



Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento

Año 12, Número 26, Artículo 2: 1-19. Enero - Diciembre 2024
e-ISSN: 2007-8064



Procesos participativos para el
biomonitorio ambiental comunitario
en las cuencas Cuitzmala y Purificación,
México

Participatory processes to community
environmental biomonitoring in the
Cuitzmala and Purificación basins,
Mexico

Francia Elizabeth Rodríguez-Contreras *
Luis Manuel Martínez Rivera *
Alondra Flores-Silva *

Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad
de Guadalajara *

12(26) Artículo 2

DOI: 10.22201/enesl.20078064e.2024.26.87051

e-ISSN 2007-8064

Procesos participativos para el biomonitorio ambiental comunitario en las cuencas Cuitzmala y Purificación, México

Participatory processes to community environmental biomonitoring in the Cuitzmala and Purificación basins, Mexico

DOI: 10.22201/enesl.20078064e.2024.26.87051
e25.87051

Francia Elizabeth Rodríguez-Contreras^{a*} ▲

<https://orcid.org/0000-0002-0541-1648>

Luis Manuel Martínez Rivera^{b*}

<https://orcid.org/0000-0002-7050-9385>

Alondra Flores-Silva^{c*}

<https://orcid.org/0000-0003-3760-7159>

Fecha de recepción: 26 de octubre de 2023.

Fecha de aceptación: 12 de enero de 2024.

Fecha de publicación: 25 de enero de 2024.

▲ Autora de correspondencia

francia.rodriguez@academicos.udg.mx

*Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre
y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

CC-BY-NC-ND



RESUMEN

Objetivo: describir el proceso participativo para el monitoreo comunitario a fin de evaluar la calidad ambiental de los ríos de las cuencas Cuitzmala y Purificación mediante un índice biótico multimétrico con insectos acuáticos previamente desarrollado para esta región.

Diseño metodológico: se propone un modelo de proceso participativo para el monitoreo ambiental. Con actores clave se seleccionaron localidades que abarcaron parte alta, media y baja de cada cuenca. Se diseñó un taller con base en protocolos para monitoreo, adecuado al contexto de las cuencas y actores elegidos. El taller consistió en cuatro etapas, en las que se capacitó con teoría y práctica. En un diario de campo se tomaron notas descriptivas respecto a lo que dijeron e hicieron los participantes.

Resultados: se conformaron seis grupos comunitarios, en cinco escuelas, y un Comité Ciudadano Ambiental. A la mayoría de los participantes les pareció bien el taller y les gustaría ampliar el número de monitoreos y los sitios a monitorear. Los participantes lograron evaluar su tramo de río con los insectos acuáticos y recomendaron continuar el acompañamiento técnico para fortalecer sus habilidades y asegurar el monitoreo a largo plazo.

Limitaciones de la investigación: aún esta actividad es considerada como extracurricular, por lo que es necesario trabajar con los docentes para que quede integrada en las materias del programa curricular de cada grado.

Hallazgos: el monitoreo comunitario de los insectos acuáticos fortalece y complementa al monitoreo científico. Esta metodología puede ser replicada en otras cuencas costeras.

Palabras clave: insectos acuáticos, ciencia ciudadana, cuencas costeras, divulgación, herramienta ambiental.

ABSTRACT

Purpose: To describe the participatory process of community monitoring using aquatic insects as a tool to assess environmental quality in Cuitzmala y Purificación basins.

Methodological design: A participatory environmental monitoring model is proposed, which involves key actors, covering the upper, middle and lower part of each basin. A workshop was designed in appropriate way to the context of local actors and basin characteristics. The workshop consisted of four stages, involving theory and practice. Field diary was developed thought descriptive notes about what is seen and doing the participants.

Results: Six community groups were formed, five in schools and one a Citizen Environmental Committee. Most participants found the workshop beneficial and expressed a desire for an increased number of monitoring sessions and additional monitoring sites. Participants successfully assessed their river section using aquatic insects, and it is recommended to provide technical support to strengthen monitoring skills and long-term monitoring.

Research limitations: Still this action is considered an extracurricular activity. For this reason, is necessary work with professor to integrate these activities in the education program of the schools.

Findings: Aquatic insects community monitoring strength and complement the scientific monitoring. The methodology used can be replicated in other coastal basins.

Keywords: Aquatic insect, citizen science, coastal basins, divulgation, environmental tools.

INTRODUCCIÓN

Los ríos son sistemas que intercambian materia y energía con otros ecosistemas dentro del territorio que atraviesa hasta su desembocadura. En este sentido, los ecosistemas y localidades de las zonas bajas y medias dependen de la cantidad y calidad del agua que fluye por los ríos desde las localidades que se ubican en la cuenca alta (Postel y Richter, 2003). A nivel nacional, Garrido *et al.* (2010) estimaron el nivel de alteración ecohidrológica a través de un modelo de análisis geográfico, y encontraron que 71 % de la superficie de las cuencas de México muestran grados de alteración entre medio a muy alto y sólo 29 % se encontró con bajo y muy bajo grado de alteración. Para las cuencas costeras Cuitzmala y Purificación ubicadas en el estado de Jalisco, las clasificaron como cuencas con un grado bajo de alteración ecohidrológica (Garrido *et al.*, 2010). Por su parte, el Sistema Nacional de Información del Agua (Sina) de la Conagua, evalúa parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua solo en los puntos de la desembocadura de estas cuencas y los clasifica con una calidad media. Sin embargo, no cuenta con información detallada en otras partes de estas cuencas (Sina, 2022). Por otro lado, estas evaluaciones son de carácter científico y/o gubernamental y, si bien es cierto, emiten información precisa, la escala temporal se ve limitada por el esfuerzo económico que requiere el muestreo dados los costos que implican la colecta de información y los análisis de las muestras. Por esta razón, se plantea un monitoreo ciudadano utilizando una herramienta de muy bajo costo para evaluar la calidad de los ríos, no como sustitución de estas mediciones fisicoquímicas, sino como complemento.

Normalmente los monitores ciudadanos interpretan de una manera más rápida y completa lo que está pasando en su río, por lo que pueden informar oportunamente cualquier cambio en la calidad ambiental para una toma de decisiones oportuna (Burgos *et al.*, 2013; Perevochtchikova *et al.*, 2022; Walteros-Rodríguez, 2019). El monitoreo comunitario en este trabajo es referido al proceso de las actividades que realiza un grupo de personas organizadas y capacitadas de una localidad al monitorear la calidad ambiental de un tramo de río y difundir los resultados obtenidos (modificado de Perevochtchikova

et al., 2016). Con los monitoreos se busca obtener información de un sistema biológico que refleje el estado del tramo de estudio y permita detectar cambios a través del tiempo (Blake y Rhanor 2020; Jiménez, 2014).

El uso de insectos acuáticos como indicadores de la calidad ambiental está siendo utilizado cada vez más a nivel internacional porque presentan ventajas frente a otros organismos y técnicas de monitoreo (Bonada *et al.*, 2006; Fuster *et al.*, 2010; Prat *et al.*, 2009). Los insectos acuáticos, así como los terrestres, son los organismos más abundantes y diversos en los ecosistemas de agua dulce, esta diversidad ha sido estudiada por científicos y han determinado puntuaciones de sensibilidad ambiental frente a diversas perturbaciones del ambiente. Por lo que estudiar a la comunidad de estos organismos nos puede dar un panorama del estado ambiental del tramo del río estudiado, así como de la calidad del río aguas arriba. Entre las ventajas que presentan los insectos acuáticos es que debido a su tamaño pueden colectarse a simple vista; para identificarlos, no se requiere ser un especialista técnico o científico, dado que con previa capacitación se pueden identificar fácilmente con ayuda de guías; presentan ciclos de vida relativamente largos, por lo que pueden reflejar las condiciones ambientales a un mediano plazo en el ecosistema; se pueden recolectar de una manera sencilla y con materiales comunes, por lo que representa un bajo costo económico y hace más factible que el monitoreo continúe a largo plazo (Bonada *et al.*, 2006; Segnini, 2003; Fuster *et al.*, 2010; Pineda *et al.*, 2014).

Para llevar a cabo una evaluación de calidad ambiental con los insectos acuáticos, se han desarrollado diversos protocolos (Bonada *et al.*, 2006; Pineda *et al.*, 2014; Prat *et al.*, 2009) a lo largo del mundo, que se adecúan a las condiciones socioambientales de un país o región. Estos protocolos suelen emplear índices bióticos para interpretar la diversidad y abundancia de los insectos acuáticos. Los índices bióticos evalúan aspectos del ensamble biológico, a partir de valores numéricos o métricas que reflejan el estado de los individuos o la comunidad acuática y determinar así el grado de impacto en el ecosistema (Bonada *et al.*, 2006; Mandaville, 2002;

Roldán-Pérez, 2016; Prat *et al.*, 2009). Para un monitoreo científico y comunitario, el nivel taxonómico a nivel familia representa un buen equilibrio entre una evaluación ambiental eficaz y el tiempo requerido para obtener resultados confiables (Hewlett, 2000; Hilsenhoff, 1988; Marshall, Steward y Harch, 2006), porque si se identificaran a un nivel de género o especie, se requeriría de expertos taxónomos y el tiempo y el costo aumentarían.

A lo largo del mundo se han conformado grupos de monitoreo participativos y desarrollado herramientas para evaluar ecosistemas acuáticos utilizando los insectos acuáticos como bioindicadores. Por ejemplo, España (Fernández, 2021), Reino Unido (Moolna *et al.*, 2020) en Europa; Canadá y Estados Unidos en Norteamérica (Blake y Rhanor 2020; Government of Canada, 2019; Louw *et al.*, 2022); Uruguay (Comité de Biomonitorio Ralaca, 2018), México, Colombia, Panamá, Argentina, Brasil, Costa Rica, Ecuador y Perú (Flores y Huamantínco, 2017; Merchan *et al.*, 2022; Walteros, 2023; Walteros-Rodríguez, 2019) en América Latina, por mencionar algunos países.

En México, el primer muestreo científico de insectos acuáticos fue en Hidalgo en 1936 (Ancona, 1936), pero fue hasta el 2000 que se empezaron a utilizar estos organismos con mayor frecuencia para monitoreos científicos (Mathuriau *et al.*, 2011), y se han ido desarrollando o adaptando índices bióticos con estos organismos. Para más información sobre antecedentes de trabajos a nivel nacional, se pueden consultar a García (2007), Mathuriau *et al.* (2011) y Rodríguez (2020). En 2014, se publicó el Protocolo de muestreo de macroinvertebrados en aguas continentales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico para México (Secretaría de Economía, 2012) (Pineda *et al.*, 2014).

En el occidente de México los que han realizado investigaciones con ensambles de insectos acuáticos como bioindicadores ambientales son: Weigel (2001) que propuso un índice biótico de integridad (IBI) para determinar la degradación ambiental, compuesto por ocho métricas: captura por unidad de esfuerzo, riqueza genérica, porcentaje de géneros de Ephemeroptera–Plecoptera–Trichoptera (EPT), porcentaje de individuos de Chironomidae, índice biótico a nivel familia de Hilsenhoff (IBF) el cual asigna un puntaje a cada familia de acuerdo a su tolerancia a la contaminación o disturbios, porcentaje de individuos deposicionales, porcentaje de

individuos depredadores y porcentaje de géneros recolectores; Henne, Schneider y Martínez (2002) y Palomera (2012) evaluaron la contaminación orgánica de algunos ríos utilizando el IBF; Martínez *et al.* (2013) realizaron estudios de campo y colectaron insectos acuáticos para la determinación de caudal ecológico en las reservas de agua de la zona de Jalisco; Jiménez (2014) trabajó a nivel taxonómico de familia de los órdenes EPT para evaluar la calidad del agua; Cabrera (2016) evaluó el estado de conservación de un río a través de la comparación los índices *Biological monitoring working party* (BMWP), el índice de integridad biótica para las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA), el IBI, el IBF y el EPT; Rodríguez (2020) propone el índice multimétrico de la cuenca del río Ayuquila-Armería (Icayar) para determinar la calidad ambiental de una cuenca, el cual se compone de tres métricas: porcentaje de Díptera, porcentaje de trituradores y el IBF; y Mancilla-Villa *et al.* (2021) evaluaron la contaminación orgánica de una cuenca utilizando grupos funcionales alimenticios y el IBI.

En cuanto a monitoreos participativos en ecosistemas acuáticos en México, encontramos trabajos que han sido desarrollados principalmente utilizando parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua (Burgos *et al.*, 2013, Perevochtchikova *et al.*, 2016; Flores-Díaz *et al.*, 2013; Perevochtchikova *et al.*, 2022). Este tipo de monitoreo refleja de una manera específica la cantidad de los parámetros fisicoquímicos presentes en el agua, sin embargo, requieren ser analizados en el laboratorio o en campo con aparatos especiales y la compra de reactivos. Si estos costos no son financiados por alguna institución, es muy probable que los ciudadanos dejen de monitorear utilizando esta técnica. Así mismo, se analiza la calidad del agua en el momento en que se recoge la muestra y no se alcanza a evaluar más allá. Entre las pocas experiencias documentadas de monitoreos participativos en México con insectos acuáticos, el BMWP lo han utilizado en Guerrero (J. L. Rosas-Acevedo, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022), Veracruz (López, 2021), Puebla y Oaxaca (DDiCyT, 2021), además en Jalisco se ha utilizado el EPT (Jiménez, 2014) y en Veracruz agrupando en tres categorías de tolerancia a los insectos (Campbell, 2007).

Dentro de la región de la costa de Jalisco, Jiménez (2014) lideró un monitoreo comunitario con insectos acuáticos en el 2013 con un grupo de estudiantes de

primaria y otro de adultos en la comunidad de La Eca (parte alta de la cuenca del río Cuitzmala) utilizando un índice de EPT para evaluar el estado de conservación del río Cuitzmala. Se compararon estadísticamente los resultados del monitoreo comunitario con un monitoreo científico y no se encontraron diferencias significativas entre ambos. Su recomendación final fue que para futuros monitoreos se tome en cuenta a los estudiantes puesto que ellos asisten a diario a la escuela y pueden tener más constancia en los monitoreos, a diferencia de los adultos, que tienen más ocupaciones, lo que dificulta una permanencia en el grupo a largo plazo (Jiménez, 2014).

Dada su alta biodiversidad y la relativa baja presión de demanda de agua, dentro de la Norma Mexicana de Caudal Ecológico (Secretaría de Economía, 2012) las cuencas Cuitzmala y Purificación fueron consideradas como cuencas con alto y muy alto nivel de factibilidad para ser decretadas como reservas de agua para la protección ecológica. Por lo que desde 2013, estudios que se hicieron en conjunto con la Conagua y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), el Banco Interamericano de Desarrollo y diversas universidades (entre ellas la Universidad de Arizona, la Universidad Autónoma de México, la Universidad Autónoma de Querétaro, la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma de Nayarit, el Colegio de la Frontera Sur y la Universidad de Guadalajara) integraron estudios holísticos de cinco zonas del país, entre éstas la Costa Sur de Jalisco, para contribuir a determinar el caudal ecológico en las reservas de Jalisco, estudio que abarcó el grupo de los insectos acuáticos (Martínez *et al.*, 2013; Pineda *et al.*, 2014). En el 2018, las cuencas Cuitzmala y Purificación y otras aledañas fueron decretadas como Reservas de Agua en México con el nombre de Costas de Jalisco, destinando un volumen de reserva de la disponibilidad media anual de 66.6 % para Cuitzmala y 40.8 % para Purificación (Segob, 2018). Como respuesta al seguimiento de la implementación de Reservas de Agua emanadas de este Decreto se conformó la Red de Monitoreo de Reservas de Agua (Red Mora) conformada por un grupo científico de diversas disciplinas y de cerca de treinta universidades del país.

Para cualquier proceso participativo se requiere de una capacidad de trabajar en conjunto entre quienes

capacitan y los integrantes del grupo. En este sentido se debe tener en claro el papel de cada protagonista, así como comunicarse con un lenguaje en común, esto para favorecer la participación y confianza con relaciones horizontales entre los participantes (Alberich, 2009). En Jalisco existen Juntas Intermunicipales de Medio Ambiente que son entidades que coordinan y asesoran en materia ambiental a municipios que se agrupan por regiones. En este caso, la Junta Intermunicipal de Medio Ambiente de la Costa Sur (Jicosur) agrupa a los municipios que abarcan las cuencas de estudio. Su participación en esta investigación fue indispensable para el acercamiento con las localidades de la zona.

El objetivo del presente trabajo es describir el proceso participativo para el monitoreo comunitario para evaluar la calidad ambiental de los ríos de las cuencas Cuitzmala y Purificación mediante un índice biótico multimétrico con insectos acuáticos previamente desarrollado para esta región. Además, se desglosan algunas percepciones de los participantes sobre el taller y se emiten recomendaciones para que los monitoreos funcionen a largo plazo sin el acompañamiento técnico.

DISEÑO METODOLÓGICO

Área de estudio

Las cuencas costeras Cuitzmala y Purificación se ubican en el occidente de México y forman parte de las Regiones Hidrológicas Prioritarias a nivel nacional, por ser sitios con una alta biodiversidad (Arriaga, Aguilar y Alcocer, 2002), además en su territorio se encuentran dos Reservas de la Biosfera de México (Conanp, 2022), dos Regiones Terrestres Prioritarias (Conabio, 2004), un área de Importancia para la Conservación de las Aves (Cipamex y Conabio, 2015). Ambas cuencas son parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas y presentan diferentes niveles de alteración y aprovechamiento de sus aguas (Martínez *et al.*, 2013; Semarnat, 2011). Tienen una precipitación media anual de 800 a 2,100 milímetros (Maass *et al.*, 2005) y un clima cálido subhúmedo (García, 1998). Se encuentran los tipos de vegetación: selva baja caducifolia, matorral xerófito, bosques de pino-encino, de oyamel, de encino, de pino y mesófilo de montaña,

selva mediana subcaducifolia y vegetación riparia (Carrillo *et al.*, 2015; Conabio, 2001).

En ambas cuencas, las actividades agrícolas y ganaderas son las principales fuentes de ingreso económico, además, en la costa se realizan actividades turísticas. Tienen una gran cantidad de uso de suelo que se está convirtiendo en pastizales cultivados para la actividad ganadera. En algunas zonas, la calidad de las aguas subterráneas se ve afectada por coliformes fecales provenientes de la ganadería extensiva (Martínez *et al.*, 2013).

El territorio de ambas cuencas abarca parte de los municipios Villa Purificación, La Huerta, Casimiro Castillo, Cuahtitlán de García Barragán y Cihuatlán. Los sitios de muestreo comunitario se ubican en los municipios de Villa Purificación y La Huerta (figura 1). En promedio 72 % de la población de ambos municipios tiene educación básica y 6 % no cuenta con ninguna escolaridad (Inegi, 2020a). En cuanto al porcentaje de la población en situación de pobreza, en el municipio de Villa Purificación es de 45.6 % y en el municipio de La Huerta es de 33.1 % (Coneval, 2020). El área de la cuenca del río Purificación es de 2 222 km² y el área del río Cuitzmala es de 1 121 km² (Inegi, INECC y Conagua, 2007).

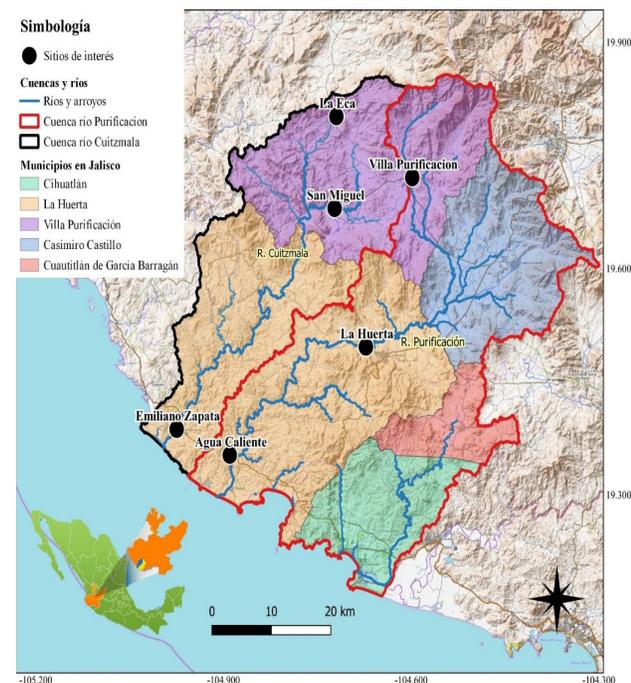
Selección y caracterización de las localidades

Para cualquier proceso participativo se requiere de una capacidad de trabajar en conjunto entre quienes capacitan y los integrantes del grupo o las partes interesadas (Alberich, 2009); en este sentido, con ayuda del personal de la Junta Intermunicipal de la Costa Sur y académicos de la región, se seleccionaron cinco localidades participantes (Flicker, Senturia y Wong, 2010), tratando de cubrir la parte alta o cabecera (zona de origen), media (zona de transferencia) y baja o desembocadura (zona de acumulación) de cada cuenca (Fryirs y Brierley, 2012).

En la cuenca Cuitzmala, la localidad de la parte más alta fue La Eca, ubicada a 527 metros sobre el nivel del mar (ms.n.m.) conformada por 212 habitantes (Inegi, 2020b); esta localidad rural se encuentra en una zona con características de montaña, las vías de comunicación son de terracería, por lo que el acceso es difícil, la zona urbana más cercana está a 30 minutos (17 km). La vegetación ribereña en este tramo del cauce es densa y el agua del río es cristalina. La localidad en la parte media fue San Miguel, ubicada a 337 ms.n.m. y conformada por 516 habitantes (Inegi, 2020b); la localidad se encuentra en una zona con vías de comunicación en buen estado, a diez minutos (13 km) de la zona urbana más cercana. La vegetación ribereña sigue siendo densa, sin embargo, la calidad del agua disminuye, porque recibe aportes de descargas de aguas residuales urbanos de la cabecera de Villa Purificación. La localidad de la parte baja fue Emiliano Zapata ubicada a 17 ms.n.m., conformada por 1 352 habitantes (Inegi, 2020b); esta localidad está ubicada en una zona rodeada de playas turísticas y también tiene la influencia de la Reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, dado que es una zona de desembocadura al mar, el lecho del cauce es amplio y la vegetación ribereña se encuentra más alejada del agua que pasa por el río en temporada de secas, la vegetación ribereña está conservada y en época de sequía el agua es cristalina.

En la cuenca Purificación en la parte alta se seleccionó la cabecera municipal de Villa Purificación, ubicada a 446 ms.n.m. y conformada por 5 965 habitantes (Inegi, 2020b), esta zona presenta características de montaña, la vegetación ribereña está bien conservada y el agua se observa transparente en época de sequía. En la parte media no fue posible concretar con ninguna escuela o

Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo comunitario en las cuencas Cuitzmala y Purificación



Fuente: elaboración propia

institución. En la parte baja se seleccionó la localidad de Agua Caliente ubicada a 19 ms.n.m. y conformada por 787 habitantes (Inegi, 2020b), en zonas aledañas se encuentran playas turísticas. En este tramo del río, la vegetación ribereña es muy pobre y casi ausente, se realiza extracción de materiales pétreos de manera constante, por tanto, el agua del río es turbia en todas las épocas del año.

Población potencial dentro de las localidades

Con ayuda de los informantes clave (Bernard, 2018), conocedores del contexto de las localidades, en este caso personal de Jicosur, personal de la Secretaría de Educación Pública y académicos de la zona, sugirieron invitar a participar a las escuelas del máximo nivel educativo posible de cada localidad (telesecundaria, secundaria técnica o preparatoria) y al Comité Ciudadano de Villa Purificación, ya que sería más probable que la experiencia fuera exitosa; además, facilitaron el acercamiento con los planteles educativos y el Comité Ciudadano, para invitarlos a participar en el taller de monitoreo comunitario.

Una vez que las autoridades escolares y el Comité Ciudadano aceptaron participar en el proyecto, se procedió a la conformación de cada Grupo Comunitario. En el caso de las escuelas, la selección de los grados escolares que conformarían el grupo respondió a los intereses y posibilidades de cada plantel educativo.

Diseño del taller

Para el diseño del taller comunitario con insectos acuáticos como indicadores de la calidad ambiental, se consultaron diversos protocolos para el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos (Carrera y Fierro, 2001; Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana, 2018; Globe, 2005; Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Museo de Historia Natural, 2014) y propuestas metodológicas para el monitoreo del agua (Pinzón, Cardona y Martínez, 2020). A partir de estas consultas, se generó una propuesta adecuada al contexto de las cuencas y de los actores elegidos.

Proceso del taller y conformación de los grupos comunitarios

Los datos de este estudio fueron recolectados de junio a septiembre de 2022. El taller comunitario tuvo una duración de dos días no consecutivos y constó de cuatro etapas; en todas las etapas se utilizó un lenguaje coloquial y accesible a los participantes. El taller se llevó a cabo en cada Grupo Comunitario de manera independiente entre los grupos.

- Primera etapa. Explorando los conocimientos e intereses de los participantes.

Se realizaron presentaciones orales en diapositivas de *Power Point* conducidas por la primera autora. El contenido estaba conformado por texto, imágenes y videos cortos (máximo dos minutos, de la plataforma *YouTube* que reforzaban el contenido de los temas y se reprodujeron conforme se daba la explicación). Los temas abordados fueron: *¿qué importancia tienen los ríos y cuáles son sus características?*, *¿qué puedo hacer para cuidar mi río?*, los insectos acuáticos como bioindicadores de la calidad de los ríos y algunos ejemplos de monitoreos comunitarios con insectos acuáticos en otras partes del mundo. En esta primera etapa se cuestionaron los conocimientos previos de los temas abordados, los intereses de los participantes en cuanto al uso de su río y las percepciones de la situación actual de su río.

- Segunda etapa. Conformación de los grupos comunitarios.

Una semana después, se continuó con la segunda etapa del taller, en la que únicamente participaron los integrantes que conformaron cada Grupo Comunitario. Se les capacitó de una manera más intensiva en cada orden taxonómico de los insectos acuáticos, las técnicas de colecta de estos organismos y el cálculo de un índice multimétrico para obtener una valoración de su sitio al final del taller.

- Tercera etapa. La experiencia de descubrir lo que vive dentro del río.

Cada grupo realizó la colecta de los insectos acuáticos, con una coladera común de cocina, los participantes removieron diversos sustratos en el sitio de muestreo en un tramo aproximado de 50 metros a lo largo del río hasta obtener de 100 a 120 individuos. Lo que colectaron fue colocado en una bandeja de fondo blanco y con ayuda de pinzas y lupas, separaron los organismos del sustrato. Posteriormente, agruparon los que parecían similares en un plato plano blanco o en cajas Petri.

- Cuarta etapa. Identificación de insectos acuáticos y evaluación de la calidad del río.

Finalmente, los participantes identificaron taxonómicamente a cuáles familias pertenecían los organismos colectados con ayuda de la Guía de campo de insectos acuáticos en la costa de Jalisco y Colima (Rodríguez-Contreras y Martínez, en prensa). Una vez identificados los organismos, los cuantificaron y anotaron esta información en hojas de campo elaboradas para el taller. Con apoyo de estas hojas de campo, calcularon el Índice multimétrico de la Cuenca Ayuquila-Armería (Icayar) (Rodríguez, 2020), un índice elaborado para la región. Para evaluar la condición del sitio el índice se calcula con tres métricas: el porcentaje de larvas de Díptera (moscas y mosquitos), el porcentaje del grupo funcional alimentario de Trituradores de insectos acuáticos y el Índice Biótico de Familia de Hilsenhoff y se clasifica en alguna categoría de calidad: buena (representada con azul), aceptable (representada con verde), moderada (amarillo), mala (anaranjado) y muy mala (rojo). Así, al final de esta etapa, cada grupo está capacitado para evaluar la calidad de su tramo de río con los insectos acuáticos.

Durante las fases del taller, se documentaron las observaciones y los comentarios de los participantes en un diario de campo, que consiste en tomar notas descriptivas de lo que se observa y lo que dicen y hacen los participantes (Bernard, 2018). Al final del taller, se aplicó un cuestionario a los participantes para conocer los aprendizajes adquiridos, sus percepciones del taller y rescatar de manera individual otros comentarios y sugerencias. Las preguntas del cuestionario fueron: 1. Resume con tus palabras qué es lo que se hizo en este Taller; 2. ¿Cómo se evaluó el sitio del río que muestrearon?; 3. ¿Qué aprendiste en el Taller?; 4. ¿Qué te pareció el Taller?, y 5. Comentarios que ayuden a mejorar el taller.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Primera etapa. Explorando los conocimientos e intereses de los participantes

El objetivo de esta primera etapa del taller fue dar a conocer el proyecto del monitoreo comunitario a la comunidad estudiantil y miembros del Comité Ciudadano Ambiental, para que decidieran quiénes querían formar parte del proyecto. En esta primera etapa del taller participaron 186 personas.

La primera etapa del taller se llevó a cabo con seis grupos en total: en planteles educativos participó la Telesecundaria J. Jesús Álvarez Constantino en La Eca, donde se involucraron todos los alumnos, maestros, egresados exalumnos y la autoridad de la comunidad; de la Telesecundaria Ignacio Manuel Altamirano en San Miguel participaron los alumnos de primer y segundo grado; de la Telesecundaria Emiliano Zapata de Emiliano Zapata, los alumnos de segundo grado; y en la Secundaria Técnica 103 de Agua Caliente Nueva, los alumnos de segundo grado; en la Escuela Preparatoria Regional de Casimiro Castillo, módulo Villa Purificación y Universidad de Guadalajara, alumnos de quinto semestre y además participó un Comité Ciudadano Ambiental conformado por funcionarios de la presidencia municipal de Villa Purificación.

Para sondear los conocimientos previos en la primera etapa del taller, se preguntó si sabían qué era una cuenca y sólo el 15 % de los grupos respondió que sí y su concepto fue acertado, este grupo correspondió a la escuela preparatoria. Para ir contextualizando el concepto y motivando el interés de considerarse dentro del territorio de una cuenca y no sólo de la división política municipal, se cuestionó si tenían idea de qué localidades abarcaban su cuenca, ninguno de los seis grupos supo responder a esto porque no se visualizaban dentro de una cuenca. Tras estas preguntas, se explicaron las funciones de las cuencas (los servicios que nos brindan, los recursos que nos proveen, como agua y alimentos) y la interconectividad (cómo se conecta el río con la agricultura, la ganadería, las aguas subterráneas y con la sociedad) y dependencia que se tiene en una escala longitudinal (es decir, la dependencia entre localidades y territorio se conectan a lo largo del río). Asimismo, se les proyectó la ubicación de las localidades del territorio de su cuenca

en cada grupo y se hizo énfasis si se encontraban en la parte alta, media o baja de la cuenca.

Respecto al rescate de conocimientos previos que se tuvo de la primera etapa del taller con los grupos, las principales ideas compartidas sobre la importancia de su río fueron que: *es importante para divertirnos, para refrescarnos, para las necesidades del hogar y tomar agua, para los cultivos y el ganado, para convivir, para sacar tecuejas (hembras de langostinos) para vender y comer.* Y lo que más les gusta o disfrutan de su río es: *irse a bañar, nadar, echarse clavados, convivir ahí, comer, pescar, lavar, colgarse de las ramas de los árboles, la tranquilidad del río, ir por barro para mascarillas.*

En cuanto a las acciones que ellos consideran que afectan a su río identificaron: *basura que la gente deja en el río cuando se va a bañar, deforestación, drenajes urbanos e industriales, vertederos clandestinos, plaguicidas o pesticidas, sustancias para enyerbar ríos para sacar camarones, gasolina, líquido para bañar a los animales, aceites, ramas, troncos, sedimentos, extracción de agua, sobrepesca, modificar los ecosistemas.*

Al presentarles algunas alternativas para cuidar los ríos, se les hizo la pregunta de qué más se les ocurre para cuidar nuestros ríos y lo que vive en ellos. A lo que respondieron: *cuando visiten el río llevarse su basura; no contribuir a los vertederos clandestinos; no quemar potreros; poner señalamientos; realizar campañas de prevención y de información; designar autoridades para que cuiden el río; formar un comité encargado para cuidar el área del río; poner botes de basura en el margen del río; implementar multas o sanciones a los que contaminen el río; no talar árboles; reforestar; evitar la sobrepesca; utilizar métodos agroecológicos; no modificar el flujo del agua; cerrar la llave del agua cuando no la estamos ocupando.*

Al final de esta etapa los participantes reconocieron y resaltaron que los de la parte alta tienen una responsabilidad social con quienes viven en la parte media y baja de la cuenca, y se interesaron más por comprometerse a cuidar su río.

Segunda etapa. Conformación de los grupos comunitarios

Se conformaron los grupos comunitarios con los alumnos que, además de haber mostrado interés en el proyecto, fueron recomendados por los maestros. Si bien a cada plantel se le sugirió un mínimo de seis y un máximo de ocho integrantes, el número máximo de participantes no fue limitado. En total se conformaron seis Grupos de Monitoreo Comunitario en las cuencas de estudio, cinco de estudiantes y uno del Comité Ciudadano Ambiental (tabla 1) con un total de 60 integrantes. Cada grupo eligió un nombre con la finalidad de poder identificarse y diferenciarse de los demás grupos.

Tabla 1. Conformación de los grupos de Monitoreo Comunitario en las cuencas Cuitzmala y Purificación, Costa Sur de Jalisco

Nombre del Grupo Comunitario	Plantel educativo o institución	Localidad y municipio	Cuenca	Integrantes		Rango de edades
				Género* M	F	
Guardianes de El Salto	Telesecundaria J. Jesús Álvarez Constantino	La Eca, Villa Purificación	Cuitzmala (parte alta)	3	3	12-15
San Miguel	Telesecundaria Ignacio Manuel Altamirano	San Miguel, Villa Purificación	Cuitzmala (parte media)	7	10	12-15
Insectos al descubierto	Telesecundaria Emiliano Zapata	Emiliano Zapata, La Huerta	Cuitzmala (parte baja)	4	8	12-14
Guardianes RP	Comité Ciudadano Ambiental de Villa Purificación	Villa Purificación	Purificación (parte alta)	5	5	27-51
Prepa Villa	Preparatoria Regional de Casimiro Castillo, módulo Villa Purificación, Universidad de Guadalajara	Villa Purificación	Purificación (parte alta)	4	4	15-17
Los Elegidos del río Purificación	Secundaria Técnica 103	Agua Caliente Nueva, La Huerta	Purificación (parte baja)	3	4	13-15

Nota: *Género: M: masculino, F: femenino.

Fuente: elaboración propia

Tercera etapa. La experiencia de descubrir lo que vive dentro del río

En la tercera etapa, en el río, se hicieron equipos para coleccionar la cantidad de individuos requeridos para hacer la evaluación (figura 2). La identificación taxonómica tuvo lugar en diferentes espacios: el río, el salón de clases o el espacio de la institución, dependiendo las preferencias de cada grupo comunitario y las propias condiciones de la localidad. Al principio de esta etapa, a algunos participantes les costaba encontrar insectos, porque no removían bien el sustrato, o incluso porque ponían la coladera en dirección de la corriente y el agua se llevaba lo que coleccionaban. Pero luego de volver a explicarles, ya habían dominado la técnica de colecta. Otra confusión, al inicio, a pesar de que se explicó, es que querían coleccionar sólo organismos diferentes para completar la cantidad solicitada al equipo, se tuvo que recalcar que se debía coleccionar todo lo que se fuera encontrando. Por otro lado, la actitud que mostraron al principio de esta etapa era un tanto incrédula de que fueran a encontrar algo; sin embargo, mientras fueron descubriendo lo que podían encontrar, se interesaban y adentraban más en el río. Es decir, ya no se limitaban a los metros que habíamos propuesto al inicio, sino que iban a ver qué más podían encontrar más lejos. Así mismo, se emocionaban y no querían dejar de coleccionar, a pesar de que ya habían completado el número de individuos mínimo, para ello se tuvo que hacer un llamado a cada equipo para que ya regresaran a donde se iba a identificar. Cabe mencionar que, dado que los estudiantes son menores de edad, en esta etapa del taller para la salida de campo, siempre se obtuvo autorización de los padres de familia y se acompañó de un maestro. Los docentes se limitaron a acompañar y en general, su participación fue más bien pasiva.

Figura 2. Grupo “Insectos al descubierto” realizando la colecta de insectos acuáticos en el río Cuitzmala en la localidad de Emiliano Zapata, municipio de La Huerta, Jalisco



Fuente: elaboración propia

Cuarta etapa. Identificación de insectos acuáticos y evaluación de la calidad del río

En la cuarta etapa de identificación y cálculo del índice, con algunos organismos tuvieron más dificultad que con otros para identificarlos. Así mismo, algunos participantes tenían mayor habilidad para notar las diferencias taxonómicas. En general, al final, con un poco de apoyo lograron identificar a los organismos. El llenado de la hoja de campo para vaciar la información encontrada fue sencillo. El paso de calcular el índice es el que fue más complicado para todos los grupos, por la implicación de cálculos matemáticos básicos como regla de tres y los signos de mayor que y menor que. En esta etapa, el docente, cuando era el caso, retaba a los alumnos a que recordaran lo aprendido en sus clases. Así mismo, algunos docentes hicieron hincapié en que este era un ejemplo de poner en práctica lo que aprendían en el aula y se interesaron por que los alumnos pudieran realizar el cálculo del índice.

La identificación taxonómica de los insectos acuáticos fue una de las principales dificultades entre los grupos participantes, este problema fue también reportado por Pinto *et al.* (2020) en los monitoreos realizados por 36 grupos de estudiantes de secundaria en Portugal. Lo anterior, de acuerdo con la Agencia de Protección Am-

biental de Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés, 1997) puede ser mejorado a medida que los participantes van adquiriendo más experiencia y cuentan con materiales adecuados que apoyen el proceso de identificación. Cabe señalar que, para estos talleres, los participantes emplearon la “Guía de campo de insectos acuáticos en la costa de Jalisco y Colima” (Rodríguez-Contreras y Martínez, en prensa), lo que pudo disminuir la posibilidad de errores en la identificación de las familias ya que fue específicamente diseñada para las cuencas de esta región, por lo que la dificultad de los participantes para la identificación taxonómica de los organismos pudo deberse más a una falta de experiencia práctica. Por otro lado, el diseño de la hoja de campo ayudó a disminuir errores en la redacción de los nombres científicos y transcribir su puntuación del nivel de sensibilidad; además facilitó los cálculos matemáticos para llegar a una evaluación final del río. En la tabla 2 se describen las familias encontradas por los grupos comunitarios.

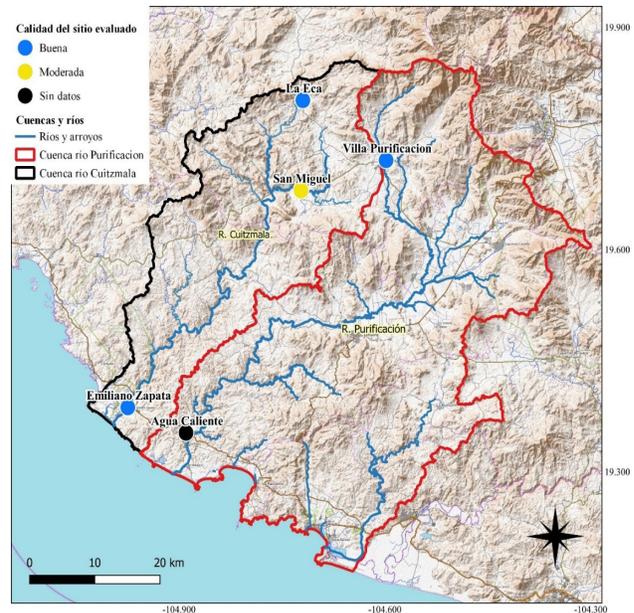
Tabla 2. Familias de insectos acuáticos encontradas por los grupos comunitarios

Orden	Familia	Tolerancia	Orden	Familia	Tolerancia
Hemiptera	Belostomatidae	10	Diptera	Culicidae	8
	Corixidae	9		Chironomidae	6
	Veliidae	6		Tabanidae	6
	Gerridae	5	Tipulidae	3	
	Naucoridae	5	Coleóptera	Staphylinidae	8
	Notonectidae	4		Noteridae	7
	Gelastocoridae	s/d		Dytiscidae	6
		Hydrophilidae		5	
Odonata	Libellulidae	9	Dryopidae	5	
	Coenagrionidae	8	Elmidae	4	
	Calopterygidae	6	Ephemeroptera	Leptohyphidae	6
	Gomphidae	3		Baetidae	5
	Corduliidae	2	Leptophlebiidae	3	
Trichoptera	Leptoceridae	4	Oligoneuridae	s/d	
	Hydropsychidae	4	Plecóptera	Perlidae	1
	Calamoceratidae	3			
	Philopotamidae	3			
1 y 2 Muy intolerantes		3, 4 y 5 Intolerantes	6, 7 y 8 Tolerantes		9, 10 Muy intolerantes

Nota: * Los valores de tolerancia están de acuerdo con el IBF, s/d quiere decir sin datos disponibles.
Fuente: elaboración propia

Los resultados de las evaluaciones de la calidad ambiental de los ríos se presentan en la figura 3. A los integrantes de los grupos en donde el sitio se evaluó con buena calidad, les sorprendió el resultado, porque ellos desconocían que se encuentran en una cuenca que, a diferencia de otras cuencas de la región e incluso del país, tienen condiciones de conectividad naturales y en buen estado ecológico. En el grupo de San Miguel, que se evaluó como moderada, en esta parte de la cuenca son más evidentes las perturbaciones como presencia de ganadería y pastizales. Los resultados no fueron compartidos entre grupos ni a otras instancias.

Figura 3. Monitoreo comunitario y resultados del índice Icayar para cada uno de los sitios



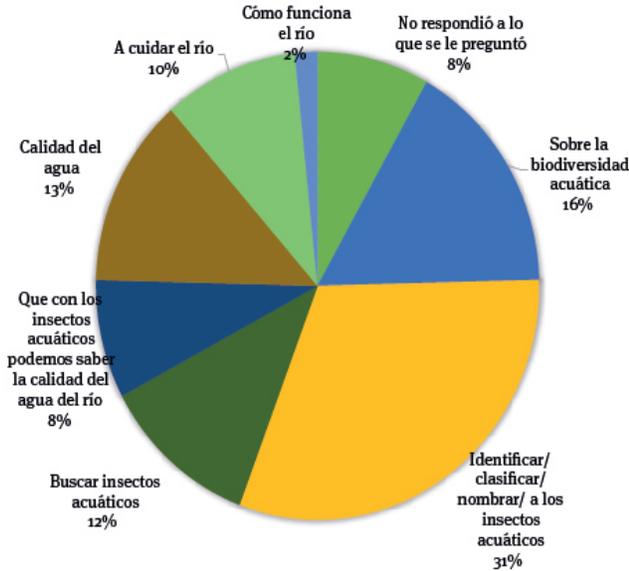
Fuente: elaboración propia

La percepción de los participantes

El cuestionario aplicado a los participantes al finalizar el taller permitió rescatar sus principales opiniones sobre las actividades desarrolladas, la forma como fueron conducidas y sus sugerencias para mejorar el taller. De esta manera, respecto a la pregunta *¿Qué aprendiste en el taller?*, las respuestas se agruparon en cinco aprendizajes principales relacionados con la taxonomía de los insectos acuáticos, las técnicas de colecta de insectos acuáticos (o de muestreo), los insectos acuáticos

como bioindicadores y, el cuidado del río (figura 4). Por ejemplo, un integrante del grupo Guardianes RP refirió: “aprendí a identificar las especies que hay en nuestros ríos y arroyos y con ellos evaluar la calidad de nuestras aguas”.

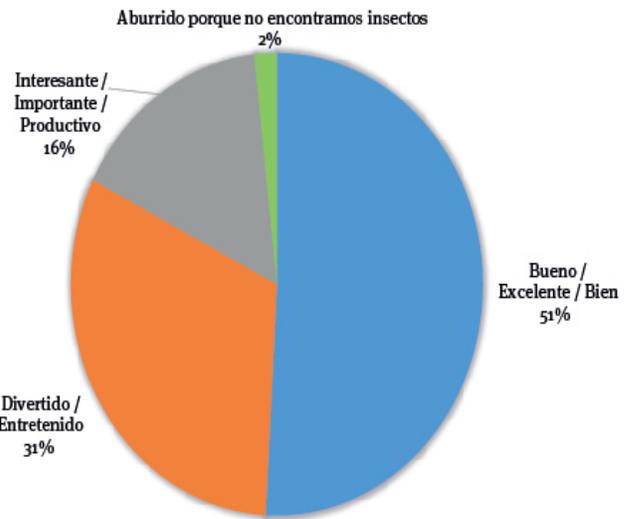
Figura 4. Respuestas a: ¿Qué aprendiste en el taller?



Fuente: elaboración propia.

En la figura 5 se tabulan las respuestas de la pregunta: ¿Qué te pareció el taller? 98 % tuvo una impresión positiva del taller y al 2 % le pareció aburrido porque no encontraron insectos acuáticos debido a una crecida del río unos días antes de realizar la colecta.

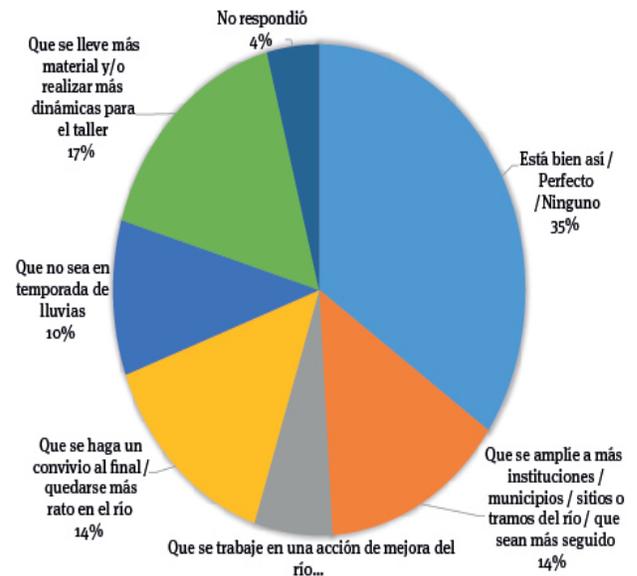
Figura 5. Respuestas a: ¿Qué te pareció el taller?



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en la figura 6 se presentan las respuestas sobre sus sugerencias y comentarios para ayudar a mejorar el taller.

Figura 6. Respuestas de sugerencias y comentarios para ayudar a mejorar el taller



Fuente: elaboración propia.

Los talleres realizados con los seis grupos demostraron que a través de los monitoreos comunitarios se puede obtener información rápida de los que está pasando

en el río con la que se puede avisar oportunamente de los cambios en la calidad ambiental; no obstante, considerar esta información como la única fuente para el manejo de las cuencas puede ser riesgoso. Aun así, los datos generados por los grupos de monitoreo comunitarios pueden ser integrados dentro del conjunto de muestras empleadas por las autoridades correspondientes para ayudar a detectar cambios en los patrones ambientales y geográficos a largo plazo, así como contribuir a programas regionales de monitoreo (Deutsch, Lhotka y Ruiz-Córdova, 2009; Latimore y Steen, 2014) a la vez que se ahorra tiempo y dinero (Levrel *et al.*, 2010).

El involucramiento de estudiantes en el taller y la conformación de los respectivos grupos de monitoreo fue conveniente no solo porque ellos contaban con mayor disponibilidad de tiempo comparado con los adultos, sino que, además, con esta experiencia tuvieron la oportunidad de colaborar en una investigación de biomonitoreo de importancia para su comunidad, donde pudieron aplicar los conocimientos científicos fuera del aula, colaborar con sus compañeros y con científicos (Pinto *et al.*, 2020). Además, a través del involucramiento de quienes viven cerca de los ecosistemas acuáticos e interactúan diariamente con ellos, espacios como los ofrecidos por los grupos de monitoreo pueden favorecer los intentos de generar una conciencia ambiental (Reynaga y Dos Santos, 2020). También sería recomendable que el proceso de capacitación y monitoreo que implica el taller quedara implementado como parte del programa de alguna materia de la institución educativa, para que al menos algún maestro se hiciera cargo de darle la continuidad formal sin que se requiera del acompañamiento externo de un especialista.

El Grupo Guardianes RP conformado por adultos, mostró interés de que se les facilitaran otros talleres participativos de temas como una evaluación del territorio para conocer qué acciones puntuales en su zona afectan la condición socioambiental y qué propuestas o acciones de manejo se pueden realizar para recuperar o mejorar estas condiciones. Esto confirma que el involucramiento de la ciudadanía usando de este tipo de herramientas puede conducir a que los participantes discutan y demanden un mejor manejo y gobernanza de la calidad ambiental de sus ríos y otros ecosistemas para las autoridades y otras partes interesadas, incluidos los científicos (França *et al.*, 2018). En este sentido, los

monitoreos participativos pueden proveer información que ayude a una apropiada toma de decisiones sobre el uso de los recursos y la resolución de conflictos (Fraser *et al.*, 2006), para lo cual pueden adecuarse talleres con diversos especialistas de acuerdo con los intereses de los participantes, para que faciliten la discusión del manejo del territorio desde una visión holística e integradora.

Los resultados muestran que la adecuación de los materiales a las condiciones locales y el uso de un lenguaje apropiado para el nivel de escolarización de los participantes de los talleres fueron parte fundamental para que la evaluación de los ríos fuera eficiente, interesante y entretenida para los grupos. Resultados similares son señalados por França *et al.* (2018), quienes emplearon métodos adaptados a la ciencia ciudadana para la capacitación de estudiantes de primaria, secundaria y preparatoria para el monitoreo de arroyos urbanos en Brasil.

CONCLUSIONES

Antes de la capacitación, los participantes reconocían los servicios ecosistémicos de un río sano y las acciones que afectan su calidad. Aunque desconocían la evaluación con insectos acuáticos, los talleres fueron exitosos y despertaron gran interés. Se destaca la positiva experiencia de formar grupos comunitarios en la Costa Sur de Jalisco, concluyendo que, con diagnósticos locales, capacitación adaptada, guías y un índice biótico regional, se pueden evaluar cuerpos de agua con insectos acuáticos hasta un nivel taxonómico de familia.

Un monitoreo comunitario no sustituye a un monitoreo científico realizado por especialistas, ni tampoco sustituye una medición de parámetros fisicoquímicos que arroja resultados puntuales de los contaminantes presentes al momento de tomar la muestra. Un monitoreo comunitario genera información sobre la biodiversidad en el río y observa algún cambio en las condiciones ambientales reflejadas en los cambios de la biota, en monitoreos a largo plazo. En lugares donde no existe información de las condiciones de calidad ecosistémica de un río o arroyo, el monitoreo comunitario es una primera generación de información de la condición en que se encuentra el lugar y dependiendo de sus resultados puede requerir o no un estudio más especializado. Por

lo tanto, más que decidir por algún tipo de monitoreo estos son complementarios.

Se sugiere replicar este proceso en otras regiones costeras y trabajar con el tercer nivel de educación básica. Se recomienda un acompañamiento a largo plazo, integrar el taller en actividades escolares y flexibilizar el número de participantes. Se propone desarrollar una aplicación móvil para agilizar la identificación de insectos acuáticos en el occidente de México.

REFERENCIAS

- Alberich, T., Arnanz L., Basagoiti M., Belmonte R., Bru P., Espinar C., Tenze A. (2009). *Metodologías participativas*. Madrid: Observatorio Internacional de Ciudadanía y Medio Ambiente Sostenible.
- Ancona, L. (1936). Contribuciones al conocimiento de la fauna de Actopan, Hgo. II. Insectos de los manantiales y aguas estancadas de la región de Actopan, Hgo. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 7, 265-267. Recuperado de <https://anales.ib.unam.mx/index.php?journal=anales&page=article&op=view&path%5B%5D=261>
- Arriaga, L., Aguilar V., y Alcocer J. (2002). Regiones Hidrológicas Prioritarias. Aguas Continentales y diversidad biológica de México. Escala 1: 4000 000. *Portal de geoinformación/Sistema nacional de información sobre biodiversidad (SNIB)/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)*. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Bernard, H. (2018). *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*, 6a. edición. Estados Unidos: Rowman and Littlefield.
- Blake, C., y Rhanor, A. (2020). The Impact of Channelization on Macroinvertebrate Bioindicators in Small Order Illinois Streams: Insights from Long-Term Citizen Science Research. *Aquatic Sciences* 82(35), 1-11. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s00027-020-0706-4>
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., y Statzner, B. (2006). Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51, 495-523. DOI: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151124
- Burgos, A., Páez, R., Carmona, E., y Rivas, H. (2013). A Systems Approach to Modeling Community-Based Environmental Monitoring: A Case of Participatory Water Quality Monitoring in Rural Mexico. *Environ Monit Assess*, 185, 10297-10316. DOI: 10.1007/s10661-013-3333-x
- Cabrera, Y. (2016). *Evaluación del estado de conservación del río Cuitzmala (Jalisco) utilizando la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores*. (Tesis de pregrado inédita). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Campbell, B. (2007). Innovation in Evaluating Freshwater Macroinvertebrates in Mexico: Community-Based Volunteers and Water Quality Biomonitoring. En N. Rodolfo y A. Perla, *Simposio Internacional Entomología Acuática Mexicana: Estado Actual de Conocimiento y Aplicación* (pp. 91-104). Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Sociedad Mexicana de Entomología. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/entomologia-acuatica.pdf>
- Carrera, C., y Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia.
- Carrillo, F., Cornejo, V., González, M., Morales J., Meza, M., y Martínez, V. (2015). *Estudio del potencial hidrológico de la cuenca Cuitzmala Costa Suroeste de Jalisco, México*. México: Universidad de Guadalajara.
- Cipamex y Conabio, (2015). Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015, escala: 1:250000. *Portal de geoinformación/Sistema nacional de información sobre biodiversidad (SNIB)/Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves. Financiado por Conabio-FMCN-CCA. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.* Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Comité de Biomonitorio RALACA. (2018). *Implementación del Biomonitorio participativo con macroinvertebrados en cuencas hídricas de Latinoamérica*. [Cartel] Cornejo, A., Macchi, P., Kohlmann, B., y Hladki, R. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326882368_Im

- plementacion_del_biomonitoreo_participativo_con_macroinvertebrados_en_cuencas_hidricas_de_Latinoamerica
- La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio]. (2001). 25. Ríos Purificación y Armería. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_025.html#:~:text=Biodiversidad%3A%20tipos%20de%20vegetaci%C3%B3n%3A%20selva,mediana%20subcaducifolia%20y%20vegetaci%C3%B3n%20riparia.
- La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio]. (2004). Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1000000. *Portal de geoinformación/Sistema nacional de información sobre biodiversidad (SNIB)/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México*. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [Conanp] (00/03/2022). (2022). Áreas Naturales Protegidas Federales de México, marzo 2022. *Portal de geoinformación/Sistema nacional de información sobre biodiversidad (SNIB)/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Ciudad de México. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [Coneval]. (2020). Coordinación General de Análisis de la Pobreza. Recuperado de <https://www.snieg.mx/cni/escenario.aspx?idOrden=1.4&ind=6300000106&gen=216&d=n>
- Deutsch, W., Lhotka, L., y Ruiz-Córdova, S. (2009). Group Dynamics and Resource Availability of a Long-Term Volunteer Water-Monitoring Program. *Society and Natural Resources*, 22, 637-649. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/08941920802078216>
- Dirección de Difusión de Ciencia y Tecnología [Ddicyt]. (2021, junio 29). Evaluando la calidad del agua con una App – Dra. Eugenia López López [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=144AS-nn6h0>
- Fernández, P. (2021, julio 29). Una red de ciencia ciudadana para observar el cambio climático en los ecosistemas. *Heraldo*. Recuperado de <https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2021/07/29/una-red-de-ciencia-ciudadana-para-observar-el-cambio-climatico-en-los-ecosistemas-1509341.html>
- Flicker, S., Senturia, K., y Wong, K. (2010). Unit 2: Developing a CBPR Partnership - Getting Started: Developing and Sustaining Community-Based Participatory Research Partnerships: A Skill-Building Curriculum. *Washington edu*. Recuperado de: <https://www.cbprcurriculum.info/ccph/cbpr/u2/u2.html>
- Flores, D., y Huamantínco, A. (2017). Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). *Ecología Aplicada*, 16(2), 105-114. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1014>
- Flores-Díaz, A., Ramos-Escobedo, M., Ruiz-Córdova, S., Manson, R., Arana, E., y Deutsch, W. (Agosto, 2013). Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva Global Water Watch-México. En Congreso Nacional de Cuencas Hidrológicas 2013. México. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/268803861_MONITOREO_COMUNITARIO_DEL_AGUA_RETOS_Y_APRENDIZAJE_DESDE_LA_PERSPECTIVA_DE_GLOBAL_WATER_WATCH-MEXICO
- França, J., Solar, R., Hughes, R., y Calisto, M. (2019). Student Monitoring of the Ecological Quality of Neotropical Urban Streams. *Ambio*, 48, 867-878. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1122-z>
- Fraser, E., Dougill, A., Marcos, E., y McAlpine, P. (2006). Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. *Journal of Environmental Management*, 78, 114-127. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.009>
- Fryirs, K., y Brierley G. (2012). *Geomorphic Analysis of River System: An Approach to Reading the Landscape*. Reino Unido: Wiley-Blackwell.
- Fuster, R., de la Fuente, A., Sabando, M., y Pérez, J. (2010). *Clasificación de Cuerpos de Agua, Informe Final*. Universidad de Chile. Departamento De Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables. Comisión Nacional del Medio Ambiente.

- Recuperado de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/27557/2/Recursos%20Hidricos_%20Informe_final.pdf
- García, C. (2007). *Diversidad de insectos acuáticos del bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol, Hidalgo*. (Tesis de pregrado inédita). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- García, E. (1998). *Climas. Catálogo de metadatos geográficos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Globe. (2005). Protocolo de Macroinvertebrados de Agua Dulce. Hidrología. En Globe. *Investigación de Hidrología* (pp. 161-190). España: Globe. Recuperado de https://www.globe.gov/documents/10157/381040/hydro_chap_es.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana. (2018). *Manual de monitoreo comunitario de la calidad del agua con bioindicadores*. Ecuador: Artes Gráficas SILVA.
- Government of Canada. (2019). Canadian Aquatic Biomonitoring Network. Measure freshwater ecosystem health with standardized methods, database, activities map, training. *Water CABIN*. Recuperado de <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/canadian-aquatic-biomonitoring-network.html>
- Henne, L., Schneider, D., y Martínez, L. (2002). Rapid Assessment of Organic Pollution in a West-Central Mexican River Using a Family-Level Biotic Index. *Journal of Environmental Planning and Management*, 45(5), 613-632. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/0964056022000013039>
- Hewlett, R. (2000). Implications of Taxonomic Resolution and Sample Habitat for Stream Classification at a Broad Geographic Scale. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(2), 352-361. DOI: 10.2307/1468077.
- Hilsenhoff, W. (1988). Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *The North American Benthological Society*, 7(1), 63-68. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/1467832?seq=1&typeAccessWorkflow=login#page_scan_tab_contents
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [Inegi]. (2020a). *Censo de Población y Vivienda 2020. Nivel de escolaridad y grado*.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [Inegi]. (2020b). *Censo de Población y Vivienda 2020. Subsistema de Información Demográfica y Social*. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#datos_abiertos
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [Inegi], Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (2007). Cuencas Hidrográficas de México, 2007. Catálogo de metadatos geográficos. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Recuperado de http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/cue250k_07gw.html
- Jiménez, O. (2014). *Utilización de los macroinvertebrados béticos en el monitoreo comunitario de la calidad del agua en la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco*. (Tesis de maestría inédita). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Latimore, J., y Steen, P. (2014). Integrating Freshwater Science and Local Management Through Volunteer Monitoring Partnerships: The Michigan Clean Water Corps. *Freshwater Science* (33), 686-692. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.001>
- Levrel, H., Fontaine, B., Pierre-Yves, H., Jiguet, F., Julliard, R., Kerbiriou, C., y Couvet, D. (2010). Balancing State and Volunteer Investment in Biodiversity Monitoring for the Implementation of CBD Indicators: A French Example. *Ecological Economics* 69 (7), 1580-1586. 10.1016/j.ecolecon.2010.03.001
- López, E. (2021, marzo 23). La evaluación de la salud de los ecosistemas acuáticos mediante el uso de biomonitoreo con macroinvertebrados acuáticos. *Boletín de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología. De los conceptos a la práctica: Integridad de los Ecosistemas*, 3. Recuperado de <https://scme.mx/la-evaluacion-de-la-salud-de-los-ecosistemas-acuaticos-mediante-el-uso-de-biomonitoreo-con-macroinvertebrados-acuaticos/>
- Louw, M., Bartley, C., Crowley, K., Morse, J., Wenzel, J., Kerlin S., y O'Leary, R. (2022). *Atlas of Common Freshwater Macroinvertebrates of Eastern North*

- America. Carnegie Mellon University/University of Pittsburgh/Clemenson University/Carnegie Museum of Natural History/Stroud Water Research Center/Dezudio. Recuperado de <https://www.macroinvertebrates.org/about#project-outputs>
- Mancilla-Villa, O., Gómez-Villaseñor, L., Olguín-López, J., Guevara-Gutiérrez, R., Hernández-Vargas, O., Ortega-Escobar, H., Palomera-García, C. (2021). Contaminación orgánica por coliformes, Nitrógeno y Fósforo en los ecosistemas acuáticos de la cuenca Ayuquila-Armería, Jalisco, México. *Biotecnia*, 24(1), 5-14. Recuperado de <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1283>
- Mandaville, S. (2002). *Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols*. Nueva York: Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.
- Marshall, J., Steward, A., y Harch, B. (2006). Taxonomic Resolution and Quantification of Freshwater Macroinvertebrate Samples from an Australian Dryland River: The Benefits and Costs of Using Species Abundance Data. *Hydrobiologia*. 572(1), 171-194. DOI: 10.1007/s10750-005-9007-0.
- Martínez, L., Mercado, N., Mathuriau, C., Maass, M., Armas, F., Ortiz, C., Meza, R. (2013). *Estudios de campo para la determinación de caudal ecológico en las reservas de la zona Jalisco. Documento de evaluación de caudal ecológico*. Programa Nacional de Reservas de Agua. WWF/Conagua/BID Iniciativa de Agua y Saneamiento.
- Mathuriau, C., Mercado, N., Lyons, J., y Martínez, L. (2011). Los peces y macroinvertebrados como bioindicadores para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos en México: estado actual y perspectivas. En O. Úrsula (coord.) *Los retos de la investigación del agua en México* (pp. 352-363). Morelos, México: UNAM/CRIM/AFES-Press. Recuperado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/06/retos-de-la-investigaci%C3%B3n-del-agua-en-mexico.pdf>
- Merchan, F., Cornejo, A., Poveda, H., Valderrama, E., Vásquez, J., y Sánchez, J. (2022). Biomonitoreo participativo de la calidad del agua con Juntas Administradoras de Acueductos Rurales (JAAR): una herramienta para la sostenibilidad de los recursos hídricos en Panamá. *Sistema de Información Científica de la Universidad Tecnológica de Panamá*. Recuperado de <http://www.investigadores.utp.ac.pa/proyectos/173>
- Moolna, A., Duddy, M., Fitch, B., y White, K. (2020). Citizen Science and Aquatic Macroinvertebrates: Public Engagement for Catchment-Scale Pollution Vigilance. *ÉCOSCIENCE*, 27(4), 303-317. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/11956860.2020.1812922>
- Palomera, C. (2012). *Effects of Land-use Activities in the Ayuquila River's Fauna*. (Tesis doctoral inédita). Simon Fraser University. Burnaby, British Columbia. Canadá.
- Perevochtchikova, M., Almeida, L., Flores, A., González, R., y Luque, D. (2022). ¿Qué sabemos del monitoreo participativo en México? Propuesta conceptual desde la perspectiva socioecosistémica y revisión sistemática de literatura científica. *Gestión y Política Pública*, 31(2), 123-175. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8576278>
- Perevochtchikova, M., Aponte-Hernández, N., Zamudio-Santos, V., y Sandoval-Romero, G. (2016). Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(6), 5-23. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000600005
- Pineda, R., Pérez, R., Mathuriau, C., Villalobos, J., Barba, R., Bernal, T., y Barba, E. (2014). *Programa nacional de reservas de agua. Protocolo de muestreo de macroinvertebrados en aguas continentales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX AA 159 SCFI 2012)*. México: Comisión Nacional del Agua.
- Pinto, P., Barbosa, J., Leitão, F., Morais, M., Chicharo, L., Vaz, P., ... Teodósio, M. (2020). Development of a Metric of Aquatic Invertebrates for Volunteers (MAIV): A Simple and Friendly Biotic Metric to Assess Ecological Quality of Streams. *Water*, 12(3), 654. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/w12030654>
- Pinzón, M., Cardona, H., y Martínez, D. (2020). *Guía para monitoreo comunitario del agua, Una propuesta metodológica para la construcción de autonomías*

- territoriales. Colombia: CENSAT Agua Viva y Escuela de la Sustentabilidad.
- Postel, S., y Richter, B. (2003). *Rivers for life. Managing water for people and nature*. Washington, DC: Island Press, 220 pp. DOI: 10.5860/choice.41-4059
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., y Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En D. Eduardo y F. Hugo (eds.), *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología* (pp. 631-660). San Miguel de Tucumán, Argentina: Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo.
- Reynaga, M., y Dos Santos, D. (2020). Los indicadores biológicos como herramienta de educación: Experiencias en Argentina. *Eudeba*, 194-200. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11336/146376>
- Rodríguez, F. (2020). *Subregiones acuáticas e índice biótico con insectos acuáticos en la cuenca del río Ayuquila-Armería, México*. (Tesis doctoral inédita). Universidad de Guadalajara. México.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 40(155), 254-274. DOI: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Secretaría de Economía [SE]. (2012). *Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas*. México. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166834/NMX-AA-159-SCFI-2012.pdf>
- Secretaría de Gobernación [Segob]. (2018). *DECRETO por el que se suprimen las zonas de veda vigentes en las cuencas hidrológicas Río Ipala, Río Tomatlán A, Río Tomatlán B, Río San Nicolás A, Río San Nicolás B, Río Cuitzmala, Río Purificación y Río Marabasco A, pertenecientes a la Región Hidrológica Número 15 Costa de Jalisco y se establece zona de reserva parcial de aguas nacionales superficiales para uso ambiental o conservación ecológica en las cuencas hidrológicas que se señalan, las cuales forman parte de la Región Hidrológica antes referida*. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525359&fecha=06/06/2018#gsc.tab=0
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica. *ECOTROPICOS Sociedad Venezolana de Ecología*, 16(2), 45-63. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/284495760_El_uso_de_los_macroinvertebrados_bentonicos_como_indicadores_de_la_condicion_ecologica_de_los_cuerpos_de_agua_corriente
- Sistema Nacional de Información del Agua [Sina] (2022). Calidad del agua (nacional). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Comisión Nacional del Agua*. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=calidadAgua&ver=mapa&o=7&n=nacional>
- U.S. Environmental Protection Agency [USEPA]. (1997). *Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual; EPA of Wetlands, Oceans, and Watersheds (4503F)*: Washington, DC, EPA 841-B-97-003.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Museo de Historia Natural. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Perú: Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Walteros, J. (2023). Una revisión sobre el biomonitoreo acuático participativo en América Latina y el Caribe. *Acta Biol Colomb*, 28(2), 178-188. Recuperado de <https://doi.org/10.15446/abc.v28n2.104017>
- Walteros-Rodríguez, J. (2019). Biomonitoreo acuático participativo: una estrategia para promover la ciencia ciudadana. *Bio-grafia. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición Extraordinaria 1, 1235-1245. Recuperado de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/11071/7863>
- Weigel, B. (2001). *Detecting and Regulating Human Disturbance for Improved Integrity of Surface Waters*. (Tesis doctoral inédita). University of Wisconsin-Madison. Estados Unidos de Norteamérica.

NOTAS DE AUTOR

^a Doctora en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas por la Universidad

de Guadalajara. Posdoctorante del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara, sus líneas de investigación son biomonitoreo acuático, hidrobiología, manejo de cuencas. Correo electrónico: francia.rodriguez@academicos.udg.mx. Autora de correspondencia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0541-1648>

Últimas publicaciones

Rodríguez-Contreras, F., Martínez, L. y Ortiz-Arrona, C. (2020). Nivel de alteración ecohidrológica en ríos perennes de la cuenca del río Ayuquila-Armería. *Biocencia*, 22(2). DOI: <https://doi.org/10.18633/biocencia.v22i2.1243>

Martínez-Rivera, L., Meza-Rodríguez, D., Gordon-Luna, P., Hernández-Juárez, R., Rodríguez-Aguilar, B., y Rodríguez-Contreras, F. (2020). Análisis de la problemática del agua en la cuenca del río Ayuquila-Armería: una crisis se avecina. *Derechos Fundamentales a Debate*, 13(2), 170-211. http://cedhj.org.mx/revista%20DF%20Debate/articulos/revista_No13/ADEBATE-13-art6.pdf

Rodríguez-Contreras F., Martínez-Rivera L., y Palomera-García C. (2017). Contextualización socioambiental del agave en Tonaya, Jalisco, México. *Región y sociedad*, (70)29. DOI: <https://doi.org/10.22198/rys.2017.70.a406>

^b Doctor en Watershed Science en Utah State University, USA. Profesor Investigador Titular C de la Universidad de Guadalajara. Sus líneas de investigación son manejo de cuencas, calidad del agua e hidrología. SNI nivel 1. Correo electrónico: lmartinez@cucsur.udg.mx
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7050-9385>

Últimas publicaciones

Tlatempa, S., Rivera, L., Moreno, A., y Gerritsen, P. (2023). Corporate Agriculture in Llano Grande

in southern Jalisco: history and socio-environmental issues (1940-2022). *Revista Geografía Agrícola*, 71 (2), 20.

Rodríguez-Aguilar, B., Martínez-Rivera, L., Rojas-Mayorga, C., Ceballos-Magaña, S., Aguayo-Villarreal, I., Muñoz-Valencia, R., y Peregrina-Lucano, A. (2023). Occurrence and temporal distribution of oxandrolone and meclizine in surface water, sediments, fish muscle and otter feces of the Ayuquila-Armería basin, Mexico. *Science of the Total Environment*, 895, 165130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165130>

Rodríguez-Aguilar, B., Martínez-Rivera, L., Muñoz-Valencia, R., Mercado-Silva, N., Iñiguez-Dávalos, L., y Peregrina-Lucano, A. (2022). Occurrence, Spatio-Temporal Distribution, and Human Health Risk Assessment of Pesticides in Fish Along the Ayuquila-Armería River, Mexico. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 57 (12), 970-979. <https://doi.org/10.1080/03601234.2022.2153539>

^c Doctora en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas por la Universidad de Guadalajara. Posdoctorante del Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Sus líneas de investigación son etnobotánica, etnobiología y enseñanza de ciencias.

Correo electrónico: alondra.floresilva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3760-7159>

Últimas publicaciones

Flores-Silva, A., Cuevas-Guzmán, R., Olvera-Vargas, M., Casanoves, F., y Olson, E. (2023). Ethnobotanical Knowledge of Edible Plants Amongst Children from Two Rural Communities in Western Mexico. *Human Ecology*, 51, 397-407. <https://doi.org/10.1007/s10745-023-00400-5>

Flores-Silva, A., Cuevas-Guzmán, R., Baptista, G., Olvera-Vargas, M., y Mariaca-Méndez, R. (2021). Dynamic Edible Plant Theoretical Knowledge in a Changing Western Mexican Rural Community. *Journal of Ethnobiology*, 41(4), 465-480. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-41.4.465>

Flores-Silva, A. A., Baptista, G. C. S., Cuevas-Guzmán, R., Olvera-Vargas, M., y Mariaca-Méndez, R. (2020). Contenidos botánicos en los libros de texto y posibilidades de contextualización en el diálogo intercultural en la enseñanza de las ciencias. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 25(3), 379-396. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p379>