calidad de la zona de ribera.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 11. Evidencia de deterioro en el cauce del río Magdalena, Ciudad de México</i>	<i>43</i>
<i>Figura 12. Macroinvertebrados.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 13. Participación.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 14. Resultados del taller participativo.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 15. Convivencias entre los participantes del monitoreo y miembros de la academia.....</i>	<i>56</i>

Resumen

En la Ciudad de México, los bosques periurbanos proveen diversos servicios ecosistémicos como la regulación del clima, la infiltración del agua, la captura de carbono y actividades de recreación entre otros. El río Magdalena se encuentra ubicado dentro de estos bosques y forma parte de la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic. Mediante un proceso participativo, realizado conjuntamente entre los actores locales y el Laboratorio de Ecosistemas de Montaña de la Facultad de Ciencias, UNAM, se monitoreo la calidad ecológica del río, una vez al mes durante un año (2014-2015), para lo cual se seleccionaron tres sitios de la cuenca: la parte alta representada por el 4° Dinamo, la media por el 2° Dinamo y la baja por la Cañada. A partir de mediciones *in situ* rápidas y sencillas, se obtuvieron datos fisicoquímicos, biológicos (macroinvertebrados y bacterias) y elementos de la calidad paisajística de la ribera. Los resultados indican una buena calidad fisicoquímica en los tres sitios. El conteo de bacterias, muestra que las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de *E. coli* se presentan en mayores cantidades en la Cañada y disminuyen conforme aumenta la altitud. La calidad paisajística de la ribera, presenta esta misma tendencia al ir disminuyendo en calidad conforme se acerca hacia la zona urbana. Este proceso logró consolidar a un grupo de cinco monitores, que asistieron a un 80% de los monitoreos. Además, se presentaron de manera ocasional otras ocho personas. Durante el proceso, los monitores observaron la dinámica del río e identificaron las actividades antropogénicas que repercutían sobre él. Entre los logros principales se encuentran: la capacitación de los actores locales, la edición de un manual de campo, la interacción entre los actores diversos, mediante el intercambio de saberes y experiencias y la creación de vínculos de trabajo. En un futuro se espera que los datos y las herramientas generadas durante el proceso, puedan ser utilizados para tomar decisiones sobre el mejoramiento de las condiciones ambientales del río.

Palabras clave: Actores locales, co-aprendizaje, involucramiento, monitores, toma de decisiones.

Abstract

In Mexico City, peri-urban forests provide several ecosystem services such as climate regulation, water infiltration, carbon retention and recreation activities. The Magdalena River is located within these forests and it is part of the Community of Magdalena Contreras Atlitic. Through a participatory process carried out jointly between the local stakeholders and the Laboratory of Mountain Ecosystems of the Sciences Faculty, UNAM, the ecological quality of the river was monitored once a month for a year (2014-2015). Three sites in the watershed were selected: the 4 ° Dinamo represents the upper part of the watershed; the 2 ° Dinamo is the middle and the Cañada is the lower. The physicochemical parameters, bioindicators (macroinvertebrates and bacteria) and elements of the landscape quality of the Riverside were monitored with simple and quick methods. The results indicate good physicochemical quality at all three sites; the bacterial count shows that Colony Forming Units (CFUs) of *E. coli* occur in greater quantities in the Cañada and decrease according to the altitude; the landscape quality of the riverside presents this tendency to the decrease in the quality as it approaches the urban zone. Throughout this Project a group of five monitors was consolidated, they attend to 80% of the monitors. Additionally, eight other people were introduced on an occasional basis. During the process, the monitors observed the dynamics of the river and identified the anthropogenic activities that had repercussions on it. Key achievements include: training local actors: editing a field guide; interacting with diverse stakeholders through the exchange of knowledge and experience, and building work links. In the future, it is expected that the generated, data as well as the employed tools during the process will be used to make decisions based on the improvement of the river's environmental conditions.

Key words: co-learning, decision making, involvement, local stakeholders, monitors

I. Introducción

El ciclo hidrológico es un proceso global que moviliza el agua oceánica hacia la superficie terrestre y al interior. Sus componentes principales son la precipitación, la infiltración, la escorrentía, la evaporación y la transpiración. Los asentamientos humanos como la agricultura y la industria, son solo algunas de las actividades que han estado estrechamente vinculadas a este proceso y en ocasiones han causado disturbios a las dinámicas del mismo (UNESCO, 2006).

La Tierra está indudablemente modelada por el agua y los ríos son un componente esencial. Éstos albergan 2000 km³ del total del agua del planeta, y representan el volumen más bajo dentro del ciclo hidrológico. Los ríos a pesar de la mínima cantidad que abarcan del volumen total de agua, desempeñan un papel fundamental, porque casi toda el agua circula antes o después por los cauces fluviales (Sabater y Eloegi, 2009).

En el mundo existen diversos tipos de ríos y cada uno de ellos cuenta con características ecológicas propias, pero también comparten patrones comunes que determinan la distribución y abundancia de las comunidades biológicas y el funcionamiento del ecosistema. Los ríos son una fuente de abastecimiento de agua para el consumo, el riego, la pesca y el transporte entre otros beneficios para los seres humanos (Sabater y Eloegi, 2009).

Existe una relación entre las actividades humanas y los disturbios ocasionados en el ambiente. Acciones como obras de construcción que fragmentan y modifican los ecosistemas acuáticos, alteran los flujos de materia y energía dentro y fuera de ellos. Otras como la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, la contaminación y la urbanización, impactan en la calidad y cantidad de agua proveniente de los ríos (Hodkinson y Jackson, 2005; UNESCO, 2006).

Ante la problemática actual que involucra la escasez de agua, la pérdida de la biodiversidad, el crecimiento poblacional, el desarrollo tecnológico, el cambio climático

y la contaminación, es necesario visualizar estos problemas con un criterio más amplio. El enfoque de los socioecosistemas, ofrece un panorama más integrador, que favorece la comprensión de las dinámicas que acontecen dentro y fuera de ellos (Koontz *et al.*, 2015).

Estos sistemas están compuestos de elementos naturales/ecológicos y humanos/sociales, que interactúan de una forma dinámica. Una de sus propiedades es la complejidad. Esta surge a causa del elevado número de elementos y de las relaciones que mantienen dentro y fuera de sí. Para su estudio, no es posible abordar la problemática del sistema a través de la suma de estudios disciplinarios; se requiere de un carácter interdisciplinario desde la formulación del problema, el planteamiento, la resolución, la retroalimentación y la conservación del sistema (González, 2010; Koontz *et al.*, 2015).

A partir de este enfoque, se puede delimitar al sistema e incluir aspectos sociales cómo: la forma en que la población está organizada, la apropiación de los recursos, el manejo que le dan y los impactos positivos y negativos que tienen sobre el sistema. Éstos no solo repercuten directamente en algún elemento del sistema, sino en su totalidad (Cotler, 2004; González, 2010).

Ante los retos sociales y ecológicos que se presentan hoy en día, es necesario vincular el pensamiento y la acción. A través de la investigación participativa y un enfoque de socioecosistemas, es posible identificar problemas comunes, reflexionar acerca de sus causas y construir propuestas de acción para canalizar y solventar los problemas (Merçon y Alatorre, 2014).

El co-aprendizaje entre los actores involucrados en el estudio de los socioecosistemas es necesario y se da en los procesos participativos. Mientras más visiones sean incorporadas, más compleja será la construcción del conocimiento. Sin embargo, a través de este aprendizaje y el entendimiento mutuo, es posible generar una visión común y encaminarla hacia la transformación deseada (Merçon y Alatorre, 2014).

La ciudadanía puede formar parte de la investigación participativa, desde múltiples ámbitos como la ciencia ciudadana. Es fundamental, que, en proyectos enfocados en la gestión y conservación de los recursos naturales, la participación sea considerada. Ésta ha emergido desde diversos ámbitos académicos y ha generado propuestas con esfuerzos de colaboración entre la academia y actores locales (Shirk *et al.*, 2012).

Las cuencas hidrológicas son un ejemplo de un socioecosistema. Éstas requieren que los actores involucrados en el uso y manejo del río y los alrededores, sean tomados en cuenta. Dentro de ellas interactúan elementos naturales como el clima, el relieve, el suelo, la vegetación, la cantidad, la calidad y la temporalidad del agua. De igual manera los actores locales y externos son elementos claves en la construcción del conocimiento y el manejo del mismo (Cotler, 2004; Merçon y Alatorre, 2014).

En la Ciudad de México, a lo largo de toda su historia y particularmente durante las últimas décadas se han presentado grandes transformaciones en los cuerpos de agua. Los ríos dentro de la ciudad, fueron visualizados como una barrera hacia la industrialización y el desarrollo desde el siglo XVIII hasta la primera mitad del siglo XX. Posteriormente comenzó a considerarse a la naturaleza como un servicio a la sociedad que mejora la calidad de vida de los habitantes (Zamora,2010).

Reincorporar a los ríos urbanos dentro de la vida cotidiana de los habitantes de las ciudades no es tarea fácil y se requiere de proyectos incluyentes y sustentables que representan una oportunidad de conexión entre los elementos (Zamora,2010).

La Ciudad de México tiene la necesidad de preservar las zonas forestales de la periferia, por los servicios ecosistémicos como la regulación del clima, la infiltración de agua, la retención de contaminantes, la belleza paisajística, entre otros. La Cuenca del río Magdalena se localiza en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México (SCCDMX) y abarca un 4% del total. Problemas como el crecimiento acelerado de la mancha urbana y el deterioro de su cobertura vegetal, son una amenaza constante para la cuenca y el río. (Almeida-Leñero *et al.*, 2007).

Para los actores locales del río Magdalena es fundamental que intervengan en proyectos participativos que se relacionen con la calidad del agua. Cuando las partes interesadas obtienen información, participan y se incorporan sus necesidades, se genera un sentido de propiedad y responsabilidad. El monitoreo participativo es una herramienta que brinda información a las personas acerca de los impactos positivos y negativos de los acontecimientos que ocurren en su entorno. Las personas pueden profundizar en el entendimiento público de sus acciones y esto genera una discusión más abierta (CAO, 2008).

Este estudio aborda los resultados de la calidad ecológica del río Magdalena, obtenidos a través del proceso de monitoreo participativo. En donde se colectaron, analizaron y comunicaron los datos a los actores involucrados. Este proyecto aportó información acerca de las condiciones del río, utilizando indicadores como la calidad de la zona de ribera, los parámetros fisicoquímicos y los bioindicadores. Durante el periodo de junio de 2014 a agosto de 2015, se explica cómo los participantes se involucraron y colaboraron dentro del mismo. Además, se presenta una sección en donde se identifican los alcances y retos del monitoreo y que propuestas se generaron para solucionarlos.

II. Marco teórico

La participación social involucra las relaciones entre diferentes personas, grupos o asociaciones para llevar a cabo actividades que permitan alcanzar objetivos comunes. Este es un proceso donde las partes de interés influyen y comparten el control sobre las iniciativas, decisiones y recursos de desarrollo que los afectan. (CAO, 2008).

Ésta puede observarse en diferentes grados, desde la más activa que involucra una dedicación de tiempo y esfuerzo considerables, hasta una participación pasiva. Si bien la participación es un derecho de los ciudadanos, éstos no están obligados a participar, de manera que quienes deseen incorporarse a un proyecto de participación tienen que

considerar que se trata de un proceso largo y que requiere de un verdadero compromiso para ser efectiva (Herrera, 2008).

La participación social ocurre en diferentes escalas y ámbitos, pero específicamente en el científico no es algo nuevo. Ésta se remonta a finales del siglo XIX, cuando las personas colaboraban con los científicos en la colecta de datos particularmente en la astronomía y la ornitología (Dickinson *et al.*, 2010). Durante el inicio del siglo XX, la participación en la investigación científica fue prácticamente olvidada y es hasta las décadas de los años de 1960 y 1970, cuando debido a la violencia, la guerra, los avances tecnológicos y la contaminación, se propicia un “regreso a la naturaleza”. En este momento se toma conciencia acerca de la relación entre el hombre y la naturaleza. Es entonces cuando la participación ciudadana paulatinamente vuelve a incorporarse dentro de la investigación científica y comienza a tener un peso importante dentro de las políticas ambientales (Lawrence, 2006; Ricoy, 2009).

Paralelamente a este proceso, comienzan a surgir críticas sobre el amplio rango de actividades que motivan la participación y los resultados tan diversos que existen. Además, existe un vacío entre lo que decía la teoría y lo que ocurre en la realidad. Este hecho propició complicaciones en su aplicación. Sin embargo, esto no frenó el avance de los métodos participativos y su incorporación a las agendas político ambientales (Lawrence, 2006).

El origen de las políticas ambientales se remonta a nivel global, al Principio 10 de la Declaración de Río en 1992, subsecuentemente reiterado en el Capítulo 23 de la Agenda 21. Otro ejemplo es el Combate a la Desertificación de las Naciones Unidas y la creación de la Directiva Marco Europea del Agua, todas hacen énfasis en la necesidad de la participación pública (Mauerhofer, 2016). Las políticas ambientales internacionales relacionadas con la conservación, actualmente han estimulado el involucramiento de los actores locales en el manejo de recursos naturales, con la finalidad de conservarlos y al mismo tiempo incrementar su calidad de vida de los usuarios (Van Rijsoot y Jinfeng, 2005).

Uno de los motivos que llevó a considerar la participación dentro de la conservación, es que, si las personas están involucradas en el manejo de los recursos naturales, de los cuales depende su subsistencia y además se pueden obtener beneficios, entonces las personas tendrán una motivación para conservar y utilizarlos de manera sustentable (Van Rijsoot y Jinfeng, 2005).

Actualmente es una realidad que, en países desarrollados como Australia, Estados Unidos, Canadá, Japón y algunos países europeos, se ha implementado de manera sólida la participación en cuestiones ambientales. También es un hecho que existen casos en países de África y América Latina, que han desarrollado políticas ambientales que involucran a sus ciudadanos en el acceso a la información, los involucran en la toma de decisiones y como consecuencia se ha mejorado la calidad de vida de los participantes. Éstos aspectos varían de acuerdo con las características particulares de la región en donde se implementen (Mauerhofer, 2016).

Estos enfoques participativos, contrastan significativamente con los métodos tradicionales utilizados al implementar planes y políticas de manejo de los recursos. En su mayoría estas iniciativas provienen de actores externos (gubernamentales, iniciativa privada, agencias internacionales) y no necesariamente responden a las necesidades de los actores locales. Es por eso que en ocasiones los actores locales no cumplen con los objetivos planteados. Ante esta situación se han desarrollado estrategias desde los actores locales, lo que permiten su cumplimiento y paulatinamente una integración en las políticas y los planes de manejo (Franzén *et al.*, 2015).

Los proyectos de conservación pueden surgir desde diversas áreas y operar a diferentes escalas. Éstas pueden ser desde nivel local hasta el global e incluyen el monitoreo de diferentes elementos como los datos del hábitat, de las condiciones climáticas, la biodiversidad, el uso del suelo, la calidad del agua entre otros, como una parte fundamental de los proyectos (Dickinson *et al.*, 2010; Shirk *et al.*, 2012).

Estos trabajos colaborativos representan una herramienta de conservación más apropiada que los estudios realizados por separado para involucrar a los ciudadanos (Danielsen *et al.*, 2007). Lawrence (2006) propone clasificar a la participación en los proyectos ambientales en cuatro categorías. La primera de ellas es la consultiva, en donde el principal objetivo es preguntar información a los participantes. La segunda es la funcional, en donde los actores involucrados contribuyen con información, debido a que las iniciativas en general son de arriba hacia abajo *top-down*, donde las acciones han sido previamente establecidas. La tercera forma es la participación colaborativa, que implica que los actores locales determinan que necesitan y contribuyen con su conocimiento al proyecto acompañados de especialistas. La última clasificación es la transformativa en donde los ciudadanos toman las decisiones y tienen el control del proyecto. En su mayoría son estrategias tipo de abajo hacia arriba *bottom-up*.

Hoy en día para entender los procesos relacionados con la gestión de los ecosistemas, son necesarias aproximaciones desde múltiples enfoques y mediante un proceso democrático que involucre la participación y el conocimiento de actores locales, para generar estrategias que favorezcan la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales (Dungumaro y Madulu, 2003; Nare *et al.*, 2006; Nare *et al.*, 2011).

El monitoreo es una herramienta de investigación que permite identificar de manera sistemática la calidad del desempeño de un sistema, subsistema o proceso (Loaiza-Cerón *et al.*, 2011). Para su funcionamiento adecuado se requiere que la información, las necesidades, los métodos y las acciones respondan a los objetivos planteados, y que los cambios o ajustes necesarios se realicen en el tiempo adecuado. Este proceso de monitoreo es cíclico e inicia con el planteamiento del problema, la aplicación de los métodos, la toma de datos y las intervenciones de retroalimentación, todos estos pasos permiten determinar si algo está cambiando (Evans y Guariguata, 2008; Loaiza-Cerón *et al.*, 2011).

El término de “monitoreo participativo”, incluye actividades en donde participan los actores locales. A diferencia de los monitoreos científicos, los participativos trabajan

con los actores locales desde la concepción del proyecto, desarrollo, evaluación y retroalimentación del mismo. Si bien existen diferencias entre ambas herramientas de estudio, también se presentan semejanzas (Evans y Guariguata, 2008).

Estos estudios pueden funcionar como un complemento de los monitoreos realizados por científicos. A través de las asociaciones entre la academia y las comunidades, se ha logrado producir datos útiles que a futuro puedan incidir en las políticas públicas. Inclusive es posible plantear la posibilidad de que se consoliden redes de trabajo entre comunidad, academia y gobierno, generando espacios y oportunidades de diálogo (Savan *et al.*, 2003).

Los estudios de monitoreo participativo combinan estudios de carácter científico con los actores locales. Esto a largo plazo resulta más afectivo que únicamente apearse a métodos científicos convencionales. También puede resaltarse el hecho de que no siempre es posible implementar monitoreos de carácter científico en la zona de estudio y es por eso que los participativos representan una alternativa. (Danielsen *et al.*, 2007). Ambas herramientas de investigación difieren en ciertos aspectos y comparten otros (Cuadro 1). Sin embargo, los métodos participativos que involucran a los actores locales que enfrentan día a día las consecuencias del manejo de sus ecosistemas, los motiva a valorarlos y a tomar decisiones con impactos a nivel local (Danielsen *et al.*, 2010).

Los participantes en general tienen distinto conocimiento, experiencia, papeles sociales e intereses, que representan a la diversidad de actores que pueden formar parte del monitoreo. Éstos provienen de diversos ámbitos y pueden ser personas con diversos grados de preparación académica, miembros de la comunidad, científicos de diversas áreas del conocimiento y estudiantes (Shirk *et al.*, 2012). La participación se ha incrementado gracias a la implementación de nuevas tecnologías que permiten incluir a más personas en los proyectos (Dickinson *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Aspectos de los monitoreos científicos y participativos. *** Mayor, ** Igual y *Menor.
Fuente: elaboración propia con base en Evans y Guariguata (2008).

Características	Monitoreo científico	Monitoreo participativo
Capacitación de actores locales	*	***
Control de la información	***	*
Cuantitativo	***	*
Datos duros	***	**
Datos enriquecidos	*	**
Dependiente de incentivos	**	**
Diversidad de actores	*	***
Fomenta la investigación	***	***
Inclusión de actores	*	***
Mayor costo	**	**
Mayor exactitud en la toma de datos	***	**
Mayor precisión en la toma de datos	***	**
Mayor tiempo de implementación	*	***
Menor costo total	**	**
Menor tiempo de implementación	**	**
Menor viabilidad a largo plazo	***	**
Métodos sencillos	*	***
Poca divulgación	*	***
Resiliente a cambios sociales	***	**
Resultados fiables	***	**
Síntesis de información	***	**
Transferencia de conocimiento	*	***
Vulnerable a cambios sociales internos y externos	*	***

Los monitoreos participativos se han utilizado como una forma de colaboración entre los actores locales y la academia. A partir de esta combinación de diferentes tipos de conocimiento es posible incrementar la sustentabilidad de los programas de monitoreo en el largo plazo (Giordano *et al.*, 2010). Los actores locales representan un cúmulo de información acerca de sus ecosistemas y recursos naturales y al ser involucrados dentro del proceso de monitoreo, se posibilita la transparencia en la toma de decisiones y el tener las capacidades para hacer frente a los problemas asociados con su ecosistema (Van Rijsoot y Jinfeng, 2005).

Como parte de esta integración, el monitoreo participativo de la calidad del agua, es una parte fundamental de las comunidades, ya que representa que los actores locales tengan acceso a la información sobre sus recursos (Dalahmeh *et al.*, 2009; García y Brown, 2009). Entre sus requerimientos para implementarlo de manera eficiente se requiere de un cambio estructural a nivel de las instituciones relacionadas con la gestión del recurso, una legislación que se aplique realmente y que los actores locales y la sociedad se responsabilicen del manejo sustentable del agua (Nare *et al.*, 2011; Franzén *et al.*, 2015).

A través de la vinculación entre diferentes actores, el monitoreo comunitario participativo, busca encontrar las técnicas apropiadas para entender y proteger los ecosistemas bajo estudio. Durante este proceso participativo se favorece un modo de vida más sustentable dentro del área de estudio y permite conocer rasgos biofísicos, sociales y políticos de cada región, que a largo plazo pueden impulsar un manejo integrado y adaptativo de los ecosistemas (Flores-Díaz *et al.*, 2013).

III. Justificación y objetivos

La participación de los actores locales en el estudio, conservación y manejo de los ecosistemas, es fundamental para garantizar su existencia a futuro. A través de la colaboración de actores heterogéneos, es posible implementar un proceso donde se aborde de manera abierta y directa la problemática. Entre las principales herramientas de investigación participativa se encuentran el diálogo, el co-aprendizaje, la creación de nuevo conocimiento y la divulgación de los resultados, en donde los involucrados se retroalimentan uno del otro y se consolidan vínculos que promueven el uso sustentable de los recursos (Merçon y Alatorre, 2014).

Es necesario que en estos trabajos se facilite la inclusión de diversos actores que contribuyan con su propia visión acerca de la problemática. Por ello el monitoreo participativo es una herramienta de investigación que permite involucrar principalmente a los actores locales y externos como la academia, bajo los mismos objetivos. Al promover un involucramiento, trabajo colaborativo y retroalimentación continua entre los interesados en el estudio del socioecosistema, se facilita la consolidación de asociaciones que de otra manera no ocurrirían (Danielsen *et al.*, 2007).

En este estudio se busca incrementar las capacidades de los actores locales en la evaluación de la calidad ecológica del río Magdalena, a través del uso de análisis bacteriológicos, parámetros fisicoquímicos, macroinvertebrados y la calidad de la zona de ribera. Al contar ellos mismos con datos y esquemas de interpretación, pueden incidir en los resultados, conclusiones, recomendaciones y el rumbo del proyecto. Así mismo se pretende fortalecer los vínculos previamente establecidos en la cuenca con las autoridades comunales, el Comité de Cuenca del río Magdalena, la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, los comuneros, los prestadores de servicios y los vecinos, con el propósito de diseñar estrategias para conservar el río y sus alrededores. Adicionalmente, el intercambio de información y experiencias, pretende que a futuro se desarrollen proyectos en conjunto y se impulse la toma de decisiones informada (Evans y Guariguata, 2008; Loaiza-Cerón *et al.*, 2011).

El río Magdalena y sus bosques ribereños son un socioecosistema periurbano, que requieren de la participación de diversos actores. En esta área existe un importante legado histórico, religioso y cultural. Sin embargo, a pesar de estas características, se presentan amenazas como los asentamientos irregulares, el crecimiento de los poblados, los conflictos en la tenencia de la tierra, los intereses inmobiliarios, los incendios, la falta de manejo técnico para mencionar solo algunas. Se busca que, a través del conocimiento de la calidad ecológica del río, se generen los mecanismos necesarios para proteger el patrimonio natural de la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic y de una de las fuentes más importantes de servicios ecosistémicos para la Ciudad de México (Facultad de Ciencias, 2008).

Este socioecosistema es el hábitat de comunidades biológicas únicas y al interior y exterior de él ocurren múltiples interacciones con la población y los visitantes. Para los actores locales los manantiales, los ojos de agua, los arroyos y el río, son reconocidos como fuentes de agua para consumo humano, zonas para criar trucha y en conjunto con los bosques comunitarios permiten el mantenimiento de su legado y el desarrollo de actividades recreativas. Es evidente la necesidad de aprendizaje y entendimiento de sus componentes ecológicos, económicos y culturales, tanto para los actores locales, los habitantes de la Ciudad y la academia.

Los proyectos participativos son incipientes en la zona. A través de este trabajo y la continua retroalimentación de los participantes, se pretende trabajar conjuntamente en el conocimiento del río y a partir de los resultados generados incentivar la conservación, el aprovechamiento sustentable del mismo e incorporación del río Magdalena como parte de la Ciudad de México.

Objetivo general

Implementar un monitoreo participativo de la calidad ecológica del río Magdalena en la Ciudad de México y analizar los datos obtenidos durante un ciclo anual.

Objetivos particulares

- Describir los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, los macroinvertebrados y la calidad de la zona de ribera del río Magdalena.
- Examinar el involucramiento de los actores locales en el proyecto comunitario de monitoreo participativo.
- Conocer los alcances del proyecto de monitoreo participativo.

IV. Antecedentes

El monitoreo de la calidad del agua se ha extendido alrededor del mundo y es visto como una manera de proponer estrategias locales que permitan solucionar los problemas relacionados con el agua. Los grupos y las redes formadas para la toma de decisiones y acciones, son reconocidas como un promotor del cambio social (Burgos *et al.*, 2013).

Estas asociaciones entre la academia y la comunidad, son combinaciones efectivas de educación, empoderamiento de los habitantes locales y de producción de datos útiles, que pueden incidir en las políticas públicas ambientales si se continúan responsablemente, en la investigación sobre problemas ambientales (Savan *et al.*, 2003).

Los proyectos de monitoreo de cuerpos de agua son diferentes alrededor del mundo y dependiendo de la región donde se implementen presentan características propias. El

estudio realizado por Barnes *et al.* (2013), muestra que en Escocia los agricultores son conscientes de que sus actividades perjudican a los cuerpos de agua, pero aún no existen los estímulos suficientes, que permitan una transición hacia prácticas más ecológicas.

En Suecia existen comités encargados del agua desde hace 50 años y aunque se tiene una organización social y una representación de los actores involucrados, aún falta tiempo para que los intereses económicos asociados a la agricultura y la industria se asemejen a los proyectos de gestión integral y que los actores trabajen de manera conjunta (Franzén *et al.*, 2015).

En Tanzania se impulsó el trabajo en conjunto a través de estrategias tipo *bottom-up*, en donde se incorpore el conocimiento local e indígena a los planes de manejo y que además se disminuyan los conflictos asociados con el agua (Dungumaro y Madulu, 2003).

Zimbabue, por ejemplo, enfrenta limitantes asociadas con procesos de exclusión de los actores menos poderosos y además se presenta un control centralizado del manejo y gestión del agua. Se requiere de una apertura y democratización de los procesos en la toma de decisiones, para incrementar la inclusión de otros actores (Nare *et al.*, 2006).

En Sudáfrica se tienen avances sustanciales en la legislación que incorpora la participación social, pero se carece de una estructura que permita el manejo de la información como del monitoreo del agua. Para llevar a cabo todo esto se necesita de una red de organización sociopolítica bien establecida y comunicada, para que sea posible la transferencia de conocimiento y el monitoreo de los cuerpos de agua (Nare *et al.*, 2011)

Dalahmeh *et al.* (2009) trabajaron en Jordania donde los actores locales se involucraron en el proceso de gestión del agua y participan en la colecta de datos para conocer la calidad del agua. Una de sus limitantes es la segregación de la mujer, al no ser tomadas en cuenta se pierde todo el conocimiento acumulado a través de generaciones y la visión que este grupo puede aportar.

Hoverman y Ayre, (2012) reportan que en Australia se tiene el propósito de trabajar en conjunto, pero es sumamente complicado vincular las visiones occidentales con las indígenas. Esta aproximación es de las primeras en el país y sirve como un parteaguas en la generación de conocimiento, ya que se puso a prueba la capacidad de entendimiento sobre las múltiples visiones que imperan alrededor del mundo.

En Colombia, García y Brown (2009) describen como la participación de los jóvenes, que habitualmente no son tomados en cuenta es sumamente benéfica. En este proceso en el que una parte de la población se convierte en co-investigadora, se promueve que se tenga un mayor entendimiento entre el ambiente y las actividades humanas. Además, las relaciones que surgen entre diversos actores facilitan el diálogo e involucramiento de la comunidad, ya que son los mismos jóvenes quienes introducen estas temáticas a su vida cotidiana.

La Universidad de Auburn en Alabama, creó una amplia red llamada Global Water Watch (GWW). Esta ha provisto de información y asistencia a grupos comunitarios a través del monitoreo de agua en Norteamérica. Para eso utiliza técnicas estandarizadas y aprobadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos y la característica principal, es que los datos que se colectan emplean técnicas simples y de bajo costo. Debido al éxito que ha tenido, se ha implementado en otras regiones del mundo como Argentina, México, Perú y Kenia (GWW, 2016 b).

La GWW fomenta, que ciudadanos voluntarios realicen monitoreos en las aguas superficiales para conocer la calidad del agua y las implicaciones positivas que tiene en la salud. También ha desarrollado un maletín de campo que permite la medición de ciertos parámetros fisicoquímicos. De esta manera surge un acercamiento entre las comunidades y la academia. Los participantes en esta organización comprenden temas relacionados con las cuencas hidrológicas, impactos de actividades humanas en los ecosistemas, se capacitan en el monitoreo de la calidad de agua, y a largo plazo apoyan en el desarrollo de políticas y planes de acción con respaldo científico y la participación ciudadana y de las autoridades locales (GWW, 2016 a).

En lugares como Ontario Canadá, se desarrolló una Red Ciudadana de Vigilancia Ambiental, formada desde 1996, en donde las estaciones de monitoreo del agua se redujeron y el gobierno empezó a cobrar por los datos de la calidad del agua. Es así como la red que monitoreaba parámetros químicos y bioindicadores, fue iniciada por académicos y se fue modificando con el paso del tiempo para poder incorporar un mayor número de participantes (Savan *et al.*, 2003).

En México, existen diversos grupos que monitorean la calidad del agua. Entre ellos destacan los promovidos por GWW-México. Los trabajos que realizan se enfocan en el monitoreo de cuerpos de agua como manantiales, ríos y pozos. Se localizan principalmente en el estado de Veracruz, seguido de Chiapas y Michoacán entre otros (Flores-Díaz *et al.*, 2013).

Burgos *et al.* (2013) trabajó en un área rural del país que sufría escasez de agua, una intensa insolación y un nivel socioeconómico bajo en la cuenca del río Balsas, ahí se midió la calidad del agua y se desarrolló toda una red de monitoreo comunitario. En este trabajo los objetivos y procesos identificados se trabajaron por tres años, durante los cuales se detectó que éstos debían ser ajustados a las condiciones y al contexto del propio socioecosistema.

Estudios como el realizado por Perevochtchikova *et al.* (2016), en el Ajusco, Ciudad de México; demuestran el potencial del monitoreo comunitario participativo. Esta zona presenta condiciones de estudio semejantes a las de la Cuenca del río Magdalena. Aquí se desarrolló e implementó el monitoreo de manantiales que son importantes para la comunidad y se identificó la presencia de bacterias en ellos. Así mismo, los participantes fueron capacitados en las técnicas de monitoreo y durante todo el proceso la comunidad se vio involucrada. Adicionalmente, se plantearon estrategias para dar continuidad al proyecto.

Ramos (en proceso) llevó a cabo un proceso de monitoreo participativo en la CRM, ahí identificó a los actores locales que podrían participar en las diferentes etapas del proceso, los elementos de interés a monitorear (reforestación y calidad ecológica del

río) y seleccionó y/o diseñó las técnicas de monitoreo. Para la calidad ecológica del río propuso monitorear parámetros fisicoquímicos con el maletín de campo Alabama Water Quality Monitoring Kit de la marca LaMotte® y los análisis bacteriológicos con los medios de cultivo Coliscan® EasyGel®.

Para la calidad ecológica de la ribera, propone utilizar la evaluación propuesta por Encalada *et al.* (2011) para los ríos andinos y que a través de evaluaciones cualitativas de la ribera (imágenes y fotografías), asigna un puntaje y se obtiene un índice. Para la calidad biológica del río, propone identificar macroinvertebrados reconocidos a lo largo de un transecto de 100 m y obtener un puntaje final que permite contar con una aproximación de la calidad biológica del río (Ramos en proceso).

Posteriormente seleccionó, de manera conjunta con los actores locales, los puntos a monitorear y los acompañó en la toma, el análisis, la interpretación de los datos y en las discusiones grupales, de junio de 2013 a mayo de 2014. Así mismo, desarrolló un manual de campo en donde recopiló toda esta información para su uso por parte de los actores locales (Ramos en proceso). La figura 1, muestra un resumen de los acontecimientos que consolidaron el proceso de monitoreo participativo en el río Magdalena, Ciudad de México.

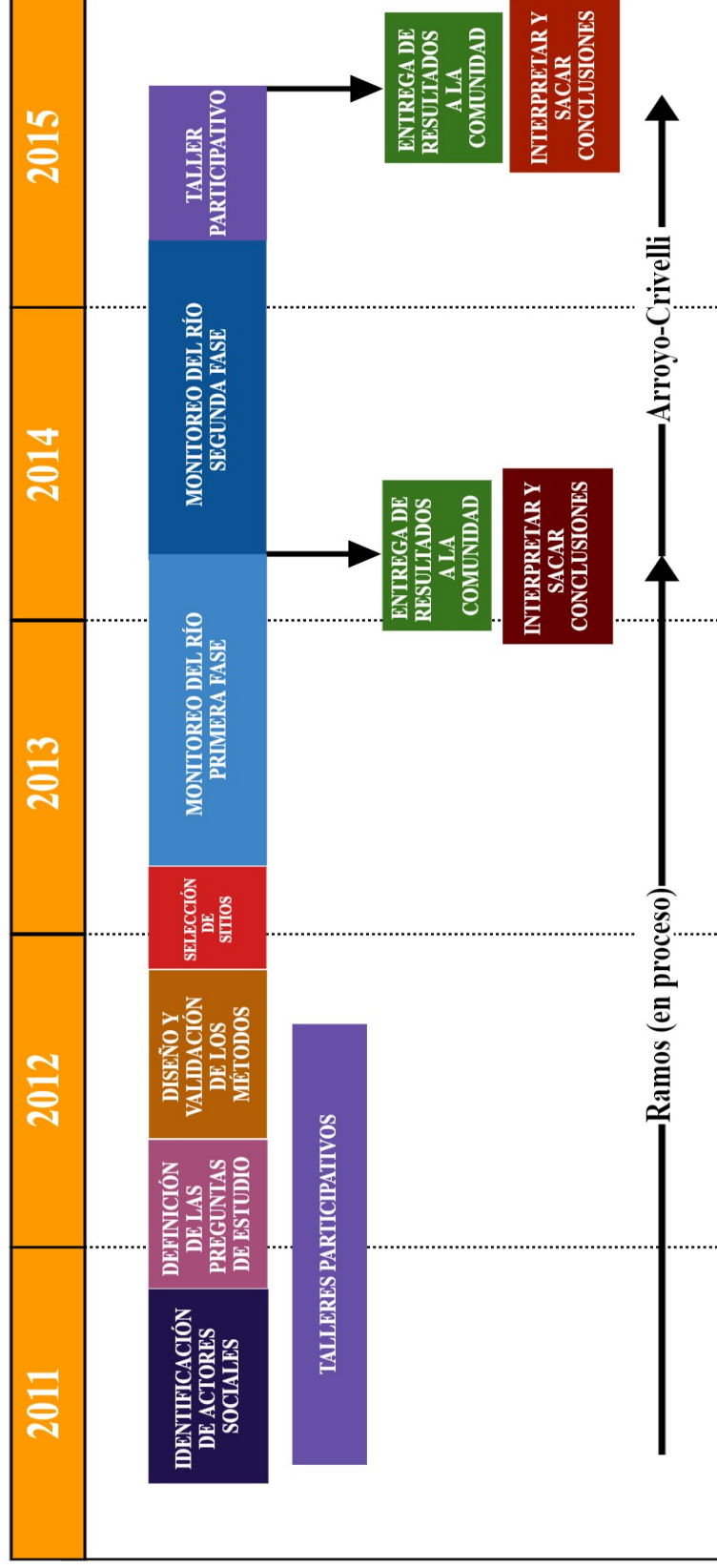


Figura 1. Proceso de monitoreo participativo en el río Magdalena, Ciudad de México. Se muestra la consolidación del proceso iniciada por Ramos y la continuación del mismo, realizada en este trabajo. Fuente: elaboración propia con base en comunicación personal con Ramos.

V. Materiales y métodos

Este proyecto está basado en lo propuesto por Ramos (en proceso) para monitorear la calidad ecológica del río Magdalena. A partir de esto, se llevó a cabo mediante dos ejes.

El primero de ellos fue el de la participación de los actores locales. Se trabajó con los interesados en conocer la calidad del agua del río y las condiciones de la ribera. La capacitación en la toma y el análisis de datos fue una parte fundamental a lo largo del trabajo de campo. También durante este proyecto los participantes retroalimentaron continuamente el método y realizaron observaciones acerca de la mejora del mismo.

El segundo eje de este trabajo fueron los métodos empleados en la cuantificación de la calidad ecológica. Se enfocaron principalmente en cuatro parámetros. Las bacterias conformaron el primer parámetro y se cuantificaron utilizando los medios de cultivo Coliscan® EasyGel®. El segundo fueron los parámetros fisicoquímicos con el maletín de campo Alabama Water Quality Monitoring Kit para monitorear ríos de la marca LaMotte®. Para la calidad de la zona de ribera, se tomó como referencia lo propuesto por Encalada *et al.* (2011). Finalmente, los macroinvertebrados fueron evaluados con lo propuesto por Ramos (en proceso).

La figura 2, muestra un resumen general del método para monitorear la calidad ecológica del río Magdalena, a través de un proceso participativo.

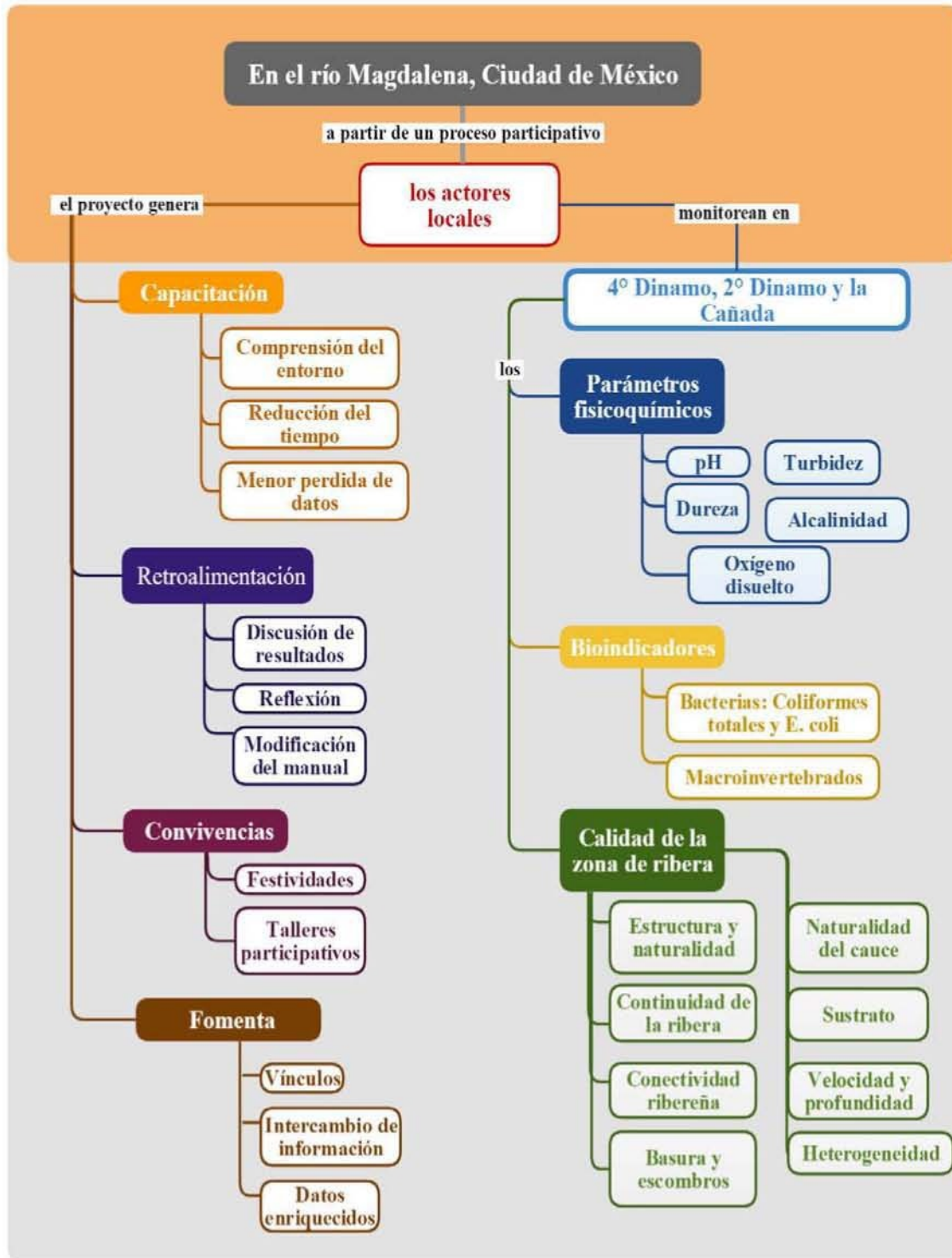


Figura 2. Diagrama metodológico del monitoreo participativo de la calidad ecológica del río Magdalena, Ciudad de México. Fuente: elaboración propia.

1. Área de estudio: el río Magdalena, Ciudad de México

Este trabajo se desarrolló en el río Magdalena, que se encuentra localizado al suroeste de la Ciudad de México (19°15' N y 99°17'30" O), dentro de los bosques pertenecientes a la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic. El río da el nombre a la CRM y ésta abarca una superficie aproximada de 2925 ha (Facultad de Ciencias, 2008).

Esta área pertenece al Suelo de Conservación de la Ciudad de México (SC-CDMX), el cual suministra servicios ecosistémicos fundamentales para la ciudad como la recarga del acuífero, la estabilización de los suelos, la captura de carbono, la retención de partículas y la regulación del clima. De igual forma dentro de estos ecosistemas la biodiversidad, las actividades de producción y recreación forman parte de la vida cotidiana de ejidos y comunidades que son en su mayoría los propietarios (Sheinbaum, 2011; Perevochtchikova *et al.*, 2016).

La comunidad agraria de Magdalena Contreras Atlitic cuenta con la mayor extensión de tierra dentro de la CRM con 2 393 ha. Los títulos de propiedad que tiene se remontan a 1535 y fueron reconocidos como “bienes comunales” en el siglo XX con el reparto agrario. Actualmente cuenta con 1779 comuneros censados y un total de 300 participan en las reuniones de la Asamblea General. Sin embargo, existen litigios, derivados de problemas de invasiones o ventas ilegales (Ramos, 2008).

La principal actividad económica de la CRM son las actividades recreativas, entre las pocas actividades productivas que se desarrollan en la CRM están la agricultura, el pastoreo, la piscicultura, la recolecta de hongos y leña (Ramos, 2008).

La CRM tiene una población de 25,582 habitantes, el 36% de ellos tienen instrucción pos-primaria y 4% es analfabeta. Su población económicamente activa corresponde al 39%. Un 11% se emplea en el sector secundario y 26% en el terciario. El 30% son obreros o empleados y el 0.9% son jornaleros o peones. (Jujnovsky, 2006, 2012; Galván, 2014).

Dentro de la CRM existe una diversidad de actores que incluye a los comuneros, personas que trabajan en las actividades de recreación, grupos que ofertan servicios de turismo de naturaleza y/o de educación ambiental, los vecinos que pueden ser o no ser comuneros, los visitantes y los grupos académicos, todos ellos interactúan en el día a día dentro y fuera de la cuenca (Ramos, en proceso).

El río Magdalena nace a los 3557 m snm, en el paraje de Cieneguillas en los cerros Palma, San Miguel, Cochinos, Coconetla y a lo largo de su curso se va dirigiendo al NE. Se abastece continuamente por los manantiales de Cieneguillas, los Cuervos, San Miguel Ceresia, Temascalco, San José, Potrero, Apapaxtla, las Ventanas y Pericos. Entre los arroyos que son tributarios destacan: el de Pericos, los de Cuaxuya, Cerería, Malancoachac, Lihuaya y Potrero (Facultad de Ciencias, 2008).

El río abarca parte de las delegaciones Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Coyoacán. Es perenne gracias a los aportes de los manantiales en la parte alta de la cuenca, además el río Eslava es el mayor tributario del Magdalena. Al noroeste colinda con las cabeceras de los ríos Hondo, Mixcoac, Barranca de Guadalupe y San Miguel, las cuales se unen al río en la parte baja de la cuenca y forman el río Churubusco. (Jujnovsky, 2006, 2012; Facultad de Ciencias, 2008).

En la parte alta de la cuenca el cauce del río es angosto descendiendo hacia los 2800-2300 m snm, la pendiente modifica la dinámica y le da aspecto de rápidos. Desciende a través de la cuenca y cruza 14.8 km del SCCDMX y continúa su recorrido dentro de la ciudad por unos 13.4 km, hasta desembocar en el colector de la avenida río Churubusco. Su curso transcurre por un área natural en un 52.5% y en área urbana un 47.5% (Facultad de Ciencias, 2008; Jujnovsky, 2012; Caro-Borrero, 2016).

Presenta diversas unidades edáficas provenientes de un sustrato geológico volcánico. En el área se encuentran tres tipos de suelos: andosoles, feozems y litosoles. Todos ellos se asocian con el material geológico parental, el grado de alteración física, la química de las rocas, la pendiente y los procesos erosivos, (León, 2011).

El clima de la cuenca se puede dividir en templado subhúmedo C (w2) (w) b (i “) que se presenta en la parte urbana y se extiende hasta los 3050 m snm y en clima semifrío (C (b’) (w) b i), en la parte más alta de los 3100 a los 3800 m snm. La temperatura media anual es de 13.4° C y la temporada de lluvias se presenta de junio a octubre con una precipitación de 1200 a 1500 mm y la temporada de secas se presenta de noviembre a mayo (Dobler, 2010).

Los tipos de vegetación dominante en la CRM son el bosque de *Abies religiosa* (46%) que se distribuye desde los 2750 a los 3500 m snm, el bosque de *Pinus hartwegii* (29%) desde los 3420 hasta los 3800 m snm, el bosque de *Quercus* (8.3%) y el bosque mixto (1.3%) desde los 2600 hasta los 3370 m snm y con una menor distribución el pastizal (7.2%) y el bosque mesófilo de montaña (0.2%) (Nava, 2003; Ávila-Akerberg, 2010).

El monitoreo se realizó en los tres sitios de monitoreo (Fig. 3) propuestos por Ramos (en proceso). El primero de ellos el 4° Dinamo, que se localiza a 3118 m snm dentro del bosque de *Abies religiosa*. En este sitio se realizan actividades recreativas, sin embargo, debido a su ubicación en la parte alta de la cuenca, la presencia de los visitantes es menor respecto a las partes bajas. Una de las principales actividades que se llevan a cabo en este sitio es el turismo de naturaleza y rituales religiosos, entre otros. También ocasionalmente se observa la presencia de ganado (Ávila-Akerberg, 2010).

El 2° Dinamo se localiza a 2970 m snm, ubicado dentro del bosque de *Abies religiosa*. Este sitio está destinado para actividades recreativas (restauranteras principalmente). A las orillas del cauce se puede observar la presencia de infraestructura y es común observar la presencia de visitantes (corredores) en los alrededores. También se han encontrado vestigios de rituales religiosos (Nava, 2003; Ávila-Akerberg, 2010).

La Cañada se encuentra en la parte más baja de la cuenca respecto a los dos sitios anteriores. Con una altitud de 2633 m snm, es el sitio que presenta un mayor grado de perturbación debido a que es aquí donde se realiza el mayor número de actividades

recreativas. Por su cercanía con la ciudad y su fácil acceso recibe un mayor número de visitantes (Nava, 2003; Ávila-Akerberg, 2010).

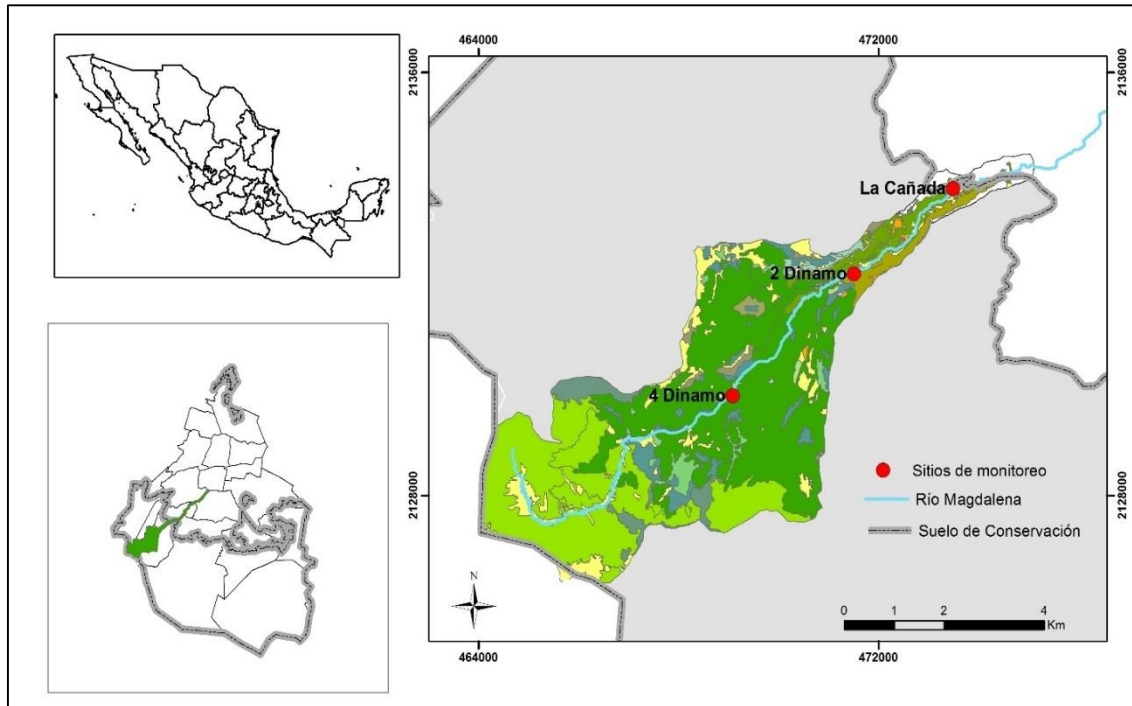


Figura 3. Ubicación del río Magdalena, Ciudad de México. También se muestran, la CRM, de los tres sitios de monitoreo, el Suelo de Conservación y la parte urbana. Fuente: elaboración propia con base en INEGI 2010.

2. Capacitación de actores locales

Se dio continuidad al grupo de trabajo que monitoreó el río durante el periodo previo (2013-2014) y los nuevos participantes que se incorporaron, fueron invitados a través de las reuniones de la Asamblea General o por una invitación personal por parte de los participantes.

Para analizar la participación del grupo de trabajo formado por comuneros, comerciantes, prestadores de servicios (turismo de naturaleza) y vecinos, se registró la asistencia al monitoreo. Durante la etapa previa Ramos (en proceso) y los participantes establecieron que una participación arriba del 80% se catalogaría como alta, entre el 60-80% media e inferior al 60% se consideraría baja.

Como parte del proyecto, se realizó una etapa de entrenamiento (junio y julio de 2014), para que los participantes se familiarizaran con el material de trabajo y los integrantes del grupo académico. Los datos colectados durante este periodo no se emplearon en este trabajo; ya que el objetivo fue practicar los métodos y revisar aspectos relativos a la organización.

Se llevó a cabo un registro de lo observado por los participantes en el Anexo B (Hoja de campo para la evaluación visual del sitio). En donde se señalaron las principales actividades antropogénicas en los sitios de monitoreo y algunas anomalías. Durante todas las sesiones de monitoreo, se realizaron discusiones de los resultados del mes y los nuevos hallazgos.

Para fortalecer los vínculos formados entre los participantes y miembros de la academia, se asistió a actividades importantes para los participantes como la celebración de fin de año, la Feria de la Trucha y la Quesadilla y la clausura del monitoreo.

Durante todo el ciclo de monitoreo, se trabajó con el manual de campo propuesto por Ramos (en proceso) y al tratarse de un proceso participativo y de constante interacción iteración, los monitores sugirieron cambios para facilitar su uso e interpretación. Una vez revisado y editado por ellos mismos, se llevó a cabo una sesión en donde se hizo entrega del mismo y además se explicó su uso (Anexo A). Se acordó que los participantes que cubrieron una asistencia mayor al 80%, fueron quienes recibieron un ejemplar.

Una vez finalizado el ciclo de monitoreo se dialogó con grupos de trabajo. Éstos estaban conformados por miembros de la academia, las autoridades comunales y los monitores (Geilfus, 2002). Se analizaron los resultados del monitoreo, la participación, así como los éxitos y los retos que implica el monitoreo a corto plazo (próximo año).

De acuerdo con Danielsen *et al.* (2005) es fundamental en los procesos participativos entregar los resultados obtenidos a los actores locales. Es por esto que un mes después

de concluirse los monitoreos, se realizó la entrega oficial de los resultados del monitoreo participativo. En esta entrega asistieron las autoridades de la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, miembros de la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C., el presidente del Comité de Cuenca del río Magdalena, miembros de la Delegación Magdalena Contreras, actores locales, los participantes del proyecto y público en general. Durante la ceremonia, se presentaron a los asistentes, los resultados preliminares del monitoreo y se abrió un espacio de resolución de dudas, comentarios y observaciones para mejorar el proyecto. Se reconoció la constancia y dedicación de los monitores más destacados.

3. Proceso de monitoreo

El término de “calidad ecológica” abarca aspectos morfológicos, geológicos, climáticos, edafológicos, procesos biológicos y de la vegetación de ribera, que permiten conocer la estructura y el funcionamiento de este ecosistema. Además, permite observar los cambios que han tenido los ecosistemas a lo largo del tiempo, causados en su mayoría por actividades antropogénicas (Munné y Prat, 2004; Stoddard *et al.*, 2006).

La calidad ecológica de los ríos es un parámetro de la salud del ecosistema, incluye los alrededores como componentes del ambiente acuático. Para lograr un diagnóstico integral se consideró la información proporcionada para la ribera y las áreas adyacentes, incluyendo también a los organismos que habitan en él. Es necesario medir los componentes claves del ecosistema como la vegetación de ribera, el canal del río, las comunidades biológicas; los parámetros fisicoquímicos, para obtener una evaluación integral (Encalada *et al.*, 2011).

Posteriormente seleccionó, de manera conjunta con los actores locales, los puntos a monitorear y los acompañó en la toma, el análisis, la interpretación de los datos y en las discusiones grupales, de junio de 2013 a mayo de 2014. Así mismo, desarrolló un manual de campo en donde recopiló toda esta información para su uso por parte de los actores locales (Ramos en proceso).

Los bioindicadores, pueden definirse como “una especie o un grupo de especies que reflejan fácilmente el estado biótico o abiótico de un ambiente, además representa el impacto ambiental sobre un hábitat, una comunidad o el ecosistema, también puede ser indicativo de la diversidad de un taxón o de la mayoría de la biodiversidad dentro de un área” (Hodkinson y Jackson, 2005). En este estudio se utilizaron dos tipos de bioindicadores las bacterias y los macroinvertebrados (Ramos en proceso).

Para el análisis bacteriológico se utilizó el medio de cultivo Coliscan® EasyGel® que detecta Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de *Escherichia coli* (*E. coli*) y de otras bacterias coliformes presentes en el agua (Micrology Laboratories, LLC), que sirven como indicadores de contaminación fecal (Fig. 4).

Para cada sitio de monitoreo, se realizaron tres repeticiones (Anexo B, hoja de análisis bacteriológicos), teniendo en total nueve repeticiones. (Ver Anexo A, sección análisis bacteriológicos).

Para conocer la calidad del agua en diversos estudios a nivel mundial, los análisis más comunes que se realizan son el pH, la temperatura, la turbidez, los niveles de amonio y fosfatos, Otras características que facilitan su implementación son el bajo costo, los métodos simples y seguros. En general dan una aproximación acerca de la calidad del agua y en caso de existir registros previos, su comparación se facilita. Entre los usos que se les puede dar a los datos obtenidos, se encuentran medidas de prevención o remediación (Savan *et al.*, 2003).



Figura 4. Análisis bacteriológicos realizados en conjunto con los actores locales en el río Magdalena Ciudad de México. De izquierda a derecha: a) Cajas de Petri; b) Medio de cultivo Coliscan® Easygel®; c) Colecta de la muestra en el río; d) proceso de vaciado en las cajas de Petri; e) Acomodo de las cajas de Petri; f) Proceso de solidificación del medio de cultivo; g) Incubación y h) Conteo de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC). Fuente: trabajo de campo 2014-2015.

Los parámetros fisicoquímicos que se cuantificaron en el agua del río Magdalena fueron la temperatura del agua y el aire, el pH, la dureza, la alcalinidad, el oxígeno disuelto y la turbidez. El pH, la dureza y la alcalinidad se evaluaron a través de métodos colorimétricos, lo que facilita su interpretación y permiten determinar un valor concreto y posteriormente asignar un significado. En el oxígeno disuelto una parte se basa en colorimetría y permite cuantificar el porcentaje disuelto en el agua. Para la turbidez se utilizó como referencia agua purificada, para ser comparada con la del río. La toma de datos fisicoquímicos se realizó a partir de las especificaciones del maletín Alabama Water Quality Monitoring Kit para monitorear ríos de la marca LaMotte® (Fig. 5; ver Anexo A, sección fisicoquímicos).

Para la calidad ecológica de la ribera, se utilizó la evaluación propuesta por Encalada *et al.* (2011) para los ríos andinos y que a través de evaluaciones cualitativas de la ribera (imágenes y fotografías), asigna un puntaje y se obtiene un índice. Para la calidad biológica del río propone identificar macroinvertebrados reconocidos a lo largo de un transecto de 100 m y obtener un puntaje final, que permite contar con una aproximación de la calidad biológica del río (Ramos en proceso).

Para medir la calidad de la zona de ribera, se utilizaron las hojas de campo (Anexo B, Hojas para la evaluación visual del sitio). Esta tuvo como finalidad conocer aspectos cualitativos del río y la ribera. Siguiendo el protocolo propuesto por Encalada *et al.* (2011) se evaluó la calidad de la zona de ribera a través de imágenes que tenían un valor asignado previamente, se compararon con lo observado y se asignó un puntaje para cada uno de los parámetros. Finalmente se sumaron y el puntaje final indica la calidad de la zona de ribera. Esta puede pertenecer a alguna de las diferentes categorías como pésima, moderada, buena o excelente (Anexo A, sección calidad de la zona de ribera).



Figura 5. Diferentes etapas de los análisis fisicoquímicos del río Magdalena Ciudad de México, realizados conjuntamente con los actores locales. De izquierda a derecha: a) Termómetro para medir la temperatura ambiental; b) Análisis de pH; c) Vista del manual de campo y del maletín LaMotte® para monitorear ríos; d) Participantes realizando el análisis de dureza; e) Análisis del oxígeno disuelto y f) Participantes llevando a cabo el análisis de turbidez. Fuente: trabajo de campo 2014-2015.

Para el análisis de macroinvertebrados se realizó una búsqueda aleatoria (en zigzag) en un transecto de 100 metros al interior del cauce y en la ribera, para coleccionar a los organismos (Fig. 6). Al finalizar, se identificaron, se les asignó un puntaje y se les clasificó dentro de alguna de las categorías (Ramos en proceso; Anexo A, sección calidad biológica a través de macroinvertebrados).



Figura 6. Colecta e identificación de macroinvertebrados, realizada en conjunto con los actores locales. De izquierda a derecha: a) Búsqueda de los organismos en el lecho del río; b) Colocación en la charola de identificación; c) y d) Organismos colectados; e) Organismos en frascos para su identificación y f) Se explica el tipo de organismo reconocidos. Fuente: Trabajo de campo 2014-2015. Fotografías cortesía de Leonel Contreras González

Para cada uno de los parámetros que conforman la calidad ecológica del río se evaluaron diferentes indicadores. El cuadro 1 muestra un resumen general de en qué consiste cada parámetro y el equipo empleado para su medición.

Arroyo-Crivelli (2017)

Cuadro 2. Resumen de los métodos realizados en el río Magdalena, Ciudad de México

Análisis	Participación	Físico-químicos	Bacterias	Calidad de la zona de ribera	Macro-invertebrados
	Aportaciones	pH		Basura y escombros	Beatide
	Asistencia	Dureza	<i>E. coli</i>	Composición del sustrato Conectividad de la vegetación ribereña	Chironomidae Heptagenidae
Indicadores	Bases de datos	Alcalinidad		Continuidad de la ribera	Hydracarina
	Manejo del equipo	Oxígeno disuelto	Coliformes	Elementos de heterogeneidad Estructura y naturalidad de la ribera	Oligochaeta Planariidae
		Turbidez		Naturalidad del cauce	Polycentropodidae
Método	Discusiones, talleres, convivencias, diálogos	Análisis <i>in situ</i>	Colecta, incubación y conteo	Regímenes de velocidad y profundidad	Simulidae
	Material de papelería	Maletín LaMotte® para ríos	Coliscan® EasyGel®	Evaluación visual	Colecta de organismos y cálculo de índice
Equipo	Fotos Video	Guantes Botas Manual de campo Recipientes de desecho	Pipetas estériles Guantes Desinfectantes Incubadora Bolsas herméticas Manual de campo	Manual de campo Guantes Botas Medidor de la velocidad y profundidad	Manual de campo Guantes Botas Pinzas Lupas

VI. Resultados y discusión

1. Calidad ecológica del río

Las bacterias muestran que las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) tanto para *Escherichia coli*, como para coliformes totales se incrementaron cuenca abajo, siendo el 4° Dinamo el sitio con menor cantidad de UFC, seguido del 2° Dinamo y la Cañada presentó un mayor número (Fig. 7). La *E. coli* representó únicamente el 10% de las coliformes totales y existen meses en donde no se detectó la presencia de ninguna UFC.

Otros estudios como el realizado por la Facultad de Ciencias (2008) reportan que desde que nace el río (Cieneguillas) hasta el 4° Dinamo se ha detectado contaminación microbiológica de origen fecal. Del cuarto al primer dinamo se han encontrado coliformes que se incrementan en fechas festivas. Los resultados de Mazari-Hiriart *et al.* (2014), encontraron que las bacterias no incrementan significativamente hasta que el río Magdalena entra en contacto con la parte urbana y recibe los aportes del río Eslava.

Los resultados de este trabajo coinciden con lo reportado por Mazari-Hiriart *et al.*, (2014) y Caro-Borrero (2016), donde se confirmó por los participantes como la contaminación incrementa cuenca abajo. Esta es una herramienta de información para los actores locales, ya que funcionan como un primer indicio para conocer lo que acontece en el río. El análisis fue considerado de suma importancia para los monitores, sin embargo, se presentaron inconvenientes asociados al manejo del equipo cómo el temor a dañarlo y a responsabilizarse de más etapas del proceso. Conforme los meses fueron avanzando, los monitores adquirieron mayor confianza y poco a poco se responsabilizaron de los análisis bacteriológicos.

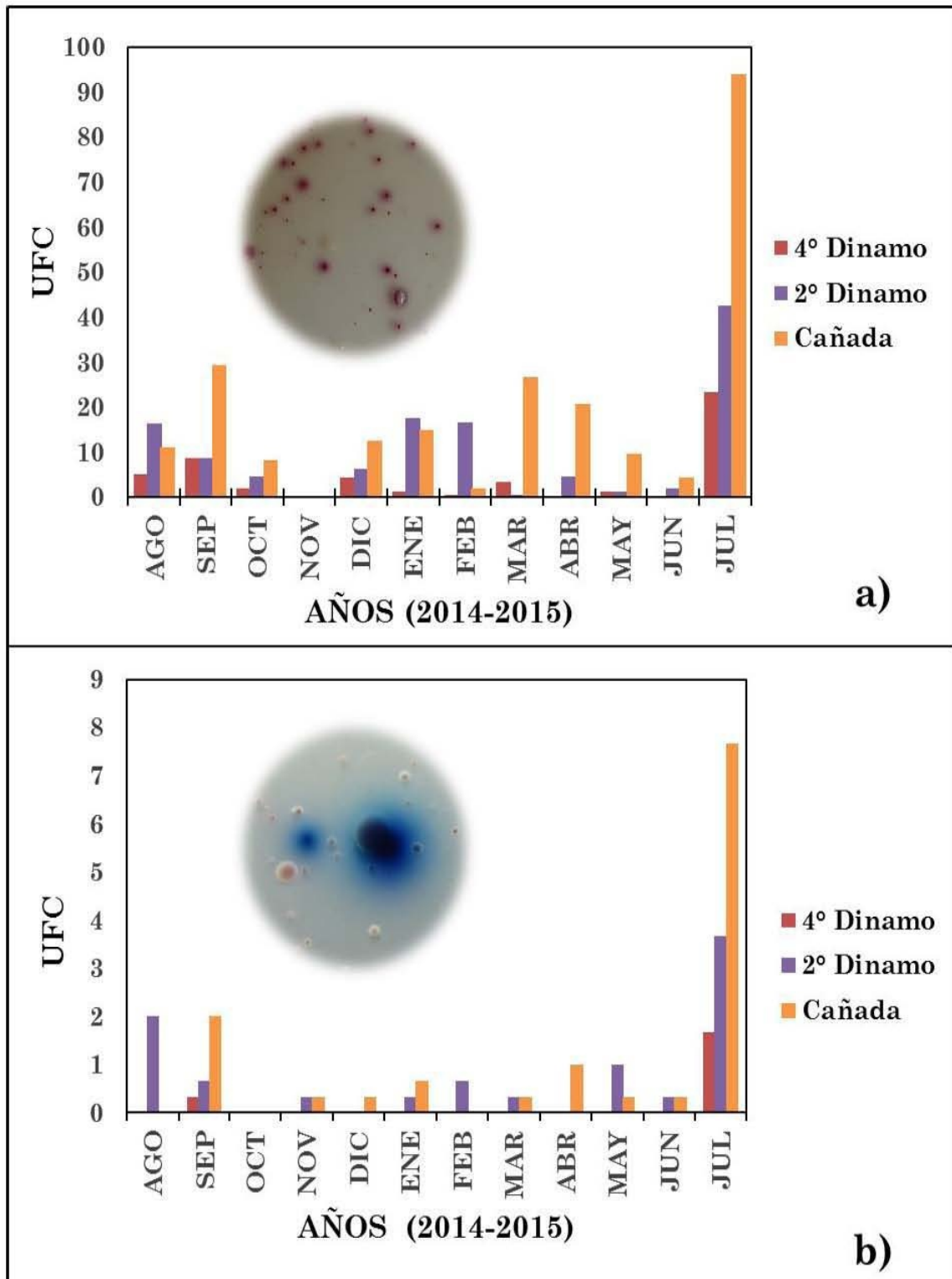


Figura 7. Resultados de las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) para los análisis bacteriológicos del río Magdalena, Ciudad de México: (a) Coliformes totales, (b) *Escherichia coli*. Los meses que no presentan datos corresponden a la ausencia de UFC.

Los análisis restantes utilizaron diversas categorías para evaluarse (cuadro 2). En los parámetros fisicoquímicos se emplearon los valores propuestos por el maletín de campo Alabama Water Quality Monitoring Kit de la marca LaMotte®, Encalada *et al.*, 2011 y los macroinvertebrados son una propuesta de Ramos (en proceso).

Cuadro 3. Categorías para la interpretación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos, de la calidad de la zona de ribera y macroinvertebrados del río Magdalena, Ciudad de México.

Parámetro	Unidad	Valor	Significado
Dureza	mg/l de CaCO ₃	0-20	Suave
		21-60	Moderadamente suave
		61-120	Moderadamente dura
		121-180	Dura
		>180	Muy dura
Alcalinidad	mg/l	20	Mínimo aceptable
		<25	Pobrementemente amortiguadas
		25-75	Moderadamente amortiguadas
		>75	Muy amortiguadas
Oxígeno disuelto	%	<60	Pobre, el agua está muy caliente o las bacterias están usando el oxígeno disuelto
		60-79	Aceptable para la mayoría de la vida animal
		80-125	Excelente para la mayoría de la vida animal
		>125	Demasiado alto
Calidad de la zona de ribera		0-10	Pésima
		11 - 20	Mala
		21-28	Moderada
		29-35	Buena
		>35	Excelente
Macro-invertebrados		>6	Saludable
		05-jun	Medianamente contaminado
		04-may <4	Contaminado Severamente contaminado

Los parámetros fisicoquímicos se realizaron sin mayor inconveniente, cada uno de ellos presentó diferentes tendencias. El pH fue el análisis más estable de todos. Esto se debe a que a lo largo del año y para cada uno de los tres sitios su valor fue de 7, que significa que el agua del río tiene un carácter neutro.

En el caso de la dureza se observa (Fig. 8, a) que los valores se modificaron a lo largo del año, pero que la calidad del agua nunca cambió de categoría, es decir, todos los meses se encontraron dentro de la categoría de moderadamente suave. La alcalinidad presentó un patrón similar al de la dureza (Fig. 8, b) al tener diversos valores a lo largo del año, pero igualmente permaneció dentro de la misma categoría (Goyenola, 2007).

El oxígeno disuelto se ubicó dentro de dos categorías (Fig. 9, a). La primera de ellas corresponde a aceptable para la mayoría de la vida animal donde se ubican un 75% de los datos registrados. La segunda de ellas es la categoría de pobre, en donde el agua está muy caliente o existen bacterias que están utilizando el oxígeno. Estas variaciones se atribuyen a la hora en la que se llevó a cabo la toma de muestras en esos meses fue modificada.

La turbidez fue un parámetro muy estable, un 80% de los meses obtuvo un valor 2 JTU (Unidades de Turbidez de Jackson) y el 20% restante varió desde 5 hasta 15 JTU (figura 9, b). Esto ocurrió durante la temporada de lluvias (junio, julio y septiembre), donde los aportes al río se incrementan.

La interpretación de la turbidez fue un tema común de discusión, cuando se observaba una mayor presencia de sedimentos, existía la duda de cómo interpretar el resultado (Anexo A, sección turbidez), debido a que es un análisis que requiere de una observación cuidadosa de quien lo realiza. Al momento de existir algún inconveniente respecto a cuantas JTU correspondía, se pedía a todos los participantes que observaran la muestra y por medio de un consenso se determinaba el valor.

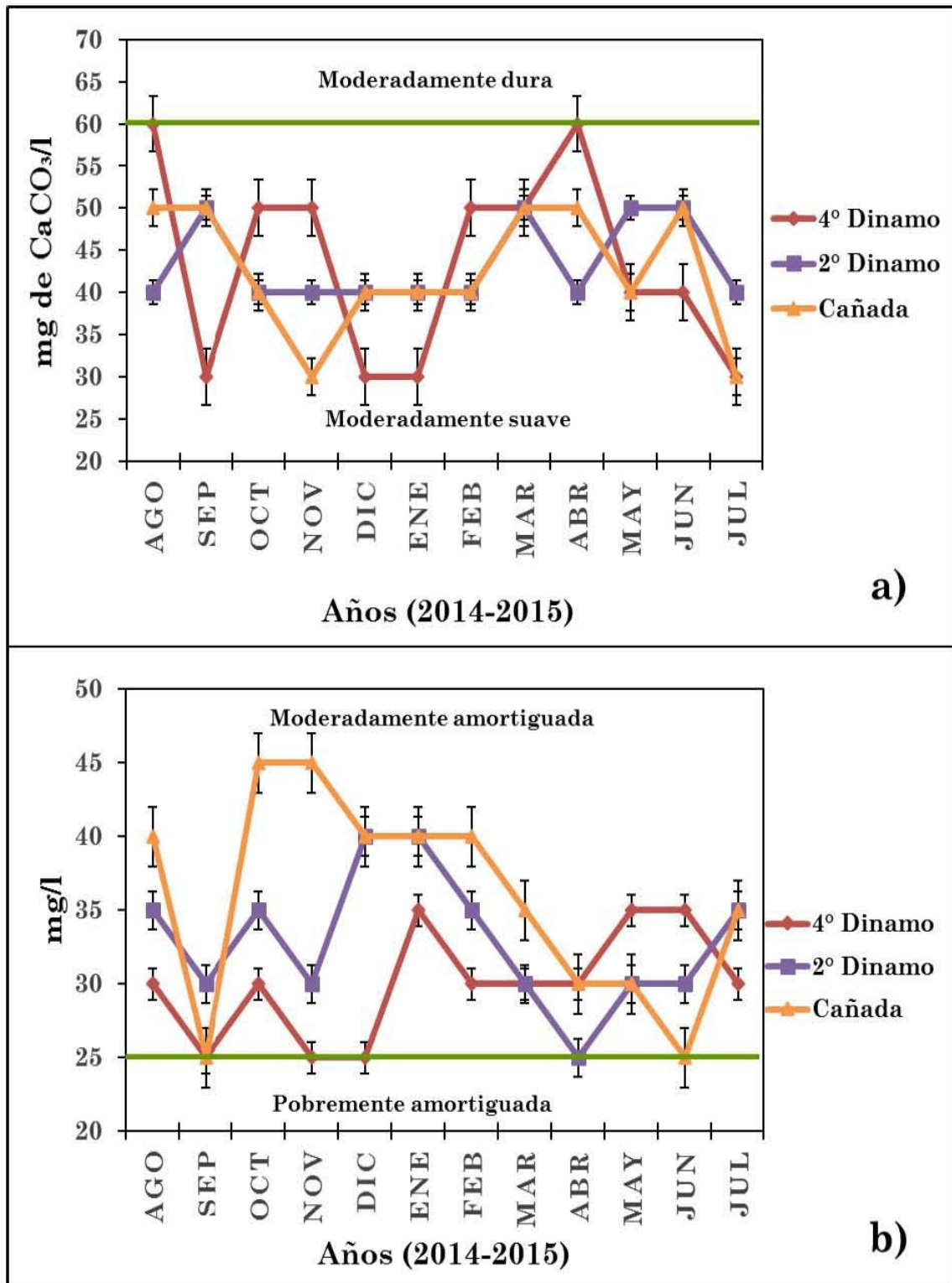


Figura 8. Resultados de la dureza (a) y la alcalinidad (b), expresados en miligramos por litro (mg/l), para el río Magdalena, Ciudad de México.

La calidad de la zona de ribera muestra diversas tendencias (Figura 10), en general se observa que la calidad de la zona disminuye conforme se llega a la zona baja de la cuenca y se aproxima hacia la parte urbana. En esta evaluación los datos aparecen en tres categorías distintas (cuadro 2). La primera denominada “moderada”, alberga menos del 3% de los datos. La siguiente categoría denominada “buena” alberga un 67% de todos los datos y finalmente la categoría de “excelente” incluye un 30% del total.

El sitio de la Cañada oscilo entre la categoría de moderado y bueno, por otra parte, el 2° Dinamo y 4° Dinamo, se ubicaron dentro de las categorías de bueno y excelente (Fig. 10). Cabe destacar que se esperaría que el 4° Dinamo obtuviese siempre un puntaje mayor al 2° Dinamo y este a su vez uno mayor al de la Cañada, sin embargo, esta tendencia no es evidente.

Una de las causas de estas diferencias es que el análisis se realizó por diversas personas, ya que la dinámica del monitoreo consistía en que los participantes realizaran un análisis diferente en cada uno de los sitios. Al estar sujeto a la percepción de cada monitor, este puede determinar de manera diferente el estado en el que se encuentra la calidad de la zona de ribera.

El mes con mayor variación con respecto a los otros (febrero 2015) corresponde al de menor asistencia, y este cambio en el puntaje, puede deberse a que los monitores que realizaron la evaluación, usualmente no realizan ese análisis.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por otros trabajos como el de Perevochtchikova *et al.* (2016). Se observa que los parámetros fisicoquímicos se mantienen estables a lo largo del año y que presentan ligeras variaciones. Para determinar si existen variaciones relacionadas con la estacionalidad y los sitios, sería necesario considerar otros parámetros para medir. Por otra parte, los parámetros fisicoquímicos que se utilizaron, pueden permanecer como un indicador de estabilidad del socioecosistema.

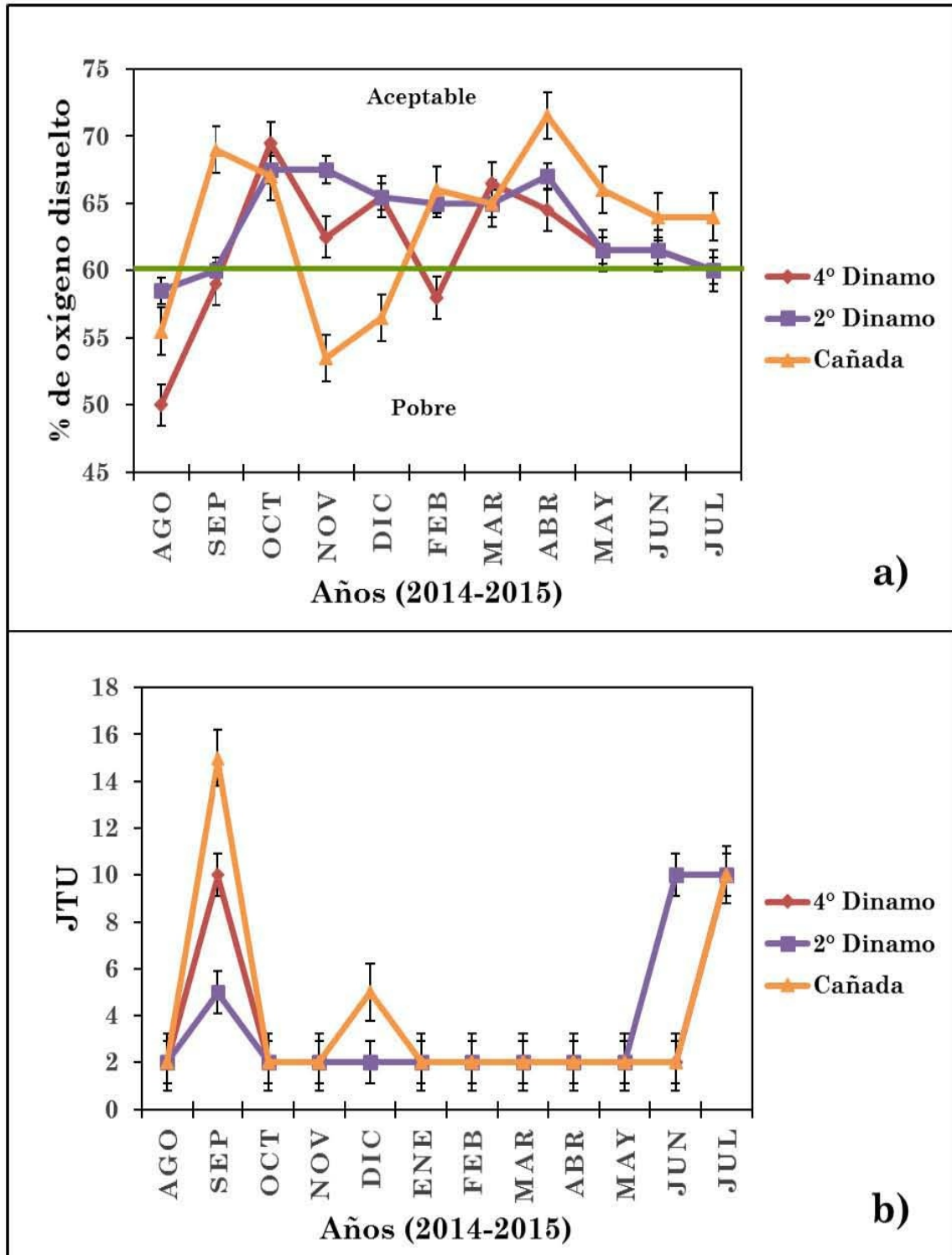


Figura 9. (a) Resultados para el oxígeno disuelto expresados en porcentaje y (b) turbidez expresada en Unidades de Turbidez de Jackson (JTU), para el río Magdalena, Ciudad de México.

También se detectó un error en la medición del caudal, este fue solucionado mediante la elaboración de un instrumento (Anexo A, sección calidad de la zona de ribera velocidad y profundidad del río), que permite medir tanto la profundidad como la velocidad del cauce del río y disminuir los errores en el puntaje final.

A partir de estos resultados y al ser comparados con otros estudios como el de Caro-Borrero *et al.* (2015), se muestra que existen variaciones dentro de los sitios ubicados en la parte del bosque de oyamel y de *Quercus*, sin embargo, el puntaje se ve modificado hasta entrar en contacto con la parte urbana y recibir los aportes del río Eslava.

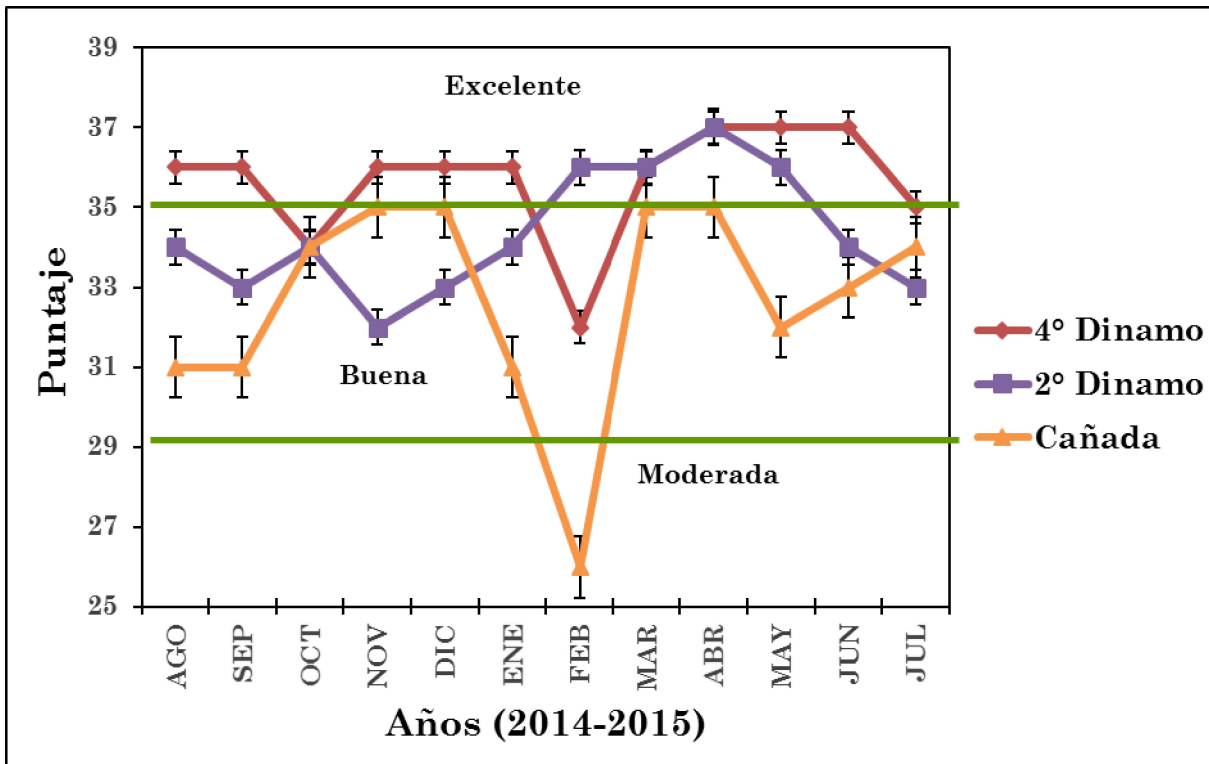


Figura 10. Calidad de la zona de ribera para los tres sitios de monitoreo en el río Magdalena, Ciudad de México.

La evaluación visual del sitio (Anexo B), permitió obtener mayor información relativa a las actividades antrópicas y recreativas, la santería y el vandalismo ambiental que se detectaron en los sitios de monitoreo. Las contribuciones de los participantes fueron en su mayoría orales y algunos detalles fueron descritos en este apartado.

Uno de los aspectos más preocupantes para los participantes fue la presencia de residuos sólidos (basura), que se encontró en todos los sitios durante todo el año. En su mayoría fue dejada a las orillas del río por los visitantes y se observó un incremento durante los periodos vacacionales (marzo, abril y diciembre) (Fig. 11, a).



Figura 11. Evidencia de deterioro en el cauce del río Magdalena, Ciudad de México: a) Presencia de basura en la Cañada; b) Presencia de ganado en el 4° Dinamo; c) Detección de vandalismo ambiental en el 4° Dinamo y d) Restos de santería. Fotografía cortesía de Moisés Alamilla Mendoza.

Ocasionalmente fue observado pastoreo en la ribera del 4°Dinamo (Fig. 11, b) en los meses de octubre y noviembre de 2015. Esto fue un hallazgo importante, debido a que se tienen registros de que la mayoría del ganado presente dentro de la CRM, pertenece a ejidos y comunidades vecinas (Ramos, 2008). También se observaron actos de vandalismo ambiental en el 4° Dinamo, durante los meses de abril y mayo de 2016 (Fig. 11, c). Es notoria la presencia de restos de rituales religiosos (santería) para los tres sitios (Fig. 11, d). Se tiene registró de su presencia en un 15% de los monitoreos.

Otro inconveniente reportado durante este trabajo fue la obstrucción del monitoreo en el 2° Dinamo. En este sitio, se impidió el paso para llegar al sitio de monitoreo. Sin embargo, los participantes comunicaron lo acontecido en las reuniones de la Asamblea General y se obtuvo el permiso del Presidente de los Bienes Comunales, para seguir trabajando en ese sitio.

La calidad biológica del río a través de macroinvertebrados fue el análisis que registró mayor variación, tanto entre los sitios como a lo largo del año de monitoreo (Fig. 12, a).

Entre las principales causas de estas variaciones se encuentran las condiciones ambientales (temperatura del agua, lluvia e incremento del caudal) y la falta de equipo de trabajo (botas, guantes, etcétera). Se observó un poco interés de los participantes durante la colecta, pero una vez obtenidos los organismos, se interesaron en su identificación a nivel de familias (Fig. 12, b).

Diversos autores como Caro-Borrero *et al.* (2015) proponen que el uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de los ríos, tiene un gran potencial para los ríos periurbanos. Sin embargo, en este estudio ha sido complicado llevar a cabo el método propuesto por Ramos (en proceso). Entre los principales factores que lo dificultan se encuentran las condiciones ambientales y la falta de interés de algunos de los participantes. Entre otros aspectos, se observó una preferencia por ciertos organismos que modificó la aleatoriedad del análisis.

Para los cuatro análisis (bacterias, fisicoquímicos, calidad de la zona de ribera y macroinvertebrados) se observó un tipo de “especialización” por parte de los monitores. Es decir que éstos realizaban los análisis en los que tenían más práctica o habilidad. Paulatinamente se convirtió en una complicación, ya que, al no realizar continuamente alguno de los análisis, los participantes olvidaron las instrucciones. Por ejemplo, en caso de llegar a presentarse la ausencia de un monitor “especializado”, los monitores restantes presentaban dificultades al realizar el análisis y el tiempo para la toma de datos se incrementaba.

Para evitar esto se sugiere dar continuidad al proceso de capacitación y en caso de ser solicitado por los participantes, se deben llevar a cabo sesiones extras de práctica del manejo de material. A través de un proceso continuo de capacitación, es posible fomentar en los monitores, la confianza en el uso de material y disminuir los errores en la colecta de datos.

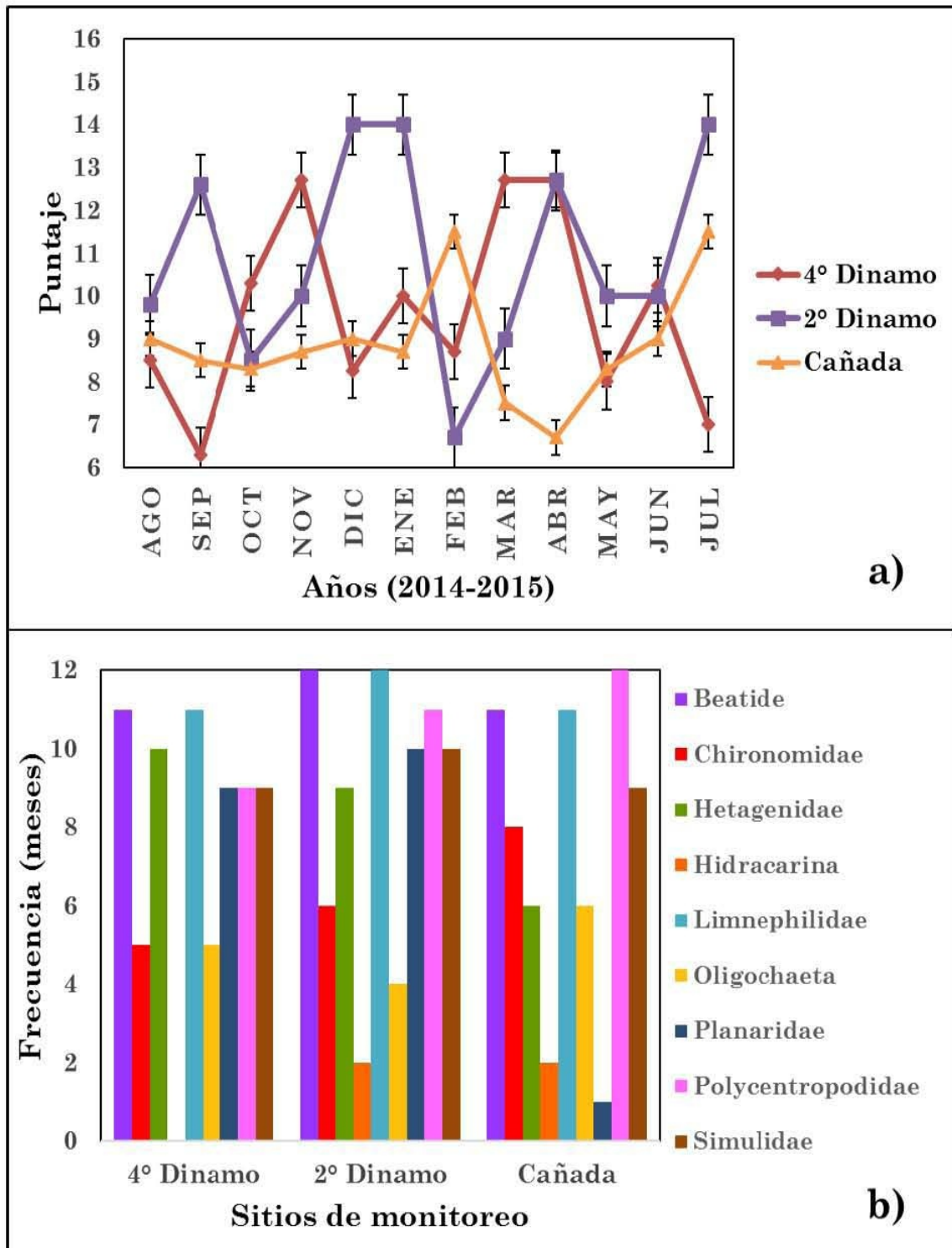


Figura 12. Macroinvertebrados (a) Calidad biológica a través de macroinvertebrados para los tres sitios de monitoreo y (b) Frecuencia de las familias encontradas en el río Magdalena, Ciudad de México.

De manera conjunta con los monitores, se realizó una segunda edición del manual propuesto por Ramos (en proceso). Estas modificaciones tuvieron como finalidad facilitar el uso del equipo de trabajo, reducir la subjetividad y disminuir el tiempo de cada uno de los análisis. Adicionalmente, la adquisición de equipo de campo especializado, pretende fomentar que los monitores participen de igual forma en todos los análisis.

El método de los macroinvertebrados, debe ser ajustado a nivel local, para que los resultados sean más concluyentes, debido a que no se observa una tendencia clara para cada uno de los sitios. Sin embargo, es importante resaltar, que mientras más específico se vuelva el análisis para la zona de estudio, su replicación en otros sitios será más complicada (Lawrence, 2006).

Para tener una base de datos más extensa, se sugiere establecer un sitio de control, con la finalidad de tener datos y comparar la precisión y exactitud de los datos, tomados por los actores locales vs la academia. De acuerdo con otros estudios (Danielsen *et al.*, 2010) el establecer un sitio de control, permite tener un punto de comparación. Es fundamental contar con este registro para darle continuidad al estudio y seguir propiciando los vínculos entre ambos actores.

La retroalimentación de los participantes fue fundamental para el proyecto. Se sugiere que se realicen más sesiones de discusión, durante cada ciclo de monitoreo. Esto para detectar si existen inconvenientes que necesiten ser solucionados en tiempo y forma. También para fortalecer los vínculos y la cooperación entre los actores involucrados y tener una responsabilidad compartida.

En la calidad ecológica, del río Magdalena valorada con los diversos métodos es aceptable. El conteo de bacterias muestra que existe contaminación fecal, desde el 4° Dinamo y se incrementan conforme se aproxima a la parte urbana, sin embargo, no se presentaron niveles críticos (Micrology Laboratories, LLC). Los parámetros fisicoquímicos presentan una estabilidad, ya que, no existe un cambio drástico dentro de las categorías utilizadas (LaMotte®).

La calidad de la zona de ribera presentó una disminución en el puntaje al acercarse a la parte urbana. El aspecto más preocupante registrado en este trabajo fue la basura, la cual se encontró en todos los sitios durante todo el ciclo de monitoreo. Este problema representa un área de acción dentro de la cuenca y que se deben trabajar estrategias colectivas para su disminución a futuro.

Es importante señalar que los involucrados dentro del proyecto deben considerar la certificación de los monitores locales. Esto significa un reto, ya que, si bien este trabajo es una aproximación, son ellos quienes deben tomar las decisiones acerca de sus recursos.

2. Participación

Durante el ciclo de monitoreo se registró una asistencia de 13 participantes, de los cuales nueve eran hombres y 4 mujeres (Fig. 13, a). Al analizar la menor participación de las mujeres, ellas contestaron que debido a sus actividades cotidianas como el trabajo y las tareas del hogar no podían asistir al monitoreo. Otro factor que les dificultaba su asistencia fue el hecho de no tener con quien encargar a sus hijos mientras asistían al monitoreo. Este resultado coincide con lo reportado por Dalahmeh *et al.* (2009), en donde a pesar del papel preponderante que tienen las mujeres dentro de las comunidades, éstas se ven apartadas de los proyectos por las tareas del hogar.

El número de asistentes al monitoreo, osciló entre dos y nueve participantes, éstos se dividieron en dos categorías, la que corresponde a los ocasionales, es decir los que no llegaron al 80% de asistencia acordado al inicio del monitoreo (Ramos, en proceso). La segunda categoría estaba conformada por los participantes que alcanzaron un 80% de asistencia (Fig.13, b). El monitoreo se realizaba con un número de entre cinco y seis participantes cada mes. Durante el ciclo de monitoreo los participantes fueron disminuyendo, algunos de éstos por motivos de salud y otros por desinterés.

A pesar de estas dificultades, logró consolidarse un grupo base de monitores conformado por cinco hombres. Cabe destacar que cuatro de los cinco, habían formado

parte de la etapa previa de monitoreo (Ramos, en proceso). Al preguntárseles porque asistían al monitoreo, sus principales respuestas fueron porque les interesaba aprender nuevas cosas y porque les gustaba la convivencia mes con mes.

Durante todas las sesiones se discutieron los resultados, fue en esos momentos que los participantes realizaron el mayor número de aportaciones. Ahí se discutieron aspectos como los horarios, los días de monitoreo, la utilidad del manual, los hallazgos de santería, la presencia de basura y alguna anomalía presentada en el mes o los meses previos. Las discusiones y los análisis *in situ* y son algo frecuente en los monitoreos como ocurre en otros estudios (Van Rijsoot y Jinfeng, 2005).

Una de las mejoras en este ciclo de monitoreo, fue la reducción de la pérdida de datos. En las etapas previas (Ramos, en proceso) se detectaron inconvenientes en el manejo del equipo y pérdidas de información. En esta etapa no se registraron pérdidas de datos asociadas a los monitores. La única que se presentó fue para el oxígeno disuelto, pero fue causada por una falla en el material de trabajo.

La toma de datos comenzó a ser más eficiente y el tiempo del monitoreo se redujo aproximadamente dos horas, con respecto a lo observado por Ramos (en proceso). Adicionalmente se incorporó ocasionalmente un periodo de descanso (1 hora) para consumir algún refrigerio y conversar acerca de los acontecimientos más relevantes ocurridos durante el mes en la comunidad.

En general se observó que los monitores desarrollaron preferencias por alguno de los análisis y trataban de realizarlo en todos los sitios. Al cuestionarles los motivos de esta preferencia, contestaron que “lo hacían más porque les salía mejor”. Para solucionar estos inconvenientes, se repasaron los métodos que ya habían olvidado.

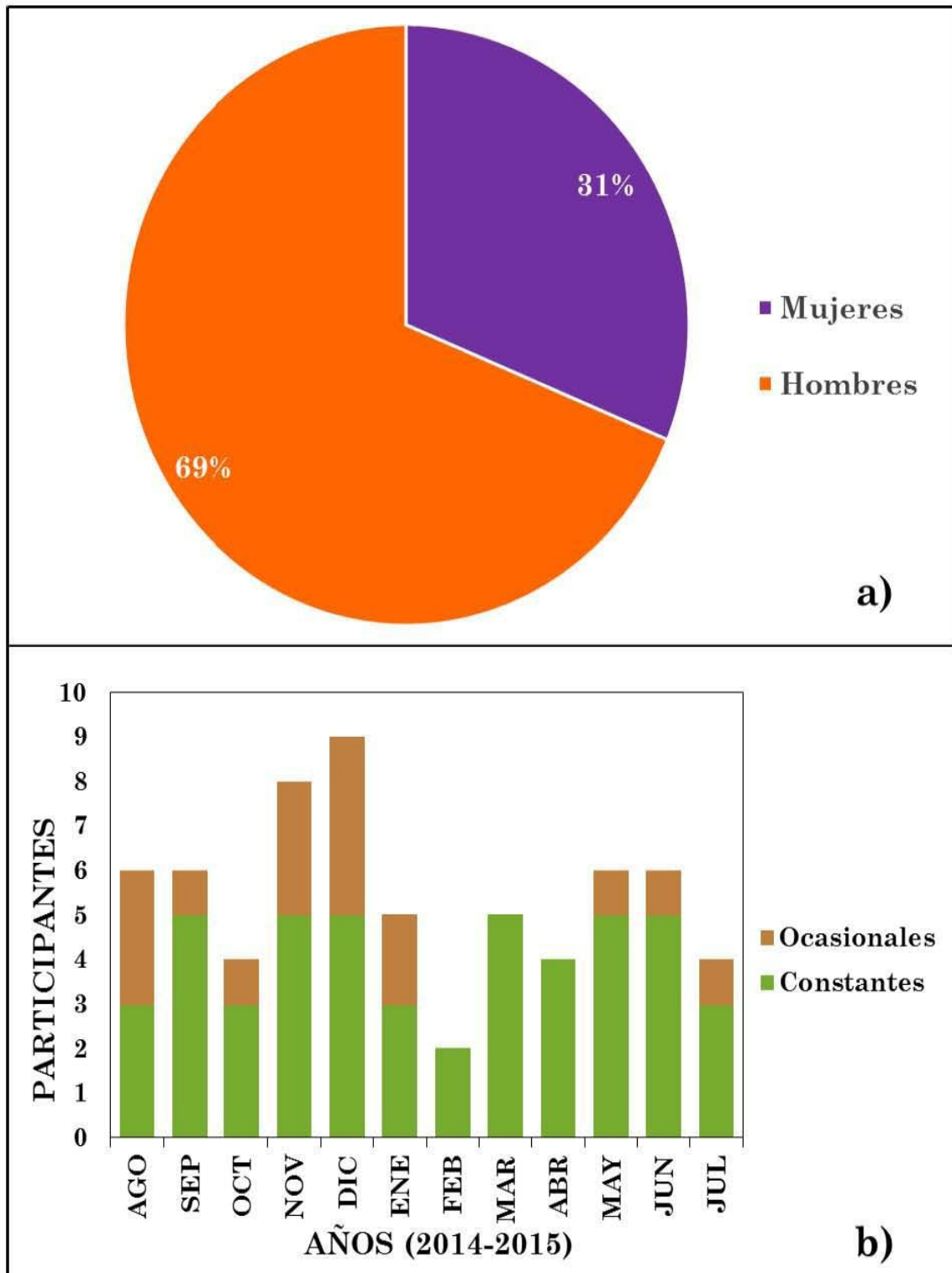


Figura 13. Participación: (a) Participantes por género en el monitoreo, (b) tipo de los monitores asistentes a lo largo del ciclo de monitoreo.

Los análisis en donde se observó menor participación fueron la incubación y el conteo de bacterias, el oxígeno disuelto y la colecta de macroinvertebrados. En la incubación de bacterias, los argumentos fueron que no contaban con el tiempo necesario para vigilarlas y que sus actividades cotidianas, no les permitían ausentarse dos días de la semana, (día del monitoreo y día del conteo) para dedicarlos al proyecto. Durante el ciclo de monitoreo únicamente tres monitores se responsabilizaron de ellas.

En relación al análisis del oxígeno disuelto, se observó que los participantes no lo realizaban debido a que el número de pasos era considerablemente mayor que el de los otros parámetros fisicoquímicos. Además de que no querían dañar o desperdiciar el material de trabajo.

Respecto a los macroinvertebrados, al ser un análisis que requiere de un tiempo considerable y que además es susceptible a las condiciones ambientales, no despertó gran interés en los participantes. La principal causa que reportaron los monitores para no querer hacerlo, fueron las bajas temperaturas del agua particularmente en el 4° Dinamo, especialmente en las estaciones de otoño e invierno y la segunda fue el incremento del caudal durante la temporada de lluvias (junio-octubre).

La actualización del manual de campo, fue una de las principales preocupaciones de los participantes, ya que respondía a la necesidad de manejar de manera más fluida la información. A lo largo de todo el proceso se realizaron preguntas acerca de la facilidad del método, los aspectos gráficos, el diseño, el tamaño, la resistencia, entre otros. Con base en las anotaciones, observaciones y sugerencias de los monitores se realizó de manera conjunta, la revisión en múltiples ocasiones del manual de campo (Anexo A), el cual fue entregado al presentar los resultados a las autoridades comunales.

Únicamente los participantes más constantes (cinco), que trabajaron durante todo el año en el ciclo de monitoreo fueron quienes recibieron un ejemplar. Además, fueron ellos quienes lo revisaron y editaron constantemente.

Al finalizar el año de monitoreo (2014-2015) se llevó a cabo un taller participativo, en él se presentaron los asistentes del monitoreo, las autoridades comunales, la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, A. C. y los miembros del Laboratorio de Ecosistemas de Montaña. En este taller se hizo entrega de las hojas de campo y de los resultados preliminares a los asistentes. Además, se trabajó en temas asociados a los análisis bacteriológicos, los parámetros fisicoquímicos, la calidad de la zona de ribera y los macroinvertebrados. Además, se compartieron las experiencias de los participantes durante todo el proyecto.

Dentro de los logros de esta etapa se encuentra, el fortalecimiento de los vínculos de trabajo y la obtención de información, mediante un método participativo. Los monitores fueron capaces de complementar su conocimiento empírico a través de los métodos sencillos y rápidos que ofrece el proyecto. Con esto no solo consolidaron su conocimiento, si no que visualizaron desde otra perspectiva las dinámicas que acontecen dentro y fuera del río.

La optimización del tiempo fue de los aspectos más sobresalientes. La disminución en el tiempo y de la pérdida de datos, fue un motivo de satisfacción para los monitores. Gracias a esto, se contó con mayor tiempo libre.

Uno de los puntos principales que se abordaron fueron los aspectos que inciden directa o indirectamente en el monitoreo. Como resultado se obtuvieron nueve factores (Fig. 14, a), de los cuáles los que más les preocuparon fueron, el bajo número de participantes, la logística y la divulgación del proyecto.

A partir de lo anterior, se trabajó en el desarrollo de una estrategia que permitiera solucionar los retos mencionados anteriormente. Como parte fundamental de la estrategia, se propuso que debe existir una mayor coordinación de agendas entre los actores participantes (Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, Laboratorio de Ecosistemas de Montaña, Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A. C.), para poder tener un calendario con las fechas durante todo el año y que los participantes puedan organizarse con anticipación para poder asistir.

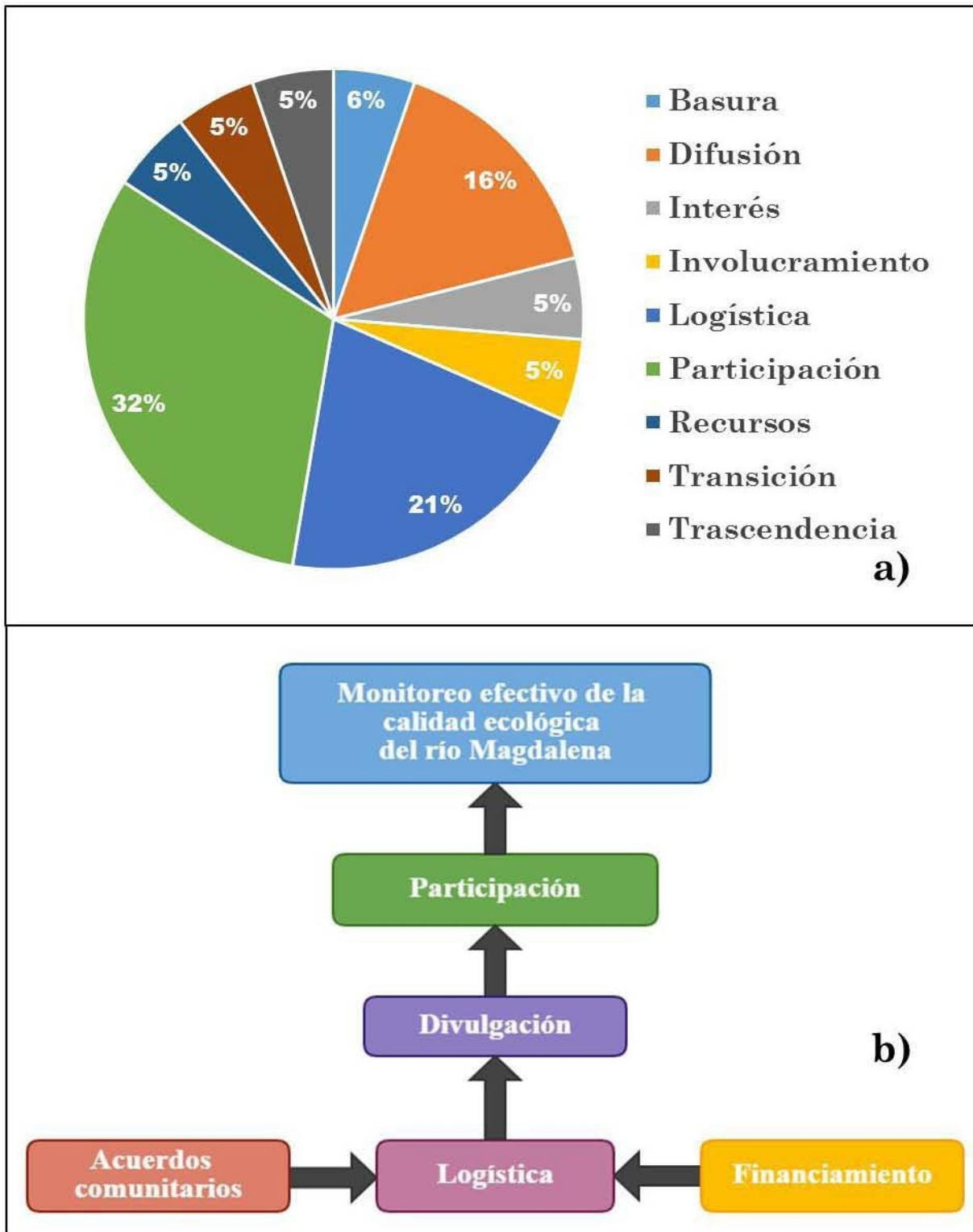


Figura 14. Resultados del taller participativo: (a) Principales retos del monitoreo identificados por los asistentes durante el taller al final del ciclo de monitoreo, (b) Estrategia de trabajo.

Esta fue una observación hecha por los monitores, debido al hecho de que en ocasiones las fechas fueron cambiadas. Otro aspecto importante fue el conseguir un vehículo, ante la falta de éste, los monitores se desanimaban a participar en él. Como resultado la Comunidad se comprometió a darle un mayor seguimiento al proyecto, dentro de las reuniones de la Asamblea General y a solucionar cualquier inconveniente que llegase a presentarse como lo ocurrido en el 2º Dinamo.

Otro aspecto fue la logística del transporte, esta fue una de las principales limitantes en la expansión del monitoreo. Ante la ausencia de vehículos, no es posible transportar a un mayor número de participantes y por ende tampoco es posible incrementar el número de sitios para monitorear.

Entre las sugerencias de los monitores, se propuso contar con un receso para comer y descansar. En este tiempo libre se podría dar un espacio más amplio para la discusión y compartir nuevas experiencias.

La obtención de dinero, fue un aspecto fundamental para financiar el proyecto, por lo cual se acordó que la Comunidad proporcionaría el transporte y que el Laboratorio se haría cargo del material (maletín para monitorear los ríos Alabama Water Quality Monitoring Kit, medios de cultivo Coliscan® EasyGel®, y equipo de campo) (Fig. 14, b).

La difusión del proyecto no excedió el ámbito local (reuniones de la Asamblea General e invitaciones de los participantes a sus conocidos). Por eso es necesario dar a conocer el proyecto a un mayor número de personas y buscar interesados en el proyecto. Entre las propuestas presentadas para difundir el monitoreo se encuentran: 1) distribuir folletos/trípticos entre los visitantes de la zona comercial de la Cañada y 2) colocar a lo largo del Corredor Turístico de los Dinamos (carretera a los dinamos) carteles con la información necesaria para participar dentro del proyecto (Fig. 14, b).

Durante el ciclo de monitoreo participativo, se llevaron a cabo convivencias entre los participantes del proyecto. Principalmente se realizaron al inicio y al final del ciclo y en eventos importantes para la comunidad.

Al iniciar esta etapa del monitoreo se realizó una presentación del nuevo grupo de trabajo y se entregaron reconocimientos a los monitores más destacados. A la mitad del monitoreo (diciembre 2014) se realizó una convivencia en donde se revisaron algunos aspectos para mejorar el monitoreo y se festejaron los primeros seis meses de esta nueva etapa. Para terminar esta etapa con la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, el Comité de Cuenca, la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, los participantes y personas interesadas en el monitoreo, se realizó una ceremonia de clausura del monitoreo con la entrega de resultados parciales, un resumen ejecutivo y reconocimiento a los participantes más destacados (Fig. 15).

Durante todo el proyecto existió una buena comunicación entre los actores involucrados en la organización y realización del monitoreo. Gracias al tiempo que se ha trabajado en la zona fue posible intercambiar información y presentar los resultados a todos los involucrados y al público en general.

Entre los principales logros del proyecto se encuentran el fortalecimiento de vínculos entre los actores involucrados, el co-aprendizaje, el intercambio de experiencias, la continua retroalimentación y el interés de los participantes en crear herramientas que faciliten el desarrollo del monitoreo, como fue el caso de la edición del manual de campo (Anexo A).

También es necesario recalcar que el proyecto se enfrentó a diferentes retos a lo largo de su desarrollo y que trataron de solventarse a la brevedad posible. A lo largo de este trabajo se observó que los actores locales obtuvieron información por cuenta propia. A pesar de esto fue evidente que pocas personas se comprometieron con el proyecto. Es investigación permitió la interpretación de los resultados y de colaborar junto con otros actores.

Es importante mencionar que los participantes constantes podrían capacitarse por GWW como sucede en otras zonas de estudio (Perevochtchikova *et al.*, 2016). Sin embargo, para llevar a cabo esta tarea se requiere de un compromiso a mediano y largo plazo para convertirse en un monitor certificado. Adicionalmente es necesario

ampliar las fuentes de financiamiento por parte de los actores involucrados e inclusive recurrir a otras instituciones de carácter gubernamental o asociaciones civiles.

Este monitoreo podría catalogarse de acuerdo con Lawrence (2006), como una participación colaborativa. Involucra a los actores locales en la toma de decisiones en la selección de los parámetros a monitorear, los sitios y los días de monitoreo entre otros. Se detectaron que existen dos actores centrales dentro del proyecto que son la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos y el Laboratorio de Ecosistemas de Montaña, quienes se encargan en su mayoría de la organización del proyecto.

Es recomendable realizar reuniones periódicas, de dos a tres veces al año, con los actores involucrados (comunidad-academia-asociación-monitores) para disminuir los errores y realizar los ajustes necesarios. También es importante incorporar las necesidades de los monitores para que el proyecto corresponda con sus objetivos.

El mantenimiento de los vínculos entre los actores que integran el proyecto. la continua retroalimentación por parte de los monitores es una parte esencial y enriquecedora para cada una de las etapas Un resumen general de los métodos utilizados para estimar la calidad ecológica del río Magdalena, se presentan en el cuadro 3, este incluye las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos y las aportaciones de los participantes

Es importante comentar que, debido a conflictos internos dentro de la comunidad en relación con el cambio de autoridades comunales, no se ha podido dar continuidad al proyecto de monitoreo participativo. A pesar de haber existido un acercamiento, aún no se ha dado resolución al conflicto. Ante esta situación es fundamental que los actores locales involucrados en el proyecto sean capaces de apropiarse de él y desarrollen los mecanismos para su viabilidad a futuro.



Figura 15. Convivencias entre los participantes del monitoreo y miembros de la academia. De izquierda a derecha: a) Discusión de resultados en campo; b) y c) Fotografías del grupo de trabajo; d) y e) participación del Laboratorio del Laboratorio en la “Feria de la Trucha y la Quesadilla” 2015; f), g), h) e i) Fotografías del taller participativo realizado al finalizar el año de monitoreo (2014-2015); j), k) y l) Entrega de reconocimientos a los participantes y de resultados a las autoridades comunales, miembros de la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos y miembros del Comité de Cuenca del río Magdalena. Fuente: trabajo de campo y reuniones 2014-2015.

Cuadro 4. Resumen general de los análisis del monitoreo participativo del río Magdalena, Ciudad de México.

	Participación	Fisico-químicos	Bacterias	Calidad de la zona de ribera	Macro invertebrados
Ventajas	Intercambio de información y experiencias Capacitación	Rápido Colorimétrico	Sencillo Colorimétrico	Percepción de los monitores Vigilancia de los sitios	Rápido Educativo/Interactivo
	Vinculación de actores	Conversión de unidades	Se puede realizar en casa	Conversión de unidades	Resultados <i>in situ</i>
	Diversidad de agendas Falta de coordinación	Método complicado	Foco de infección Material peligroso		Muestreo selectivo Distinto esfuerzo de muestreo
Desventajas	Susceptible a problemas sociales	Material delicado	UFC pequeñas difíciles de contar	Susceptible al criterio del evaluador	Susceptible a condiciones ambientales
		Reactivos peligrosos	Requiere de muchos cuidados		

VII Conclusiones

Se logró implementar el monitoreo participativo de la calidad ecológica del río Magdalena. Esto fue posible gracias al interés de los actores locales (autoridades comunales, miembros de la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, del Comité de Cuenca del río Magdalena y vecinos) y de la academia, en estudiar una cuenca peri-urbana. Este interés de relevancia local se relaciona con una problemática global como la crisis del agua. Conjuntamente se determinó que la calidad del río se ve afectada por las perturbaciones antropogénicas que tienen lugar dentro y fuera de la CRM.

Los datos de los análisis bacteriológicos presentan una tendencia similar con lo reportado por otros estudios de la zona como los de Mazari *et al.* (2014) y Caro-Borrero (2015), en donde se observa que las UFC incrementan cuenca abajo. Adicionalmente este análisis tiene el potencial de realizarse por un mayor número de participantes, debido a la importancia que representa para ellos.

En el caso de los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron estables a lo largo del año. Ya que no presentaron variaciones dentro de las categorías establecidas por el método. Tampoco existieron variaciones entre los tres sitios de monitoreo. La calidad de la zona de ribera fluctúa de moderada a excelente, para los tres sitios. Se recomienda que el análisis con macroinvertebrados sea revisado y ajustado a nivel local para obtener datos más confiables. El objetivo de describir estos parámetros se cumplió y en conjunto indican que la calidad ecológica del río disminuye conforme se aproxima a la zona urbana.

Los actores involucrados en su mayoría fueron hombres y provenían de la etapa previa de monitoreo (Ramos, en proceso). Los nuevos participantes que se integraron al proyecto fueron la mayoría de las veces ocasionales. Aunque se

presentó esta tendencia, no hubo consecuencias ya que no se registraron pérdidas de datos, se disminuyó el tiempo de realización y se dedicó un mayor tiempo a la discusión de los resultados e intercambio de experiencias.

El involucramiento de los actores locales es aún incipiente. Sin embargo, mediante la discusión propiciada por este trabajo, las autoridades comunales, la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C. y el Comité de Cuenca del Río Magdalena se comprometieron a solventar los retos presentados durante esta etapa del monitoreo. En conjunto con la academia se pretende que el monitoreo se realice de manera más eficiente y el número de participantes se incremente. Se sugiere que el proceso de monitoreo sea revisado en conjunto por todos los actores participantes y así en caso de ser necesario se realicen los cambios y adecuaciones necesarias para mejorar su funcionamiento.

Los alcances del monitoreo aún son locales y cuentan con poca divulgación dentro y fuera de la comunidad. Este estudio encontró como prioridad la necesidad de solucionar aspectos logísticos, principalmente la coordinación de agendas entre la comunidad y la academia. Esto como un proceso continuo de iteraciones y modificaciones. El monitoreo requiere de cambios puntuales para adecuarse a las necesidades locales y que los actores locales puedan apropiarse del proyecto.

Adicionalmente el intercambio experiencias, la creación de nuevas alianzas y la generación de nuevo conocimiento, abren las posibilidades a un tipo de investigación conjunta. Ésta requiere de un compromiso de los participantes y del involucramiento de otros actores interesados en la conservación del río Magdalena

VIII. Literatura citada

- Almeida-Leñero, L. M. Nava, A. Ramos, M. Espinosa, M. J. Ordoñez y J. Jujnovsky. 2007. Servicios ecosistémicos en la Cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, Méxicio. Gaceta Ecológica No. 84-85 julio-diciembre, 53-64 pp.
- Ávila-Akerberg, V. D. 2010. Forest quality in the southwest of Mexico City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services. Culterra, Band 56, Institut für Landespflege. University of Freiburg, Germany 167 pp.
- Burgos, A., R. Páez, E. Carmona y H. Rivas. 2013. A systems approach to modeling Community-Based Environmental Monitoring: a case of participatory water quality monitoring in rural Mexico. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 185, No. 12:10297-10316 pp.
- Barnes, A.P., L. Toma, J. Willock y C. Hall 2013. Comparing a “budge” to a “nudge”: Farmer responses to voluntary and compulsory compliance in a water quality management regime. Journal of Rural Studies Vol.32: 448-459 pp.
- Caro-Borrero, A. P., J. Carmona-Jiménez y M. Mazari-Hiriart. 2015. Identificación y validación de sitios de referencia en ríos peri-urbanos a través de la evaluación de la calidad ecológica y el valor indicador de macroinvertebrados bentónicos. En A., Alcocer, J., E. Merino-Ibarra y E. Escobar-Briones. (Ed). 2015. Tendencias de Investigación en Limnología Tropical: Perspectivas Universitarias en Latinoamérica. Asociación Mexicana de Limnología, A. C., Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, y Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología. México. 480 pp.
- Caro-Borrero, A. P. 2016. Evaluación socio-ecológica y potencial provisión de servicios ecosistémicos en la sub-cuenca de los ríos Magdalena-Eslava, Ciudad de México. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 176 pp.
- Cotler, H. 2004. Introducción. En: Cotler, H. (Comp.). El manejo integral de cuencas en México: Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT) 267 pp.
- Dalahmeh, S. S., M. Assayed y W. T. Suleiman 2009. Themes of stakeholder participation in greywater management in rural communities in Jordan. Desalination Vol. 243:159-169 pp.
- Danielsen, F., A. E. Jensen, P. A., Alviola, D.S. Balete, M., Mendoza, M., A., Tagtag, C., Custodio y M. Enghoff, 2005. Does monitoring matter? A quantitative assessment of management decisions from locally-based monitoring of protected areas. Biodiversity and Conservation 14: 2633-2652 pp.
- Danielsen, F., M., Mendoza, A., Tagtag, P. A., Alviola, D. S., Balete, A. E., Jensen, M. Enghoff y M. K. Poulsen. 2007. Increasing Conservation Management Action by Involving Local People in Natural Resource Monitoring. *Ambio* Vol. 36, No. 7. 566-570 pp.
- Danielsen, F., N.D., Burgess, P. M., Jensen y K. Pirhofer-Walz. 2010. Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people involvement. Journal of Applied Ecology: 1-20 pp.

- Dickinson, J.L., B. Zuckerberg y D. N. Bonter. 2010. Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. Vol. 41:149-172 pp.
- Dobler, C.E. 2010. Caracterización del clima y su relación con la distribución de la vegetación en el suroeste del D.F., México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 55 pp.
- Dungumaro, E.W. y N.F. Madulu. 2003. Public participation in integrated water resources management: the case of Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* Vol. 28: 1009-1014 pp.
- Encalada, A.C., M. Rieradevall, B. Ríos-Touma, N. García y N. Prat. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S). USFQ, UB, FONAG, Quito, 83 pp.
- Evans, K. y M. R. Guariguata. 2008. Monitoreo Participativo para el manejo forestal en el trópico. Centro para la Investigación Forestal Internacional CIFOR. 52 pp.
- Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 2008. "Reporte de investigación para el Diagnóstico sectorial de la cuenca del río Magdalena: Componente 2. Medio Biofísico." En Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena. SMA-GDF, UNAM. 15 pp.
- Flores-Díaz, A. C., M. G. Ramos-Escobedo, S. S. Ruiz-Córdova, R. Manson, E., Aranda y W. G. Deutsch. 2013. Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de Global Water Watch-México. México, DF: GWW. 5-22 pp.
- Franzén, F., M. Hammer y B. Balfors. 2015. Institutional development for stakeholder participation in local water management- An analysis of two Swedish catchments. *Land Use Policy* Vol. 43: 217-227 pp.
- Galván, L. 2014. Propuesta para la denominación de la cuenca del río Magdalena como Área Natural Protegida. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 80 pp.
- García, C. E. R. y S. Brown. 2009. Assessing water use and quality through youth participatory research in a rural Andean watershed. *Journal of Environmental Management* Vol. 90: 3040-3047 pp.
- Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 217 pp.
- Giordano, R., S. Liersch, M. Vurro y D. Hirsch. 2010. Integrating local and technical knowledge to support soil salinity monitoring in the Amudarya river basin. *Journal of Environmental Manage* 91: 1718-1729 pp.
- Global Water Watch (GWW). 2016 a. Goals, [en línea]. Estados Unidos: GWW. Disponible en: <http://www.globalwaterwatch.org/what-we-do/goals/> [2016, 29 de agosto]

- Global Water Watch (GWW). 2016 b. History, [en línea]. Estados Unidos: GWW. Disponible en: <http://www.globalwaterwatch.org/about/history/> [2016, 29 de agosto]
- González, A. 2010. Teorías y Métodos para la restauración de los ríos En: González, A., L. Hernández, M. Perló e I. Zamora. Rescate de los ríos urbanos. Propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, Universidad Nacional Autónoma de México. 102 pp.
- Goyenola, G. 2007. Determinación de la Alcalinidad Total. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. RED MAPSA.
- Herrera, J. M. 2008. Participación social. Universidad de la Laguna, España. 26 pp.
- Hodkinson, I. D. y J. K. Jackson. 2005. Terrestrial and Aquatic Invertebrates as Bioindicators for Environmental Monitoring, with Particular Reference to Mountain Ecosystems. Environmental Management Vol. 35, No. 5, 649-666 pp.
- Hoverman, S. y M. Ayre. 2012. Methods and approaches to support Indigenous water planning: An example from the Tiwi Islands, Northern Territory, Australia. Journal of Hidrology Vol. 474: 47-56 pp.
- Jujnovsky, 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, Universidad Nacional Autónoma de México. 73 pp.
- Jujnovsky, J. 2012. Propuesta para la evaluación del servicio ecosistémico de provisión de agua: el caso de la cuenca del río Magdalena, México, D.F. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 121 pp.
- Koontz, T. M., D. Gupta, P. Mudliar y P. Ranjan. 2015. Adaptative institutions in social-ecological system governance: A synthesis framework. Environmental Science & Policy 53: 139-151 pp.
- LaMotte. (s.f.) Dissolved Oxygen. Check Standard Procedure. Code 5860-01-EPA. Estados Unidos: Autor
- LaMotte. (s.f.) Precision pH Kit. Octa-Slide2, pH 3.0-10.5. Code 5858-01. Estados Unidos: Autor
- LaMotte. (s.f.) Prueba de alcalinidad. Método triator de lectura directa. Modelo WAT-DR CODIGO 4491-DR. Estados Unidos: Autor
- LaMotte. (s.f.) Total Hardness Test Kit. Drop Count Method. Code 4482-LI-01. Estados Unidos: Autor.
- LaMotte. (s.f.). Turbidity in Water Test Kit. Code 7519. Estados Unidos: Autor.
- Lawrence, A. 2006. "No Personal Motive?" Volunteers, Biodiversity, and the False Dichotomies of Participation. Ethics, Place & Environment, 9:3, 279-298 pp.

- León, J. D. 2011. Distribución espacial de las propiedades físico-químicas del suelo, y su relación con diferentes variables ambientales en los bosques de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, en la cuenca del río Magdalena, D.F. Tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 118 pp.
- Loaiza-Cerón, W., A. Reyes-Trujillo y. Carvajal-Escobar. 2011. Modelo para el monitoreo y seguimiento de indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico en el sector agrícola. *Revista Colombiana de Geografía* Vol. 20, No. 2: 77-89 pp.
- Mazari-Hiriart, M., G. Pérez-Ortiz, M. T. Orta-Ledesma, F. Armas-Vargas, M. A. Tapia, R. Solano-Ortiz, M. A. Silva, I. Yañez-Noguez, Y. López-Vidal y C. Díaz-Ávalos. 2014. Final Opportunity to Rehabilitate an Urban River as a Water Source for Mexico City. *PLoS ONE*. 9(7): 1-17 pp.
- Mauerhofer, V. 2016. Public participation in environmental matters: Compendium, challenges and chances globally. *Land Use Policy* 52: 481-491 pp.
- Merçon, J. y G. Alatorre. 2014. La investigación acción participativa que queremos. Co-construyendo caminos de pensamiento y acción. *Decisio Mayo-Agosto*: 49-54 pp.
- Micrology Laboratories, LLC. (s.f.). Detection of Waterborne Coliforms and Fecal Coliforms with Coliscan® Easygel®. Estados Unidos: Autor
- Munné, A. y N. Prat. 2004. Defining river types in a Mediterranean Area: A Methodology for the Implementation of the EU Water Framework Directive. *Environmental Management* Vol. 34, No. 5:711–729 pp.
- Nare, L., D. Love y Z. Hoko. 2006. Involvement of stakeholders in the water quality monitoring and surveillance system: The case of Mzingwane Catchment, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* Vol. 31:707-712 pp.
- Nare, L., J.O., Odiyo J. Francis y N. Potgieter. 2011. Framework for effective community participation in water quality management in Luvuvhu Catchment of South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* Vol. 36: 1063-1070 pp.
- Nava, M.Z. 2003. Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México. Un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 66 pp.
- Oficina del Asesor en Cumplimiento/Ombudsman (CAO). 2008. Monitoreo Participativo del Agua Guía para Prevenir y Manejar el Conflicto. Nota de Asesoría. CAO, Estados Unidos, 120 pp.
- Páez, B.R. y H. Rivas. 2011. Guía de campo para el monitoreo comunitario de la calidad del agua. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM, Campus Morelia, México. 30 pp.
- Perevochtchikova, M., N. Aponte, V. Zamudio-Santos y G. E. Sandoval-Romero. 2016. Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, Vol. VII, No. 6: 5-22 pp.

- Ramos, A. 2008. Propuesta de reclasificación y zonificación participativa de la Zona Protectora Forestal Cañada de Contreras, Distrito Federal, México. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 105 pp.
- Ramos, A. (en proceso). Propuesta de monitoreo participativo en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México, México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Ricoy, M. A. 2009. La educación ambiental como un compromiso en los acuerdos ambientales multilaterales y su aplicación en México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México 82 pp.
- Sabater, S. y A. Elozegi. 2009. Presentación: importancia de los ríos. En Elozegi A. y S. Sabater (Ed) Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. 424 pp.
- Savan, B., A. J. Morgan, y C. Gore. 2003. Volunteer Environmental Monitoring and the Role of the Universities: The Case of Citizens' Environment Watch. *Environmental Management* Vol. 31, No. 5: 561–568 pp.
- Scheinbaum, C. 2011. La compleja problemática del Suelo de Conservación del Distrito Federal: apuntes para su conservación. En: Pérez-Campuzano, E., M. Perevochtchikova y V. S. Ávila-Foucat (Coord). Suelo de Conservación del Distrito Federal ¿hacia una gestión y manejo sustentable? Instituto Politécnico Nacional, México. 246 pp.
- Shirk, J.L., H. L. Ballard, C. C. Wilderman, T. Phillips, A. Wiggins, R. Jordan, R., E. McCallie, M. Minarchek, B. V. Lewenstein, M.E. Krasny y R. Bonney. 2012. Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, Vol. 17, No. 2: 20 pp.
- Stoddard, J.L., D.P. Larsen, C.P. Hawkins, R. K. Johnson y R.H. Norris. 2006. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition. *Ecological Applications* 16 (4): 1267-1276 pp.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2006. Water a shared responsibility The United Nations World Water Development Report 2. Berghahn Books, 584 pp.
- Van Rijsoot, J. y Z. Jinfeng. 2005. Participatory Resource Monitoring as a Means for Promoting Social Change in Yunnan, China. *Biodiversity & Conservation* 14: 2543-2573 pp.
- Zamora, I. 2010. Algunos principios en el rescate de ríos urbanos. En: González, A., L. Hernández, M. Perló e I. Zamora. Rescate de los ríos urbanos. Propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, Universidad Nacional Autónoma de México. 102 pp.