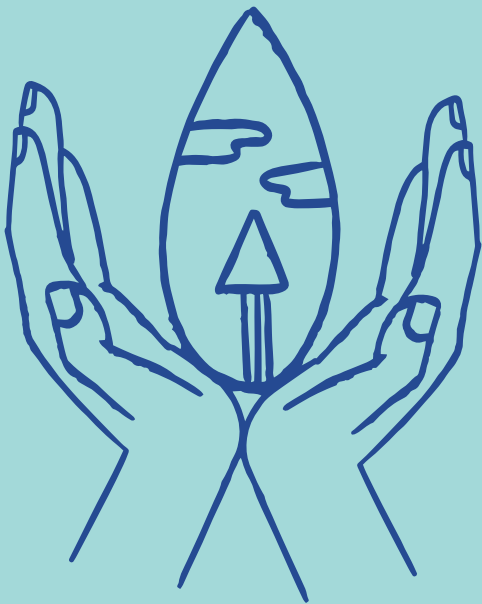


Observatorio de
Industrias
Extractivas



Protocolo de Monitoreo de calidad del agua para científicos y científicas comunitarias

Un proyecto de investigación comunitaria para la
protección y cuidado del agua frente a proyectos
extractivos en el territorio xinka

MARZO 2025

Un esfuerzo colaborativo de:

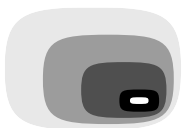
Comisión Diocesana de la Naturaleza (CODIDENA)
Observatorio de Industrias Extractivas (OIE)

Metodología implementada por:

Científicos y Científicas comunitarios, Guardianes del agua

Protocolo preparado por:

Tekuanes, guardianas y guardianes del agua en el territorio xinka, quienes realizan monitoreo en su rol científicas y científicos comunitarios.



Observatorio de
Industrias
Extractivas

Tabla de contenido

	INTRODUCCIÓN AL MONITOREO COMUNITARIO DE AGUA	4
	ANTECEDENTES	
	PRINCIPIOS DEL MONITOREO COMUNITARIO	5
	OBJETIVOS DEL MONITOREO COMUNITARIO	
	OBJETIVO DEL LABORATORIO COMUNITARIO	
CONCEPTOS IMPORTANTES PARA EL MONITOREO COMUNITARIO	EL CICLO DEL AGUA	7
	CUENCAS, SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS	7
	CALIDAD DEL AGUA	8
	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	8
LABORATORIO COMUNITARIO DE AGUA	DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MONITOREO EN EL LABORATORIO COMUNITARIO	10
	NORMAS DE CALIDAD DE AGUA EN GUATEMALA	15
MONITOREO COMUNITARIO DE CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA	EQUIPO PARA UN CIENTÍFICO COMUNITARIO PARA MONITOREAR UN PROYECTO EXTRACTIVO MINERO	17
METODOLOGÍA DE TOMA DE DATOS DE MONITOREO COMUNITARIO	DIAGNOSTICO INICIAL	23
	PROTOCOLOS DE PREPARACIÓN DE EQUIPO, CALIBRACIÓN, TOMA DE DATOS Y MANTENIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS	32
	METODOLOGÍA DEL MONITOREO BIOLÓGICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	48
	KOBO COLLECT- FORMULARIOS DIGITALES DE SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DE MONITOREO COMUNITARIO	54
	PROTOCOLO DE LAVADO DE FRASCOS DE LABORATORIO SISTEMATIZACIÓN DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DE	56 -57
	MONITOREO COMUNITARIO DE AGUA REVISIÓN Y APROBACIÓN DE LOS DATOS RECOLECTADOS	59
	METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE MAPAS EN QGIS	67
ENTREGA Y DEVOLUCIÓN DE RESULTADOS DE MONITOREO COMUNITARIO	PRINCIPALES HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES	69
	IMPORTANCIA DE LA DEVOLUCIÓN DE DATOS SOBRE LOS PARÁMETROS PARA COMPARTIR EN DEVOLUCIONES	70
ANEXOS METODOLÓGICOS	PLAN DIDÁCTICO-EDUCATIVO PARA CIENTÍFICOS COMUNITARIOS EN MONITOREO DEL AGUA	74
	EQUIPO Y SOLUCIONES NECESARIAS PARA MONITOREO FORMATO DE ENTREGA DE RESULTADOS	80
	METODOLOGÍA DE MAPEO INICIAL DE MONITOREO COMUNITARIO	83

Introducción al monitoreo comunitario de agua

ANTECEDENTES

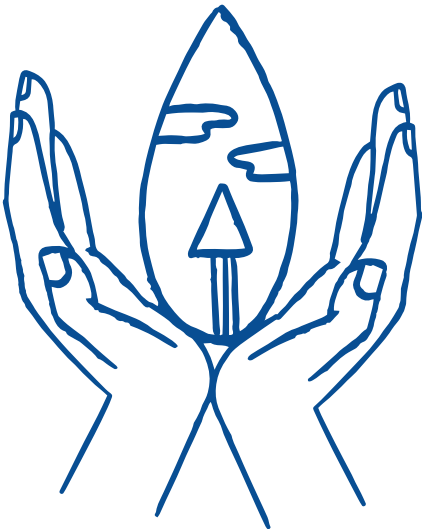
El monitoreo comunitario del agua es un esfuerzo colaborativo entre jóvenes xinkas, la Comisión Diocesana de Defensa de la Naturaleza (CODIDENA) y el Observatorio de Industrias Extractivas (OIE) por defender el agua y el territorio. Los científicos y científicas comunitarios vienen de un proceso de formación, diálogo y resistencia, en donde se ve el agua como el elemento vital a proteger frente a los proyectos extractivos. El monitoreo comunitario del agua, busca poner en diálogo los conocimientos ancestrales y la ciencia, en donde el trabajo de monitoreo sea un aporte para un modelo de gestión comunal del agua. Desde el 2019 se empezaron a recolectar datos de calidad y cantidad de agua en la microcuenca Tapalapa Los Vados que se encuentra en la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos. El monitoreo se realiza de manera mensual por los y las científicas comunitarias de varias comunidades del territorio xinka.

El monitoreo comunitario se plantea como parte de las acciones que buscan aportar a un modelo de gestión comunitaria del agua, entendiendo el agua en su ciclo hidrológico y partiendo de que para que exista justicia ambiental las aguas deben ser cuidadas y gestionadas por y para las comunidades que habitan las cuencas ya que es vital para la vida de los ecosistemas y la reproducción cultural, social y espiritual de los pueblos.

Históricamente la cuenca del Río Los Esclavos ha sido habitada por la población xinka y otras poblaciones poqomames, mestizas y ladinas. El territorio que comprende la cuenca se yuxtaponen con otros espacios administrativo-políticos, biofísicos, culturales y sociales, entre los que hay relaciones de interdependencia, como los impactos acumulativos a lo largo de la misma. Es decir, la cuenca es un territorio que está interrelacionado y que lo que pasa en la cuenca alta se va acumulando, transformando e impactando en toda la cuenca y en todos y todas los que la habitan.

Principios del monitoreo comunitario

- 1 Generar conocimiento desde la organización comunitaria, que responda a las necesidades y demandas de las comunidades.
- 2 Que el conocimiento y la ciencia comunitaria sea para fortalecer los procesos de defensa del territorio.
- 3 Aportar a la justicia ambiental y la pervivencia de la vida comunitaria en los territorios por medio de la defensa de los bienes comunes y la reivindicación de los derechos individuales y colectivos.
- 4 Protección de las cuencas y de los ecosistemas que la integran.
- 5 Reconocimiento del agua como un elemento central en la vida de las comunidades, su cultura, su espiritualidad y sus medios de vida.



Objetivos del monitoreo comunitario

- Contar con información certera, actualizada y confiable del estado de calidad y cantidad de agua de cuerpos de agua natural y para consumo humano, abarcando parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y biológicos.
- Identificar problemas en los sistemas hídricos, y analizar causas relacionadas para devolver la información y proponer soluciones a estos problemas.

Objetivos del monitoreo comunitario

- Ser un espacio de convergencia, colaboración y capacitación científica entre los equipos de monitoreo.
- Ser el espacio de almacenamiento, cuidado, seguimiento de calibración y protocolos de cuidado para los equipos y reactivos necesarios para realizar los monitoreos comunitarios.

Conceptos importantes para el monitoreo comunitario



El ciclo del agua

El ciclo del agua es el movimiento constante del agua en la Tierra. Todo comienza cuando el sol calienta el agua de los océanos, lagos y ríos, haciendo que se evapore y suba al cielo como vapor. Este vapor se enfría en la atmósfera, formando nubes (condensación). Luego, el agua regresa a la Tierra en forma de lluvia, nieve o granizo (precipitación).

Cuando el agua llega al suelo, puede tomar diferentes caminos:



INFILTRACIÓN: Parte del agua se filtra en el suelo y llega a formar el agua subterránea, que alimenta pozos, manantiales y ríos.



ESCORRENTÍA: Otra parte fluye sobre la superficie hacia ríos, lagos y finalmente vuelve al océano.



EVAPORACIÓN Y TRANSPIRACIÓN: El agua en el suelo o en las plantas regresa al aire como vapor gracias al calor del sol.

Este ciclo se repite una y otra vez, conectando el agua de la atmósfera, la superficie y el subsuelo de manera infinita, que es esencial para la vida en la tierra.

Cuencas, subcuencas y microcuencas

Una cuenca es un territorio natural delimitado por montañas, cerros o puntos más altos, donde toda el agua que cae dentro de sus límites —ya sea de lluvia, manantiales o nieve derretida— fluye hacia un mismo río, quebrada o sistema de drenaje. Toda esta agua sigue un recorrido que termina en un único punto de salida, llamado punto de desfogue, que puede ser un lago, un río más grande o el mar.

Dentro de una cuenca, existen divisiones más pequeñas llamadas:



SUBCUENCAS: Son áreas dentro de la cuenca principal que drenan hacia un afluente o río secundario antes de llegar al río principal.



MICROCUENCAS: Son aún más pequeñas y representan los territorios que drenan hacia arroyos, quebradas o pequeños tributarios.

Estas divisiones funcionan como un sistema interconectado, donde cada microcuenca y subcuenca contribuyen al flujo total de agua hacia el punto de desfogue final. Este sistema asegura el movimiento y almacenamiento de agua, regulando su disponibilidad para el ambiente y las comunidades.

Calidad del agua

La calidad del agua se refiere al estado del agua en términos de sus características físicas (como color y turbidez), químicas (como pH, oxígeno disuelto y contaminantes) y biológicas (como presencia de microorganismos). Estas características determinan si el agua es adecuada para diferentes usos, como beber, regar cultivos, sostener la vida acuática o actividades recreativas. Un agua de buena calidad es limpia, segura y libre de contaminantes dañinos para la salud humana y el medio ambiente.

Contaminación del agua

La contaminación del agua ocurre cuando sustancias dañinas, como químicos, desechos, microorganismos o sedimentos, ingresan a los cuerpos de agua, alterando su calidad y haciéndola peligrosa para los ecosistemas y el uso humano.

Existen dos tipos principales de contaminación:

CONTAMINACIÓN PUNTUAL:

- Proviene de una fuente específica y fácilmente identificable, como el desagüe de una fábrica, una planta de tratamiento de aguas residuales o una mina.

EJEMPLO: Vertidos directos de productos químicos en un río.

CONTAMINACIÓN DIFUSA:

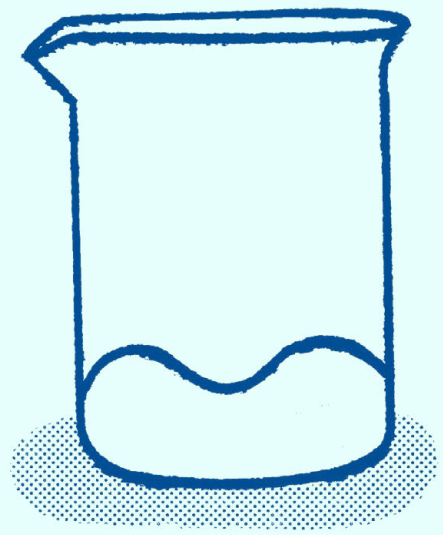
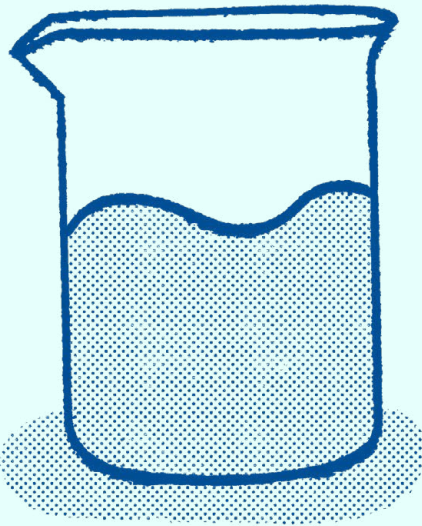
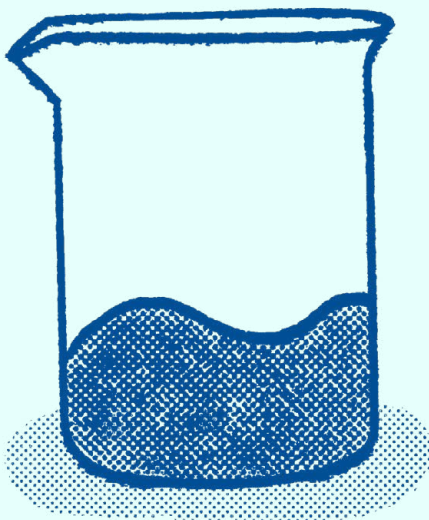
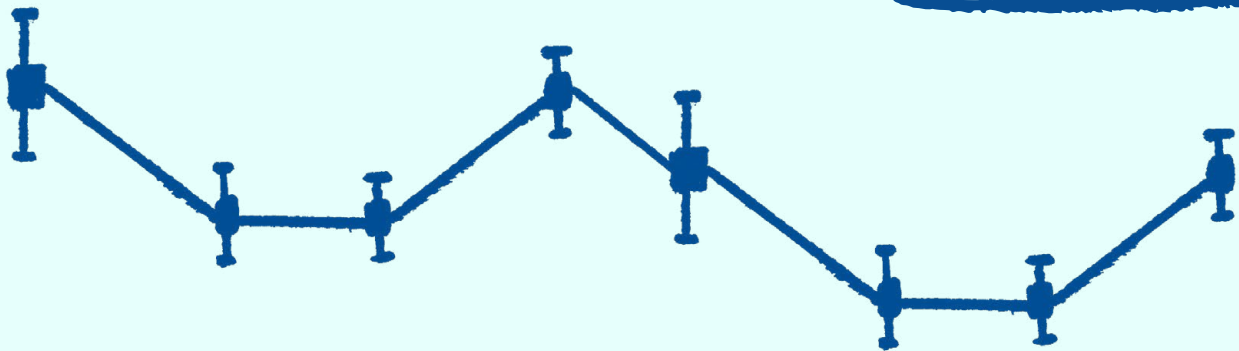
- Proviene de múltiples fuentes dispersas y no fácilmente identificables.
- Generalmente ocurre cuando la lluvia arrastra fertilizantes, pesticidas, aceites u otros contaminantes desde campos agrícolas, caminos o zonas urbanas hacia ríos, lagos o acuíferos.

EJEMPLO: Escorrentía agrícola que lleva nutrientes y sedimentos a un cuerpo de agua.

Ambos tipos de contaminación pueden impactar gravemente la calidad del agua, dañando los ecosistemas y limitando su uso para consumo humano, riego o recreación.



Laboratorio comunitario de Agua



El laboratorio comunitario es un espacio de aprendizaje en donde personas de las comunidades puedan aprender y adquirir habilidades para poder ser científicos-comunitarios para el monitoreo de la calidad y cantidad del recurso hídrico en el área.

El laboratorio comunitario nace con la intención de tener tecnología accesible para todas las comunidades que estén interesadas en recopilar datos de manera periódica en diferentes fuentes de agua que son utilizadas para consumo humano, recreación o funcionamiento de los ecosistemas. La recolección de datos permitirá tener información que permita hacer un adecuado manejo del agua.

Descripción de los parámetros de monitoreo en el laboratorio comunitario

La calidad del agua se compone de varias características que se pueden medir a través de aparatos con sensores específicos. Estos son los parámetros clave que puede medir el monitoreo comunitario para evaluar la calidad del agua de manera precisa y accesible. Cada parámetro permite entender diferentes aspectos del estado del agua, desde características básicas como temperatura y pH, hasta indicadores avanzados como contaminantes químicos o biológicos. A continuación, se presenta una tabla que detalla los parámetros, sus unidades de medida, límites máximos permisibles según normas, una breve descripción de su importancia, y el equipo recomendado para realizar las mediciones. Este enfoque asegura una evaluación integral y confiable del recurso hídrico, combinando observaciones locales con tecnología accesible in situ.

No.	Parámetro	Unidad de medida	Descripción	Equipo de medición
1	Temperatura	°C	Indica la temperatura del cuerpo de agua, es decir, qué tan caliente se encuentra. Este parámetro tiene influencia en todos los parámetros fisicoquímicos, y puede variar según la hora del día y los procesos químico-biológicos que se estén dando.	Medidor pH/CE/TDS/Temp Hanna Instruments, HI9811-51 (<i>in situ</i>)

No.	Parámetro	Unidad de medida	Descripción	Equipo de medición
2	Turbiedad	NTU	Indica qué tan turbia está el agua, a través de medir la luz que absorbe o atraviesa la muestra de agua. Si la turbidez o turbiedad es alta, es un indicador de que hay presencia de materia en suspensión. Qué tanta luz atraviesa el agua afecta los procesos fotosintéticos en el cuerpo de agua.	Turbidímetro Hanna Medidor de Turbidez, HI98703-01 (<i>in situ</i>)
3	Sólidos disueltos totales	mg/L	Medida indicadora de los sólidos que se encuentran disueltos en el agua, en concentración. Aunque no nos indica el tipo de sólido, es un indicador de cuántos sólidos están entrando al cuerpo de agua por procesos de erosión o contaminación.	Medidor pH/CE/TDS/Temp Hanna Instruments, HI9811-51 (<i>in situ</i>)
4	pH	-	Indica el potencial de hidrógeno en el agua, y se utiliza como indicador de la acidez del agua. La acidez depende de los compuestos y procesos químicos que se encuentran en el cuerpo de agua, y así mismo determina las reacciones químicas que pueden ocurrir. 7 es neutro, menor de eso se considera ácido hasta llegar a 1, y arriba de 7 se considera alcalino o básico, hasta llegar a 14.	Medidor pH/CE/TDS/Temp Hanna Instruments, HI9811-51 (<i>in situ</i>)

No.	Parámetro	Unidad de medida	Descripción	Equipo de medición
5	Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	Indica cuánta electricidad se está conduciendo en el agua, se utiliza como indicador de la cantidad de sales y otros compuestos en el agua. La conductividad eléctrica depende de cada cuerpo de agua, los tipos de suelos y ecosistema acuático, y aunque no sabemos qué sales y compuestos están presentes, puede ser comparado con puntos cercanos o en el tiempo para identificar un exceso de metales u otros tipos de contaminación.	Medidor pH/CE/TDS/Temp Hanna Instruments, HI9811-51 (<i>in situ</i>)
6	Potencial de óxido reducción (ORP)	mV	El potencial de óxido reducción es un indicador de la capacidad del cuerpo de agua de realizar reacciones químicas de oxidación o reducción. La mayoría de reacciones en el agua son de estos tipos, por ejemplo la fotosíntesis y la respiración de los organismos acuáticos. A mayor ORP, mayor oxígeno y mayor salud en el cuerpo de agua. Determina la forma de toxicidad de ciertos metales.	Medidor Portátil Impermeable de pH/ORP, HI 98190 (<i>in situ</i>)
7	Resistividad	ohms * cm	Indica qué tanto el agua resiste transmitir corriente eléctrica, lo cual depende principalmente de las sales presentes. Mientras más sal, menos resistividad, pues la sal permite que fluya la corriente eléctrica. El agua de mar tiene cerca de 20 ohms * cm, y el agua para beber tiene entre 200 y 20,000 ohms*cm, o entre 0.2 y 20 kohms*cm.	Medidor Portátil Impermeable de CE/TDS/ Resistividad/ Salinidad HI 98192 (<i>in situ</i>)

No.	Parámetro	Unidad de medida	Descripción	Equipo de medición
8	Salinidad	PSU / %	Indica la concentración o porcentaje de sal (NaCl, o sal común) en el agua. Este parámetro aumenta la conductividad y disminuye la resistividad. Aunque hay ciertos niveles o procesos naturales que aumentan la salinidad, el uso de la tierra como deforestación, mal manejo del suelo y prácticas industriales pueden aumentar la sal en el suelo y en el agua. La alta salinidad puede causar corrosión de maquinaria e infraestructura, afectar la salud y productividad de los cultivos.	Medidor Portátil Impermeable de CE/TDS/ Resistividad/ Salinidad HI 98192 (<i>in situ</i>)
9	Oxígeno disuelto (OD)	% de saturación o mg/L	Así como hay oxígeno en el aire que respiramos, hay oxígeno disuelto en el agua que permite a las algas y a los animales acuáticos respirar. Este parámetro es muy importante para identificar los procesos biológicos en el agua, es decir qué tanto oxígeno hay disponible para las plantas y animales, en particular porque eventos de contaminación pueden disminuir mucho el oxígeno, y provocar por ejemplo proliferación de ciertas bacterias, o muertes masivas de peces.	Medidor portátil de oxígeno disuelto
10	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	La bacteria <i>Escherichia coli</i> o <i>E. coli</i> es considerada un coliforme fecal, es decir, indicador de contaminación por aguas negras. Algunos tipos de <i>E. coli</i> pueden generar diarreas intensas y crónicas, por lo que este indicador aumenta el riesgo de desnutrición crónica.	Aquagenx® CBT EC+TC (<i>in situ</i>)

No.	Parámetro	Unidad de medida	Descripción	Equipo de medición
11	Arsénico	ppb	El arsénico es un metaloide presente en algunas aguas subterráneas y residuos de procesos industriales. La exposición a grandes cantidades y/o por mucho tiempo en agua y alimentos puede causar cáncer y lesiones en la piel: también se ha relacionado a impactos negativos de desarrollo cognitivo y aumento de muertes en adultos.	Arsenic Econo-quick II, Industrial test systems, 481304 (<i>in situ</i>)
12	Cadmio	mg/L	El cadmio es un metal que se puede encontrar en el agua por contaminación de procesos industriales, desechos sólidos electrónicos, y por el uso de algunos fertilizantes. Los efectos en la salud se ven en el sistema gastrointestinal, y distrofia en el hígado, corazón y riñones, así como en el sistema inmune. El cadmio también es considerado cancerígeno.	Exact Leadquick photometer water test kit, Industrial test systems, 486900 (<i>in situ</i>)
13	Plomo	mg/L	El plomo es un metal que puede llegar al agua por procesos industriales o por problemas con las tuberías. Los efectos del consumo de plomo pueden afectar a los niños con problemas de aprendizaje, crecimiento lento, problemas auditivos, anemia, y algunos casos, epilepsia, coma e incluso muerte. En mujeres embarazadas causa crecimiento menor del feto y nacimiento prematuro. En adultos puede tener efectos cardiovasculares como hipertensión, alteración a los riñones, y problemas reproductivos.	Exact Leadquick photometer water test kit, Industrial test systems, 486900 (<i>in situ</i>)

Adicionalmente el espectrofotómetro de Hanna Instruments puede medir varios metales en el agua, con procedimientos y reactivos específicos. Se detallan los procedimientos y parámetros más adelante.

Normas de calidad de agua en Guatemala

Los resultados de monitoreo se comparan con parámetros de agua potable que establece la norma guatemalteca, COGUANOR NTG 29001, para agua potable. Es importante hacer la aclaración que no todos los puntos de monitoreo comunitario son puntos de consumo de agua, sin embargo, utilizamos la norma COGUANOR ya que consideramos que es importante mantener el agua lo más saludable posible para el consumo humano y para los ecosistemas que de ella dependen. Dentro de la norma COGUANOR, para cada parámetros hay dos tipos de límites: 1) el Límite Máximo Permisible (LMP) es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano, y 2) el Límite Máximo Aceptable (LMA) es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor

Parámetro	Unidad	(LMA) Límite Máximo Aceptable	(LMP) Límite Máximo Permisible
Arsénico	ppb	-	10
pH	pH	7-7.5	6.5-8.5
Temperatura	°C	15-25	34
Conductividad Eléctrica	µs/cm	750	1500
Sólidos disueltos totales	mg/L	500	1000
Oxígeno disuelto	mg/L	-	-
	%	-	-
E. coli	NMP/100 ml		No debe ser detectado en 100 ml
Turbidez	NTU	5	15

Monitoreo comunitario de calidad y cantidad de agua



Equipo de una científica/o comunitario para monitorear calidad de agua alrededor de un proyecto extractivo minero

El monitoreo comunitario del agua es una herramienta clave para identificar impactos ambientales derivados de actividades mineras, especialmente en relación con el drenaje ácido de mina y la contaminación por metales pesados. Para ello, un científico comunitario necesita un equipo adecuado que le permita medir parámetros críticos.

A continuación se presenta el kit de monitoreo con el que los científicos comunitarios han contado para su trabajo. Este kit permite a los científicos comunitarios obtener datos confiables sobre la calidad del agua, documentar cambios a lo largo del tiempo y generar evidencia que pueda usarse en denuncias, gestión ambiental y exigencia de derechos ante autoridades o empresas.

1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS CLAVE:

PH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)

- **OBJETIVO:** Detectar cambios en la acidez y la presencia de sales en el agua, que pueden estar vinculadas a metales pesados.
- **RELEVANCIA:** Un pH bajo (ácido) puede indicar drenaje ácido de mina (DAM), lo que facilita la disolución de metales tóxicos en el agua. La conductividad y los TDS permiten estimar la cantidad de sales disueltas, lo que ayuda a identificar contaminación minera.



TEMPERATURA

- **OBJETIVO:** Monitorear variaciones que puedan afectar la solubilidad de metales y la vida acuática.
- **RELEVANCIA:** Un aumento inusual de temperatura puede indicar descargas industriales o alteraciones en el ecosistema debido a la actividad minera.

TURBIDEZ

- **OBJETIVO:** Evaluar la cantidad de partículas suspendidas en el agua.
- **RELEVANCIA:** Un aumento en la turbidez puede indicar erosión del suelo, descarga de residuos mineros o procesos de sedimentación que afectan la calidad del agua y la vida acuática.

POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN (ORP)

- **OBJETIVO:** Determinar las condiciones de oxidación o reducción del agua, lo que influye en la movilidad de metales pesados.
- **RELEVANCIA:** Cuando el ORP es bajo, algunos metales como el arsénico y el hierro pueden liberarse al agua en formas más solubles y tóxicas.



OXÍGENO DISUELTO (OD)

- **OBJETIVO:** Evaluar la cantidad de oxígeno disponible para la vida acuática y detectar contaminación orgánica.
- **RELEVANCIA:** La reducción de oxígeno puede estar relacionada con la presencia de materia orgánica en descomposición o descargas industriales, lo que afecta a los organismos acuáticos.

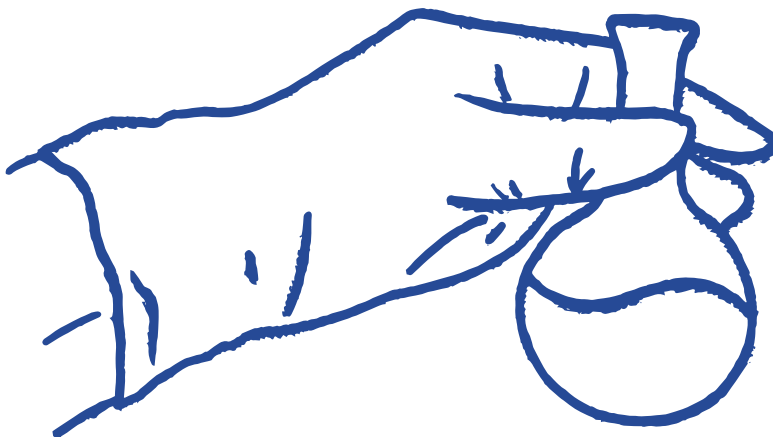


2

ANÁLISIS DE METALES PESADOS Y COMPUESTOS TÓXICOS:

ARSÉNICO (AS)

- **OBJETIVO:** Identificar la presencia de este metal, común en zonas con drenaje ácido de mina y en fuentes de agua cercanas a operaciones mineras.
- **RELEVANCIA:** El arsénico es altamente tóxico y puede causar problemas de salud graves con la exposición prolongada.



HIERRO Y MANGANESO

→ **OBJETIVO:** Evaluar su presencia en el agua, ya que suelen ser liberados en ambientes ácidos.

→ **RELEVANCIA:** En concentraciones elevadas, afectan la calidad del agua para consumo humano y su uso agrícola o ganadero.

METALES PESADOS ADICIONALES (PLOMO, CADMIO, MERCURIO, COBRE Y ZINC)

→ **OBJETIVO:** Evaluar contaminantes comunes en efluentes mineros.

→ **RELEVANCIA:** Estos metales pueden afectar la salud humana y los ecosistemas acuáticos incluso en concentraciones bajas.

3

ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA

KIT DE MEDICIÓN DE E. COLI Y COLIFORMES FECALES

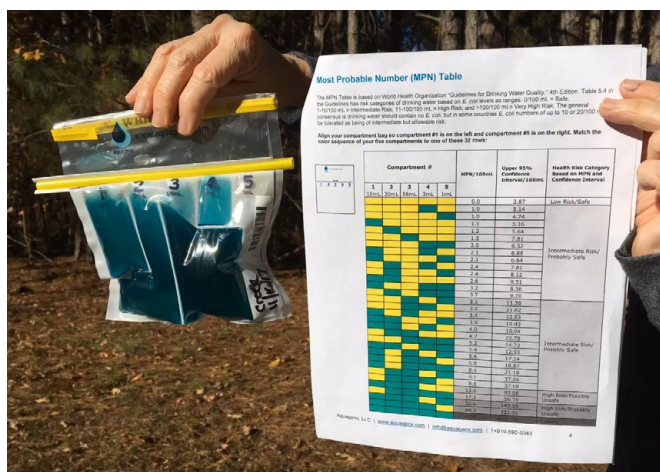
→ **OBJETIVO:** Detectar la presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal en el agua.

→ **RELEVANCIA:**

✳ La contaminación microbiológica puede provenir de aguas residuales mal gestionadas, infiltraciones en cuerpos de agua superficiales o la alteración de flujos naturales por actividades mineras.

✳ **Altas concentraciones de E. coli y coliformes fecales** pueden indicar que el agua es insegura para consumo humano y señalar problemas sanitarios en la comunidad.

✳ En zonas mineras, la alteración de fuentes hídricas y el movimiento de suelos pueden facilitar la infiltración de bacterias en pozos y ríos.



4

EQUIPO ADICIONAL PARA MONITOREO Y TOMA DE MUESTRAS:

KIT DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA

- * Botellas estériles de polietileno o vidrio para análisis en laboratorio.
- * Etiquetas y registro de datos para documentar la ubicación, fecha y condiciones de la muestra.
- * Papel Parafilm® para sellar las botellas de muestra y evitar la contaminación.

GPS O MAPA CON COORDENADAS

- * Para georreferenciar los puntos de muestreo y hacer seguimiento a cambios a lo largo del tiempo.

CÁMARA O TABLET
CON BUENA RESOLUCIÓN

- * Para documentar el lugar de la toma de datos de calidad de agua.
- * Para documentar visualmente condiciones del agua, posibles descargas o cambios en la cuenca.

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO

- * Cuaderno impermeable o aplicación móvil para anotar condiciones del sitio, clima y observaciones.
- * Tablet para llenar formularios offline que después se cargan al conectarse a internet.

GUANTES Y EQUIPO DE PROTECCIÓN
PERSONAL (EPP)

- * Para evitar el contacto con aguas contaminadas y garantizar una manipulación segura de las muestras.

CINTA MÉTRICA PARA MEDIR
RÍOS Y PRUEBAS DE CAUDAL

- * Para determinar el ancho y profundidad del río y calcular el caudal, útil para evaluar cambios en la disponibilidad de agua en zonas mineras.

AGUA DESTILADA

- ✧ Para el enjuague de frascos de vidrio y equipos antes de cada medición, evitando contaminación cruzada.

TRAPOS SIN PELUSA

- ✧ Para la limpieza de frascos de vidrio y sensores sin dejar residuos que alteren las mediciones.

SOLUCIONES DE ALMACENAMIENTO Y LIMPIEZA PARA LAS SONDAS

- ✧ Para calibrar y mantener equipos como medidores de pH, ORP y oxígeno disuelto en condiciones óptimas.

BOTAS DE HULE Y PANTALONES WADER (PETO IMPERMEABLE)

- ✧ Para entrar en cuerpos de agua de difícil acceso sin mojarse, protegiendo la piel de contaminantes.

MOCHILAS ADECUADAS PARA TRANSPORTAR EL EQUIPO

- ✧ Preferiblemente impermeables y con compartimentos acolchonados para evitar daños en los instrumentos de medición.

5

LABORATORIO COMUNITARIO: ESPECTROFOTÓMETRO IRIS DE HANNA INSTRUMENTS

Además del equipo portátil, en el laboratorio comunitario se cuenta con un espectrofotómetro IRIS de Hanna, un instrumento avanzado que permite realizar mediciones más detalladas de:

- ✓ Metales pesados en el agua (arsénico, plomo, cadmio, mercurio, cobre y zinc).
- ✓ Contaminantes inorgánicos como nitratos, nitritos y amonio.
- ✓ Parámetros avanzados de calidad de agua con mayor precisión que los equipos de campo.



El espectrofotómetro permite validar y complementar los datos obtenidos en campo, asegurando mediciones más exactas y respaldadas científicamente. Esto fortalece la vigilancia comunitaria del agua y la generación de informes técnicos que pueden ser usados en gestiones ambientales y denuncias ante autoridades o empresas.

Metodología de toma de datos de monitoreo comunitario



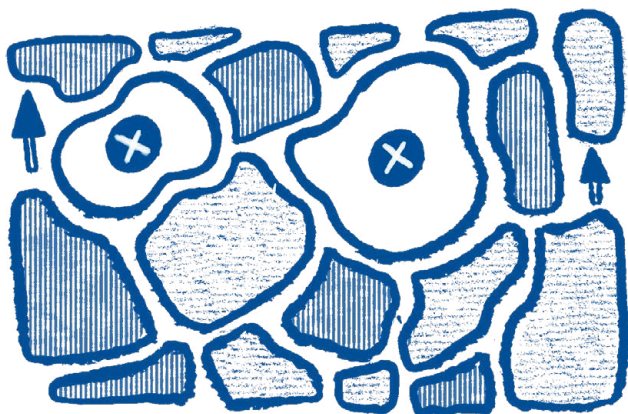
Esquema de pasos de un monitoreo comunitario

Para llevar a cabo un monitoreo exitoso, es necesario seguir una serie de pasos fundamentales, los cuales se resumen a continuación y se detallan en esta sección.

El monitoreo **sigue siete pasos esenciales:**

1 DIAGNÓSTICO Y MAPEO COMUNITARIO

Se identifican fuentes de agua, puntos de contaminación y relaciones entre las comunidades y el ecosistema, generando una línea base de información.



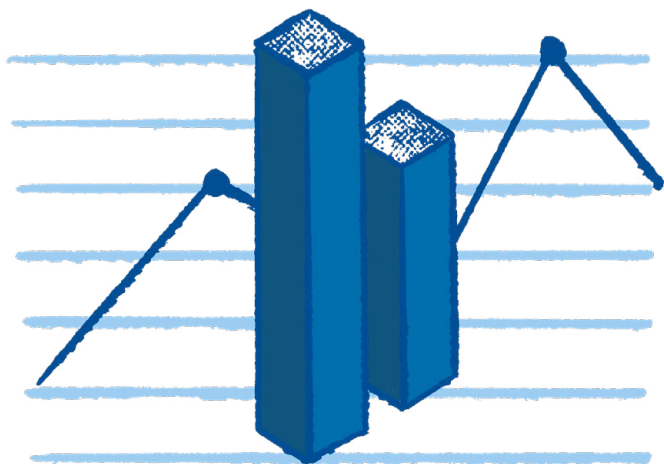
2 PLANIFICACIÓN DEL MONITOREO

Se establecen objetivos, puntos de muestreo y frecuencia del monitoreo, además de preparar el equipo necesario.



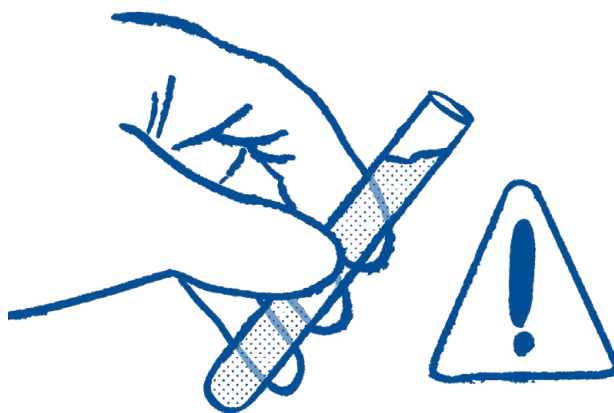
3 SISTEMATIZACIÓN DE DATOS

Se registran y verifican los datos en campo, luego se transcriben a una plataforma digital para su almacenamiento y análisis.



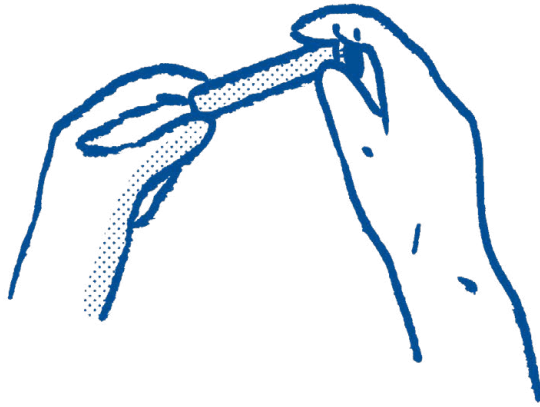
4 RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO

Se toman mediciones de parámetros fisicoquímicos, se analizan metales pesados, contaminación biológica y caudal, con la opción de incluir el monitoreo biológico de macroinvertebrados.

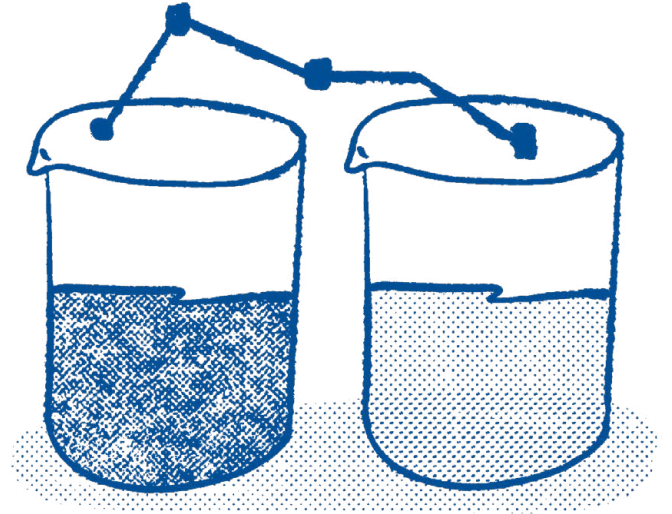


5**TAREAS A REALIZAR POSTERIORES AL MONITOREO**

Una vez finalizado el monitoreo comunitario, es fundamental realizar una serie de tareas de limpieza, organización y revisión.

**6****PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se comparan los resultados con normativas de calidad del agua y se identifican tendencias y posibles fuentes de contaminación.

**7****ENTREGA Y DEVOLUCIÓN DE RESULTADOS**

Se elaboran informes con los hallazgos, que se comparten con la comunidad y aliados estratégicos para incidir en la gestión ambiental y la defensa del agua.



Este proceso permite a las comunidades no solo vigilar el estado de su agua, sino también generar evidencia para exigir acciones concretas de protección ambiental y justicia hídrica.

1 Diagnóstico y Mapeo Comunitario

PASOS ESPECÍFICOS DEL ESQUEMA DE MONITOREO

Se realiza una primera visita al territorio para identificar fuentes de agua, puntos de contaminación y la relación de las comunidades con el recurso hídrico. Este proceso permite construir colectivamente un inventario de los ríos, quebradas y afluentes de interés.

✓ REALIZAR UNA VISITA INICIAL AL TERRITORIO:

- * Hacer un inventario de ríos, afluentes y fuentes de agua de importancia comunitaria.

✓ RECOGER CONOCIMIENTOS COMUNITARIOS SOBRE EL AGUA:

- * Involucrar a personas de diferentes edades y géneros.
- * Identificar problemáticas y prioridades.

✓ UBICAR FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS CERCANAS.

2 Planificación del Monitoreo

Se definen los objetivos del monitoreo, los puntos de muestreo estratégicos y la periodicidad de la toma de datos. También se revisa y calibra el equipo necesario para garantizar mediciones precisas.

✓ DEFINIR OBJETIVOS:

¿Qué se quiere medir y por qué?
(Calidad, cantidad, contaminación específica).

✓ SELECCIONAR LOS PUNTOS DE MONITOREO:

- * Identificar áreas afectadas por la minería, fuentes de agua clave y puntos de referencia.

- * Marcar en mapas o con GPS.

✓ DETERMINAR LA PERIODICIDAD DEL MONITOREO:

- * Definir si será mensual, trimestral, etc., según las capacidades de la comunidad.

✓ REVISAR Y PREPARAR EL EQUIPO:

- * Verificar calibración de instrumentos.
- * Revisar reactivos y materiales de recolección de muestras.

3 Recolección de Datos en Campo

Los equipos comunitarios visitan los puntos seleccionados y realizan mediciones de parámetros fisicoquímicos, toman muestras para análisis de metales pesados y contaminación biológica, y registran el caudal del agua. Para un monitoreo más avanzado, también se puede aplicar la metodología de monitoreo biológico de macroinvertebrados, que permite evaluar la calidad del agua a partir de la biodiversidad presente.

REGISTRO DE COORDENADAS GPS

- ✧ Capturar latitud, longitud y altitud del punto de monitoreo.

MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

- ✧ **pH, conductividad, TDS:** Detección de acidez y sales disueltas.
- ✧ **Temperatura:** Evaluar cambios que afectan la solubilidad de metales.
- ✧ **Turbidez:** Identificar partículas suspendidas en el agua.
- ✧ **Oxígeno disuelto y ORP:** Medir condiciones de oxidación y calidad del agua.

ANÁLISIS DE METALES PESADOS Y COMPUESTOS TÓXICOS

- ✧ Recoger muestras de agua en botellas estériles para análisis de **arsénico, plomo, cadmio, mercurio, cobre, zinc, hierro y manganeso.**

ANÁLISIS BIOLÓGICO

- ✧ Medición de **E. coli y coliformes fecales** para identificar contaminación microbiológica.

MEDICIÓN DE CAUDAL

- ✧ **Método del flotador** para ríos más grandes.
- ✧ **Método de la cubeta** para flujos pequeños.

MONITOREO BIOLÓGICO DE MACROINVERTEBRADOS (OPCIONAL, AVANZADO)

- ✧ Recolección con red en D en distintos microhábitats del río.
- ✧ Preservación de muestras en etanol 70-90% y etiquetado.
- ✧ Análisis en laboratorio: Identificación de macroinvertebrados y evaluación con índices de calidad de agua.

EVALUACIÓN RÁPIDA DE CALIDAD DEL HÁBITAT

- ✧ Asignar puntajes a la calidad del sustrato, estabilidad de orillas, sedimentación y cobertura vegetal.

REGISTRO DE DATOS Y DOCUMENTACIÓN

- ✧ Anotar observaciones ambientales (olor, color, residuos visibles).
- ✧ Tomar fotos del sitio y registrar cambios evidentes.

4 Sistematización de Datos

Los datos recolectados en campo se registran en un cuaderno de monitoreo y luego se ingresan en una plataforma digital (KoBoToolbox o Excel). Esto facilita el análisis de tendencias, la comparación con normas de calidad del agua y la toma de decisiones informadas.

Procesamiento y Análisis de Datos

Los resultados del monitoreo se interpretan para identificar tendencias en la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación. Se comparan con referencias normativas y se evalúa su impacto en el ecosistema y en la salud de la comunidad.

- ✓ Comparar los resultados con normativas de calidad del agua.

- ✓ Identificar tendencias en los datos: Cambios en pH, metales, turbidez, biodiversidad.
- ✓ Cruzar información con antecedentes históricos del área.

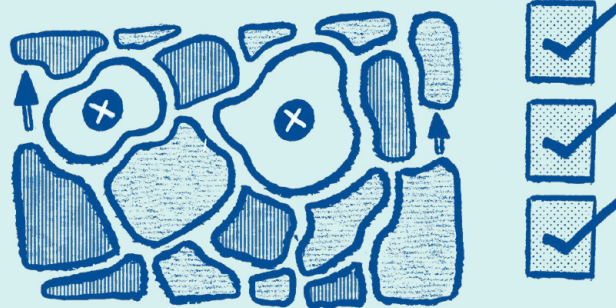
Difusión de Resultados y Acción Comunitaria

Finalmente, se elabora un informe con los hallazgos del monitoreo, que se comparte con la comunidad y aliados estratégicos. Este paso permite incidir en la gestión ambiental, presentar denuncias en caso de contaminación y fortalecer la organización comunitaria en la defensa del agua.

- ✓ Elaborar un informe comunitario con los hallazgos.
- ✓ Compartir la información con la comunidad, autoridades y organizaciones aliadas.
- ✓ Definir estrategias de gestión ambiental y denuncia en caso de contaminación.
- ✓ Repetir el monitoreo de forma periódica para evaluar cambios.

Siguiendo estos pasos, las comunidades pueden generar información confiable y utilizarla para exigir mejores condiciones ambientales, garantizar el acceso al agua limpia y proteger los ecosistemas de su territorio.

Diagnóstico inicial y mapeo comunitario del agua



Mapeo comunitario para ubicarnos en el territorio y las relaciones entre las comunidades y los bienes naturales

El mapeo comunitario se plantea como parte de las acciones que buscan aportar a un modelo de gestión comunitaria del agua, entendiendo el agua en su ciclo hidrológico y partiendo de que para que exista justicia ambiental las aguas deben ser cuidadas y gestionadas para las comunidades que habitan las cuencas ya que es vital para la vida de los ecosistemas y la reproducción cultural, social y espiritual de los pueblos.

En esta fase de investigación se realiza una primera visita, con el objetivo de hacer un inventario inicial de las aguas de importancia comunitaria y se hace una línea base de datos de calidad de agua. En este proceso es central el involucramiento de actores a nivel comunitario para que puedan ser partícipe del diseño del mapeo y de la recolección de datos sobre el agua. El mapeo comunitario es una técnica que despierta el interés de los habitantes de la cuenca, y contribuye a una participación activa. El mapeo comunitario

permite la construcción colectiva del conocimiento, es una técnica flexible y fortalece la pertenencia comunitaria. Los habitantes de los territorios son quienes conocen mejor el territorio y sus problemas y fortalezas.

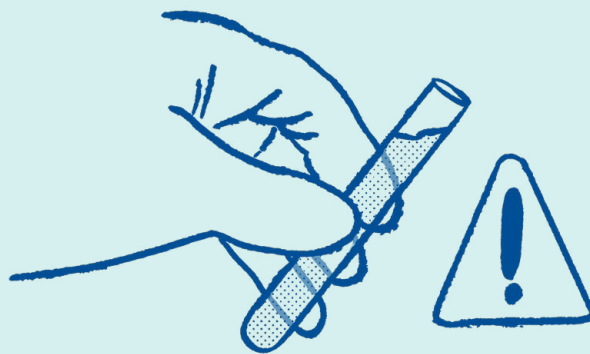
Por lo que el diagnóstico inicial es la metodología para que colectivamente a través de procesos de diálogo y reflexión, se puedan construir consensos sobre las problemáticas y prioridades para el cuidado del líquido vital que es el agua.

La intención es que se pueda contar con datos e información sobre el estado actual de los recursos y tener un inventario de los recursos hídricos, para poder cerrar la brecha de información existente, poniendo al centro los conocimientos de la comunidad tanto adultos, como jóvenes, mujeres y hombres. La metodología del mapeo es la más adecuada para poner de relieve las interacciones ambientales a nivel del territorio de la comunidad, entre aspectos fundamentales como abastecimiento de agua, deforestación, erosión, contaminación, actividades extractivas, y otros problemas socioambientales.

OBJETIVOS DEL MAPEO COMUNITARIO:

- ✧ Datos e información sobre el estado actual de los recursos hídricos.
- ✧ Un proceso que valore los conocimientos comunitarios, integrando las perspectivas de personas adultas, jóvenes, mujeres y hombres.
- ✧ Un inventario detallado de ríos y sus afluentes; las cuencas y subcuencas.
- ✧ Identificar puntos de contaminación y actividades que afectan potencialmente la calidad y cantidad de agua.
- ✧ Hacer unas propuestas de puntos para monitorear: lugares afectados, puntos de referencia (poco contaminados) y puntos de unión entre ríos.
- ✧ Comparación de resultados de parámetros físico-químicos de la calidad del agua, partiendo de las normas de agua, de las fuentes de agua documentadas en el inventario comunitario, para tener una línea base de información.
- ✧ Establecer prioridades para el cuidado del agua y decidir los puntos a priorizar para un monitoreo. Se define la periodicidad del monitoreo según las capacidades y necesidades de las comunidades.

Recolección de datos de campo



Para garantizar un monitoreo preciso y confiable, es fundamental seguir protocolos adecuados en la preparación del equipo, calibración, toma de datos y mantenimiento de herramientas. La recolección de datos en campo debe realizarse de manera sistemática para asegurar la calidad de la información obtenida y su utilidad en la toma de decisiones comunitarias.

Este proceso incluye:

GEORREFERENCIACIÓN CON GPS

Registrar la ubicación exacta de los puntos de muestreo.

MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Evaluar pH, conductividad, sólidos disueltos totales, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y potencial de óxido-reducción.

ANÁLISIS DE CONTAMINANTES

Tomar muestras de agua para la detección de metales pesados y compuestos tóxicos.

MONITOREO BIOLÓGICO

Evaluar la calidad del agua mediante el análisis de macroinvertebrados acuáticos.

MEDICIÓN DE CAUDAL

Determinar la cantidad de agua que fluye en ríos y arroyos. Cada herramienta utilizada en el monitoreo requiere una preparación adecuada antes de su uso, una calibración precisa para obtener mediciones confiables y un mantenimiento adecuado para prolongar su vida útil. En esta sección se detallan los protocolos para el uso de GPS, sensores de pH y conductividad, medidores de oxígeno disuelto, kits de detección de metales y bacterias, turbidímetros y métodos para medir caudal, asegurando una metodología estandarizada en la recolección de datos.

Siguiendo estos procedimientos, las comunidades pueden generar información precisa y comparativa sobre la calidad del agua, fortaleciendo sus capacidades de vigilancia ambiental y gestión de recursos hídricos.

Protocolos de preparación de equipo, calibración, toma de datos y mantenimiento de las herramientas

Para obtener mediciones precisas y comparables en el monitoreo comunitario del agua, es fundamental seguir protocolos estandarizados en el uso de cada herramienta del kit de científicos comunitarios.

En esta sección se detallan las instrucciones para:

USO DE CADA HERRAMIENTA DEL KIT

- * GPS, sondas de pH y conductividad, medidores de oxígeno disuelto, kits de detección de metales pesados y bacterias, turbidímetros y métodos de medición de caudal.

CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

- * Ajuste de los dispositivos antes del muestreo para garantizar mediciones exactas.

TOMA DE DATOS EN CAMPO

- * Procedimientos para la recolección de muestras y la medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

- * Cuidados y limpieza para prolongar la vida útil de los instrumentos y evitar contaminación cruzada entre muestras.

Estos protocolos aseguran que los datos obtenidos sean confiables, facilitando su análisis y el seguimiento de la calidad del agua a lo largo del tiempo.

GPS GARMIN

Para iniciar la recopilación de datos en un nuevo punto, es esencial comenzar con la **toma del punto de geolocalización**. Este paso garantiza que cada registro esté asociado a una ubicación precisa en el mapa, permitiendo identificar el sitio exacto de muestreo. La geolocalización incluye las coordenadas de latitud, longitud y altitud, que se obtienen usando un GPS como el Garmin 66s.



1 VERIFICAR LA SEÑAL DE LOS SATÉLITES

Antes de registrar un punto, asegúrate de que el GPS tiene una conexión adecuada con los satélites.

- ✧ En el menú principal, selecciona la opción **“Satélites”**.
- ✧ Verifica que el dispositivo detecta entre **5 y 8 satélites** para garantizar precisión en la ubicación.

2 GUARDAR UN PUNTO

Un waypoint es un punto en el mapa que deseas guardar para referencia futura.

- ✧ En el dispositivo, presiona el botón **“Mark”** (Marcar).
- ✧ Completa la información del waypoint:
 - **Número correlativo:** Asigna un número secuencial al punto para mantener el orden.
 - **Nombre o descripción:** Escribe algo breve que describa el lugar, si es necesario (por ejemplo, **“Río-1”** o **“Arroyo entrada”**).

3 REGISTRAR LAS COORDENADAS Y ALTITUD EN EL CUADERNO

- ✧ Después de guardar el waypoint, revisa los datos registrados:
 - **Coordenadas:** Generalmente, se presentan en formato decimal o grados minutos segundos (DMS).
 - **Altitud:** Se muestra en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- ✧ Escribe los datos en tu cuaderno siguiendo este formato:
 - **Número del punto:** Anota el número correlativo asignado.
 - **Coordenadas:** Ejemplo: Latitud: N14° 33' 26.1", Longitud: W90° 32' 14.8".
 - **Altitud:** Ejemplo: Altitud: 1520 msnm.

- ✧ Ingresar número correlativo del punto de monitoreo

SONDA DE PH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SÓLIDOS DISUELTOS Y TEMPERATURA

La herramienta portátil HI9811-51 para medir pH, EC (conductividad eléctrica) y TDS (sólidos disueltos totales), es una de las herramientas básicas para iniciar el muestreo.



1 PREPARACIÓN DEL EQUIPO

- ✧ **Encendido:** Presiona el botón de encendido/apagado.
- ✧ **Conexión del sensor:** Asegúrate de conectar bien el sensor al medidor, alineando los pines y empujando suavemente.

✧ Preparación del sensor:

- Quita la tapa protectora.
- Si está seca, agrega la solución de almacenamiento en la tapa y deja el sensor en remojo por al menos 30 minutos antes de usarlo.
- Antes de medir, enjuaga el sensor con agua limpia.

2 CALIBRACIÓN

Calibra antes de medir para garantizar precisión.

✧ Para pH:

- Llena un vaso limpio con una solución de calibración de pH (p.ej., pH 7.01).
- Enjuaga el sensor y colócalo en la solución.
- Usa el botón de temperatura para verificar la temperatura y ajusta el valor de calibración girando la perilla hasta que coincida con el valor de pH indicado para esa temperatura.

✧ Para Conductividad Eléctrica(EC) y Sólidos disueltos totales (TDS):

- Llena un vaso limpio con una solución de calibración (por ejemplo, 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para EC o 1382 ppm para TDS).
- Sumerge el sensor hasta cubrir las partes metálicas, agita ligeramente y espera a que se estabilice.

- Gira la perilla de calibración hasta que el valor mostrado coincida con el indicado en la solución.

3 TOMA DE DATOS

✧ **Medición de pH:**

- Presiona el botón “pH”.
- Sumerge el sensor en la muestra (al menos 4 cm).
- Agita ligeramente y espera a que el valor se estabilice.
- Lee el valor en la pantalla.

✧ **Medición de EC/TDS:**

- Presiona el botón correspondiente (EC o TDS).
- Sumerge el sensor en la muestra, asegurándote de que no haya burbujas en las partes metálicas.
- Agita ligeramente y espera a que el valor se estabilice.
- Lee el valor en la pantalla.

✧ **Medición de temperatura:**

- Presiona el botón “°C”.
- Sumerge el sensor en la muestra.
- Espera a que se estabilice y lee el valor.

4 MANTENIMIENTO BÁSICO

- ✧ Limpia el sensor con agua corriente después de cada uso.
- ✧ Una vez al mes, limpia el sensor más a fondo con un detergente suave o soluciones específicas.
- ✧ Guarda el sensor con unas gotas de solución de almacenamiento en la tapa protectora. Nunca uses agua destilada para almacenarlo.

MEDIDOR DE OXÍGENO DISUELTO

El **HI97732** es un fotómetro portátil que mide la concentración de oxígeno disuelto (O₂) en agua, ideal para estudios de calidad de agua en campo o laboratorio.

Rango de medición: 0.0 a 10.0 mg/L (ppm).

- ✧ **Precisión:** ±0.4 mg/L.
- ✧ **Método:** Adaptación del Método de Winkler modificado con azida.



PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

✧ **Añadir reactivos:**

- Agrega **5 gotas de Reactivo A y 5 gotas de Reactivo B** a la botella de muestra.
- Llena la botella hasta que el agua rebose para evitar burbujas y coloca el tapón.
- Invierte la botella varias veces hasta que el líquido se vuelva amarillo anaranjado y aparezca un agente floculante.
- Deja reposar 2 minutos hasta que el floculante se asiente.
- Añade **10 gotas de Reactivo C**, tapa la botella e inviértela hasta que el floculante se disuelva completamente.

✧ **Zero del equipo:**

- Llena una cubeta con **10 mL de muestra sin tratar**.
- Coloca la cubeta en el equipo, asegurándote de alinear las marcas de la tapa y el soporte.
- Presiona “Zero”. El equipo mostrará “-0.0-” cuando esté listo para medir.

✧ **Medición:**

- Llena una segunda cubeta con **10 mL de la muestra tratada**.
- Coloca la cubeta en el equipo, alinea las marcas y presiona “Read”. El resultado se mostrará en mg/L de oxígeno disuelto.

CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

El HI97732 incluye estándares **CAL Check™** para validar y calibrar el equipo.

✧ **Validación (CAL Check):**

- Presiona “CAL Check” en el menú principal.
- Inserta la cubeta A (ZERO) y presiona “Next”.
- Inserta la cubeta B (CAL Check) y presiona “Next”.
- El equipo indicará si pasó (“PASSED”) o si es necesaria la calibración.

✧ **Calibración**

- Si el mensaje es “OUT OF SPECIFICATION”, realiza la calibración.
- Sigue las instrucciones en pantalla para ajustar los valores utilizando los estándares proporcionados.

MANTENIMIENTO DEL HI97732

Limpieza de las cubetas

✧ **Después de cada uso:**

- Limpia las cubetas con un paño sin pelusa (incluido) para eliminar huellas, suciedad o restos de reactivos.

- Si están muy sucias, utiliza la solución de limpieza para cubetas (HI93703-50) y enjuágalas con agua destilada.
- Asegúrate de que estén completamente secas antes de guardarlas.

✧ **Cuidado:**

- Manipula las cubetas por la parte superior o la tapa para evitar dejar huellas.
- No uses cubetas con rayaduras o manchas permanentes, ya que afectan la precisión de las mediciones.

✧ **Limpieza del soporte de las cubetas**

- Regularmente (al menos una vez a la semana si se usa frecuentemente), limpia el soporte donde se insertan las cubetas:
- Usa un paño seco para retirar polvo o restos de suciedad.
- Evita que líquidos o reactivos caigan en el soporte.

✧ **Mantenimiento del sistema óptico**

- ✧ Limpia la superficie del sistema óptico (donde pasa la luz) con un paño suave y seco. No uses líquidos ni productos abrasivos.
- ✧ Evita que el equipo esté expuesto a polvo, agua o luz solar directa.

✧ **Cuidado de los reactivos**

- ✧ Guarda los reactivos (A, B y C) en su empaque original, en un lugar fresco y seco, lejos de la luz solar directa.
- ✧ Verifica la fecha de caducidad antes de usarlos. Los reactivos vencidos pueden dar resultados inexactos.

Manejo de las baterías

✧ **Verifica el estado de las baterías:**

- Si el ícono de batería en pantalla indica menos del 10%, reemplázalas pronto.
- Usa baterías AA nuevas (1.5V) y colócalas respetando la polaridad indicada.
- Retira las baterías si el equipo no se usará por un tiempo prolongado para evitar corrosión.

✧ **Almacenamiento del equipo**

- Guarda el fotómetro en su estuche rígido para protegerlo de golpes, polvo y humedad.

KIT DE ARSÉNICO

El Econo-Quick™ II Kit para prueba de arsénico (481304) es un kit portátil diseñado para medir la concentración de arsénico inorgánico en agua de forma segura, rápida y confiable. Utiliza la tecnología del método modificado de Gutzeit para detectar arsénico en el rango de **<2 a 100 ppb (µg/L)**, con valores aproximados para concentraciones superiores. Es ideal para científicos comunitarios que monitorean la calidad del agua en el campo.

Características principales:

- ✧ **Rango de detección:** <2 a 100 ppb (µg/L)
- ✧ **Método de medición:** Convierte arsénico inorgánico en gas arsina (AsH₃), que reacciona con bromuro de mercurio en una tira reactiva, cambiando de color de blanco a amarillo o marrón.
- ✧ **Tiempo de prueba:** Aproximadamente 14 minutos.



PASOS PARA LA TOMA DE DATOS

1 PREPARACIÓN INICIAL Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

✧ Prepararse para realizar la prueba:

- Realiza las pruebas en un lugar bien ventilado, ya que se generan gases (hidrógeno y arsina) que pueden ser tóxicos.
- Colocarse guantes y buscar un lugar estable para colocar todos los reactivos. No toques los reactivos ni la tira reactiva con las manos desnudas.
- La temperatura del agua debe estar entre 22 °C y 28 °C. Si es necesario, calienta o enfría el agua antes de iniciar.

✧ Revisa los componentes del kit:

- Botellas de reacción (2 unidades).
- Reactivo A (rosa), reactivo B (rojo) y reactivo C (blanco).
- Tiras reactivas de bromuro de mercurio.
- Tapa con torre y accesorios de mezcla.

2 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- ✧ Llena la **botella de reacción** con 50 mL de agua de muestra, hasta la línea marcada.
- ✧ **Añade reactivos:**
 - Agrega **2 cucharadas niveladas de reactivo A** (cuchara rosa).
 - Cierra la botella con la tapa negra y agita vigorosamente por 15 segundos.
 - Destapa la botella y agrega **2 cucharadas niveladas de reactivo B** (cuchara roja).
Vuelve a agitar por 15 segundos.
 - Espera 2 minutos antes de continuar para minimizar interferencias.
- ✧ Prepara la **tira reactiva:**
 - Abre el paquete de la tira reactiva, evitando tocar el extremo con bromuro de mercurio.
 - Inserta la tira en la tapa con torre y asegura que quede completamente sellada.
- ✧ Agrega **2 cucharadas niveladas de reactivo C** (cuchara blanca) a la botella de reacción. Agita por 5 segundos.
- ✧ **Sella la botella:**
 - Retira la tapa negra y coloca la tapa con torre y la tira reactiva.
 - Asegúrate de que no entre agua en la tira durante el proceso.

- ✧ Espera **10 minutos** para que el gas generado reaccione con la tira reactiva.

✧ **Lee los resultados:**

- Retira la tira reactiva y compárala con la tabla incluida en el kit.
- Tomar una fotografía para posterior verificación.
- Si los niveles superan los 30 µg/L, diluye la muestra con agua libre de arsénico y repite el procedimiento.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

1 LIMPIEZA DESPUÉS DE CADA PRUEBA :

- ✧ Desecha los líquidos de reacción en un desagüe que no se use para alimentos y enjuaga las botellas con agua limpia.
- ✧ Lava las tapas con agua limpia y sécalas completamente antes de guardar.

2 CUIDADO DE LAS TIRAS REACTIVAS :

- ✧ Guarda las tiras reactivas en su empaque original y manténlas en un lugar fresco y seco.
- ✧ Después de usarlas, almacénalas en la bolsa marcada como “tiras usadas” y deséchalas en un basurero correctamente selladas.

3 ALMACENAMIENTO:

- * Mantén el kit en su estuche, lejos de la luz directa del sol y fuentes de calor.

TURBIDIMETRO

El **HI98703** es un turbidímetro portátil de alta precisión diseñado para medir la turbidez del agua. Cumple con los estándares de la **EPA (Método 180.1)**, ideal para mediciones de agua potable, aguas residuales y aguas superficiales. Permite mediciones en el rango de **0.00 a 1000 NTU** y cuenta con modos de medición normal, promedio y continuo para adaptarse a diferentes necesidades.



1 PREPARACIÓN INICIAL

- * **Encendido: Presiona el botón “ON/OFF”.**
- * **Verifica las cubetas:**
 - Lávalas con solución limpiadora y enjuágalas con agua destilada.
 - Asegúrate de que estén completamente secas antes de usarlas.
- * **Aplica aceite de silicona:**
 - Aplica una fina capa en el exterior de la cubeta.
 - Usa el paño para extender uniformemente y eliminar el exceso.

2 CALIBRACIÓN

Calibra el equipo antes de realizar mediciones para garantizar precisión.

- * **Usa las soluciones estándar:**
 - Soluciones recomendadas: <0.1 NTU, 15 NTU, 100 NTU y 750 NTU.
 - Llena una cubeta limpia con cada solución y sigue los pasos de calibración en el equipo.
- * **Inicia la calibración:**
 - Presiona “CAL” para entrar al modo de calibración.

- Inserta la cubeta con la solución correspondiente, alineando la marca de la cubeta con la del equipo.
- Cierra la tapa y presiona “READ” para capturar el valor.

✧ **Repite el proceso:**

- Realiza la calibración para cada solución en el orden recomendado por el equipo.

3 TOMA DE DATOS

- ✧ Llena una cubeta limpia con 10 mL de muestra, asegurándote de que no haya burbujas de aire.
- ✧ Limpia la parte exterior de la cubeta con el paño sin pelusa.
- ✧ Aplica aceite de silicona (especialmente para valores bajos de NTU).
- ✧ Coloca la cubeta en el equipo, alineando la marca de orientación.
- ✧ Presiona “READ” para medir.

✧ **Modos de medición:**

- **Normal:** Para lecturas rápidas de muestras estables.
- **Promedio:** Promedia 10 mediciones, ideal para muestras con partículas en movimiento.
- **Continuo:** Realiza lecturas consecutivas, útil para evaluar muestras de sedimentación rápida.

4 MANTENIMIENTO BÁSICO

- ✧ Limpia regularmente el soporte de las cubetas para evitar acumulación de suciedad.
- ✧ Cambia las baterías cuando el ícono de batería parpadee o utiliza el adaptador AC.
- ✧ Sustituye la lámpara si el equipo muestra el error “no L”.

KIT DE E-COLI Y COLIFORMES FECALES

El Kit **CBT EC+CT de Aquagenx** es una herramienta diseñada para detectar y cuantificar simultáneamente bacterias **E. coli y Coliformes Totales** en muestras de agua potable.

Utiliza un medio de crecimiento en polvo con sustratos que generan cambios de color o fluorescencia, dependiendo de la presencia de bacterias. Es ideal para científicos comunitarios debido a su facilidad de uso y portabilidad.

Características principales:

- ✦ **Capacidad de detección:** Identifica la presencia de **E. coli** (cambio a azul) y Coliformes Totales (fluorescencia bajo luz UV).
- ✦ **Volumen de muestra:** 100 mL.
- ✦ **Resultados:** Se obtienen utilizando una tabla de Número Más Probable (MPN) codificada por colores.

1 PREPARACIÓN INICIAL

- ✦ **Desinfecta el área de trabajo:** Utiliza un desinfectante y toallas limpias para asegurar un ambiente libre de contaminación.
- ✦ **Recolecta la muestra de agua:**
 - Usa la bolsa incluida, llenándola hasta la marca de 100 mL.
 - Asegúrate de no tocar el interior de la bolsa. Si es posible, utiliza guantes desechables.

→ Registra detalles como la fecha, hora y ubicación de la muestra.

→ **Nota:** La bolsa contiene una pastilla de tiosulfato de sodio para neutralizar cloro residual. No la retires.

2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

✦ **Añade el medio de crecimiento:**

→ Abre el paquete del medio de crecimiento cortando por el borde marcado como “EXP”.

→ Vierte el contenido del medio en la bolsa Thio-Bag sin tocarlo con los dedos.

✦ **Mezcla:**

→ Cierra la bolsa Thio-Bag girando el cierre Whirl-Pak.

→ Gira suavemente la bolsa y presiona los grumos hasta que el medio de crecimiento esté completamente disuelto.

3 TRANSFERENCIA A LA BOLSA DE COMPARTIMENTOS

✦ **Vierte la muestra preparada en la bolsa de compartimentos:**

→ Asegúrate de no tocar el interior de la bolsa de compartimentos.

→ Inclina la bolsa ligeramente y presiona suavemente para distribuir la muestra uniformemente entre los compartimentos.

→ Llena cada compartimento hasta la línea de llenado marcada.

✳ **Cierra la bolsa:**

→ Usa el clip de plástico incluido para sellar herméticamente la bolsa y evitar derrames.

4 INCUBACIÓN

✳ **Coloca la bolsa en un lugar apropiado:**

→ La temperatura ambiente debe estar entre **25°C y 37°C**.

→ Si la temperatura es inferior a 25°C, utiliza una incubadora portátil o coloca la bolsa cerca de una fuente de calor.

✳ **Tiempo de incubación recomendado:**

→ 35-37°C: 20 horas.

→ 31-34°C: 24-30 horas.

→ 25-30°C: 40-48 horas.

✳ **Notas importantes:**

→ No incubar por encima de 40°C, ya que puede inhibir los coliformes totales.

→ Durante la incubación, puede generar olor. Para controlarlo, coloca la bolsa en otra bolsa plástica sellada.

5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

✳ **E. coli (luz ambiental):**

→ **Azul o azul-verde:**
Presencia de E. coli.

✳ **Amarillo/amarillo-marrón:**

→ Ausencia de E. coli.

✳ **Coliformes Totales (luz UV):**

→ **Fluorescencia azul bajo luz UV:**
Presencia de coliformes totales.

→ **Sin fluorescencia:**
Ausencia de coliformes totales.

✳ **Calcula el MPN:**

→ Compara los resultados de los compartimentos con la tabla MPN incluida.

→ Registra los resultados y asocia el nivel de contaminación con las categorías de riesgo.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

✳ **Limpieza después de la prueba:**

→ Desinfecta la bolsa de compartimentos con cloro (200 mg de cloro libre) antes de desechar el contenido en un desagüe seguro.

→ Limpia y guarda el clip de plástico para reutilizarlo.

✳ **Almacenamiento:**

→ Mantén el medio de crecimiento a una temperatura de 4-25°C, en un lugar seco.

→ Guarda los componentes del kit en un lugar limpio y seguro.

MEDIDOR DE PH Y ORP

El **eXact pH+** es un medidor portátil digital que permite realizar pruebas precisas de varios parámetros de calidad de agua, como **pH**, **conductividad**, **TDS** (sólidos disueltos totales), y **ORP** (Potencial de Oxidación-Reducción).

Características principales:

→ **Rango de medición ORP:** ± 1000 mV.

→ **Precisión:** $\pm 0.2\%$.

INSTRUCCIONES PARA MEDIR ORP

1 PREPARACIÓN INICIAL

✧ **Activar la sonda ORP (antes de la primera medición):**

- Llena un recipiente pequeño con solución de almacenamiento pH 4.
- Sumerge la sonda ORP durante 3-5 minutos para activarla.
- Este paso no es necesario si se utiliza el equipo con frecuencia.

✧ **Encendido:**

- Presiona el botón de encendido "ON" durante 1 segundo para activar el medidor.

✧ **Limpieza inicial:**

- Enjuaga la sonda con agua destilada, deionizada o purificada.

- Seca el cuerpo de la sonda con un paño suave. No frotes ni toques la superficie del sensor.

2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

✧ **Seleccionar el parámetro ORP:**

- Presiona el botón "**MENU**" hasta que en la pantalla LCD aparezca **ORP** junto con las unidades en mV.

✧ **Preparar la muestra:**

- Llena el recipiente de muestra con suficiente agua para sumergir completamente la sonda ORP.

✧ **Medición:**

- Introduce la sonda ORP en la muestra y agita suavemente.
- Deja que el equipo establezca la lectura. Cuando el ícono de estabilidad (una cara sonriente) aparezca en la pantalla, los resultados estarán listos.

✧ **Registrar resultados:**

- Anota los valores o guárdalos en la app. Los resultados se muestran en milivoltios (mV).

✧ **Limpieza final:**

- Enjuaga la sonda con agua limpia y seca cuidadosamente.
- Guarda la sonda en la tapa con solución de almacenamiento pH 4.

CALIBRACIÓN DE ORP

1 PREPARACIÓN:

- ✦ Usa una solución estándar de calibración ORP (por ejemplo, **475 mV o 220 mV**).
- ✦ Asegúrate de tener un recipiente limpio y suficiente solución para sumergir completamente la sonda.

2 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:

✦ **Seleccionar el modo ORP:**

- Presiona el botón de encendido y selecciona el parámetro ORP en el menú.

✦ **Sumergir la sonda:**

- Introduce la sonda en la solución estándar y agita suavemente.
- Espera hasta que la lectura sea estable (se muestra el ícono de estabilidad en la pantalla).

✦ **Ajustar el valor:**

- Usa las funciones de calibración del equipo para ajustar la lectura al valor especificado por la solución estándar.
- Confirma el ajuste y espera a que el equipo guarde la calibración.

✦ **Rinse y almacenamiento:**

- Enjuaga la sonda con agua limpia y guárdala en su solución de almacenamiento.

MANTENIMIENTO BÁSICO

1 LIMPIEZA DE LA SONDA ORP:

- ✦ Si la sonda se ensucia, límpiala con ácido clorhídrico diluido (0.1 M) durante 30 minutos.
- ✦ Alternativamente, usa detergente suave o pasta dental blanca para limpiar suavemente la superficie de platino.

2 ALMACENAMIENTO:

- ✦ Guarda la sonda ORP en solución de almacenamiento **pH4**.
- ✦ **No uses agua destilada** para almacenar la sonda, ya que puede dañarla.

3 CAMBIO DE SONDA:

- ✦ Si la sonda no responde o está dañada, reemplázala con una nueva. Sigue las instrucciones del manual para asegurar un ajuste correcto.

METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE DATOS DE CAUDAL

La **medición de caudal** consiste en calcular la cantidad de agua que fluye a través de un río, arroyo, canal o tubería en un periodo de tiempo. Se expresa generalmente en unidades como litros por segundo (L/s), metros cúbicos por segundo (m³/s), o galones por minuto (GPM).

Medir el caudal es esencial para:

- ✧ Monitorear la disponibilidad de agua en cuerpos naturales.
- ✧ Evaluar impactos de actividades humanas, como la minería, agricultura, o consumo urbano.
- ✧ Garantizar el cumplimiento de caudales ecológicos, necesarios para la conservación de la biodiversidad acuática.

El método ideal para medir el caudal depende del tipo de fuente de agua y las características del flujo.

1 MÉTODO DE LA CUBETA O RECIPIENTE

Uso: Ideal para pequeños flujos, como manantiales, tuberías o canales pequeños.

✧ Procedimiento:

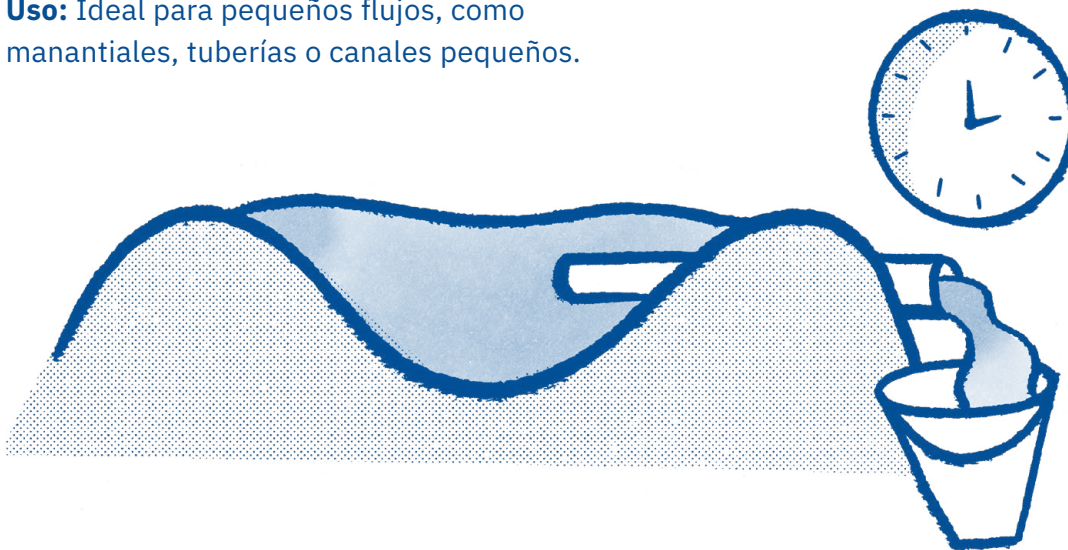
- Coloca un recipiente de volumen conocido (por ejemplo, un balde de 10 litros) bajo el flujo de agua.
- Mide el tiempo que tarda en llenarse por completo.
- Repite el proceso al menos 3 veces y calcula el tiempo promedio.
- Aplica la fórmula: Caudal (L/s) = $\frac{\text{Volumen del recipiente (L)}}{\text{Tiempo promedio (s)}}$

✧ Ventajas:

- Sencillo y rápido.
No requiere equipo especializado.

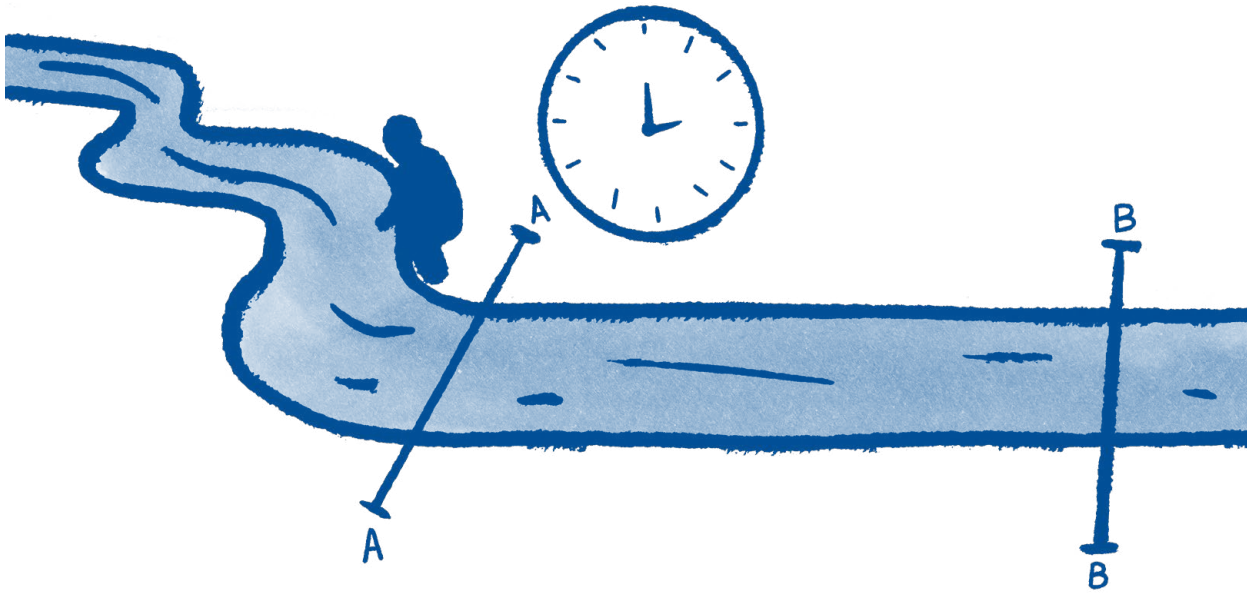
✧ Limitaciones:

- Útil solo para flujos pequeños y accesibles.



2 MÉTODO DEL FLOTADOR

Uso: Adecuado para ríos, arroyos o canales con flujos más grandes y accesibles.



✧ Procedimiento:

- Escoge un tramo recto del río (de 5 a 10 metros) sin obstáculos.
- Usa un objeto flotante (como una pelota o rama) y mide el tiempo que tarda en recorrer la distancia.
- Calcula la velocidad del agua: $\text{Velocidad (m/s)} = \frac{\text{Tiempo promedio (s)}}{\text{Distancia (m)}} \times 0.85$
- Mide el ancho del río y la profundidad promedio.
- Calcula el área transversal del flujo: $\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Ancho (m)} \times \text{Profundidad promedio (m)}$.
- Determina el caudal: $\text{Caudal (m}^3\text{/s)} = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Velocidad (m/s)}$

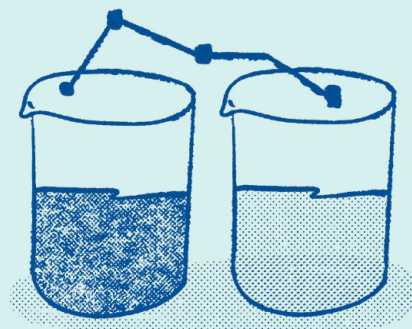
✧ Ventajas:

- Útil para fuentes naturales más grandes.
- Fácil de implementar con herramientas básicas.

✧ Limitaciones:

- Puede verse afectado por obstáculos o corrientes variables.

Recolección de datos avanzados



Además del monitoreo fisicoquímico, la evaluación de la calidad del agua puede complementarse con métodos biológicos, los cuales permiten un análisis más detallado del ecosistema acuático. Estos métodos ayudan a identificar impactos ambientales que pueden no ser detectados por mediciones instantáneas, proporcionando una visión integral del estado de los cuerpos de agua a lo largo del tiempo.

En esta sección se presentan dos metodologías clave:



MONITOREO BIOLÓGICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Un método basado en la presencia y diversidad de organismos acuáticos sensibles a la contaminación.



EVALUACIÓN RÁPIDA DE CALIDAD DE HÁBITAT

Un protocolo para analizar el estado físico y estructural del ecosistema acuático, complementando los datos biológicos.

Ambas metodologías ofrecen información crucial para entender la salud de los ecosistemas hídricos y tomar decisiones informadas para su protección y gestión sostenible.

METODOLOGÍA DEL MONITOREO BIOLÓGICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

El monitoreo de macroinvertebrados acuáticos es una herramienta efectiva para evaluar la calidad del agua a largo plazo. Estos organismos, como insectos acuáticos, moluscos y crustáceos, responden de manera diferente a la contaminación, permitiendo clasificar los cuerpos de agua según su grado de alteración.

En esta subsección se detallan los siguientes aspectos del monitoreo:



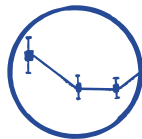
INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS

Uso de la red en D y otros equipos para la recolección de muestras en diferentes microhábitats del río.



PROCESO DE RECOLECCIÓN

Selección del sitio, captura de organismos y preservación de muestras en etanol.



ANÁLISIS DE LABORATORIO

Identificación de organismos hasta nivel de familia, uso de guías taxonómicas y aplicación de índices de calidad del agua.

Este método permite generar un diagnóstico biológico detallado y complementar los análisis fisicoquímicos en la evaluación del ecosistema acuático.

INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS

1 RED EN D:

- * Herramienta principal para la recolección de macroinvertebrados.



→ Descarga en <https://oiegt.org/biblioteca>

- * Diseñada para capturar organismos en diversos hábitats dentro del río, como corrientes rápidas, remansos, y áreas de sedimento fino.
- * Otro equipo de campo es: cronómetro para medir el tiempo de muestreo, botas para ingresar al cuerpo de agua, metro para medir el tramo de medición, bolsas o frascos para recolectar la muestra, y etanol 70 a 90 % de concentración para preservar la muestra, y etiquetas para marcar las muestras. Enjuaga la sonda con agua limpia y guárdala en su solución de almacenamiento.

2 TRAMO DE MUESTREO:

- * Se seleccionaron tramos de río entre 10 y 30 metros de longitud.
- * El tramo fue escogido considerando representatividad del hábitat y accesibilidad.

3 TIEMPO DE MUESTREO: :

- * Cada sitio fue muestreado durante 15 minutos efectivos.
- * Los recolectores trabajaron activamente en diferentes microhábitats del tramo definido.

PROCESO DE RECOLECCIÓN

1 SELECCIÓN DEL SITIO:

- * Identificación de áreas representativas del ecosistema acuático.
- * Registro de las características físico-químicas y del hábitat antes de la recolección.

2 MEDICIÓN DE CALIDAD DE HÁBITAT:

- * Se recorre y realiza una inspección visual con un protocolo de evaluación de calidad de hábitat

3 RECOLECTA:

- * Se utilizó la red en D para agitar el fondo del río y capturar organismos.
- * Los recolectores movieron rocas y hojarasca para asegurar la recuperación de organismos adheridos o escondidos.

4 PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS:

- * Los organismos recolectados fueron colocados en frascos con alcohol al 70%.
- * Cada muestra fue etiquetada con la información del sitio y las condiciones del muestreo.

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

1 EQUIPO DE LABORATORIO

- * Colador para limpiar la muestra, bandeja blanca para separar a los macroinvertebrados, lupas o estereoscopio, pinzas para sostener a los macroinvertebrados, frascos para colocarlos y separarlos, y guías de identificación.

2 LIMPIEZA DE MUESTRAS :

- * La muestra se limpia, es decir se separan los macroinvertebrados de los sedimentos y hojarasca recolectada.

3 CLASIFICACIÓN INICIAL :

- * Identificación de los organismos recolectados hasta nivel de familia, cuando fue posible.
- * Uso de guías especializadas y claves dicotómicas.

4 ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA :

- * Se utilizaron índices existentes de calidad de agua de países y regiones cercanas:

- El Salvador.
- Costa Rica.
- Lago de Atitlán (Guatemala).
- Costa del Pacífico (Guatemala).

- * Los datos se analizaron comparativamente para inferir la calidad del agua en cada sitio.

5 EVALUACIÓN DE BIODIVERSIDAD :

- * Se consideraron métricas de diversidad para evaluar el estado del ecosistema.
- * Relación entre biodiversidad y condiciones del hábitat.

PROTOCOLO DE EVALUACIÓN RÁPIDA DE CALIDAD DE HÁBITAT DE MACROINVERTEBRADOS

La calidad del hábitat influye directamente en la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos. Un río con buena estructura y diversidad de sustratos albergará una comunidad biológica más diversa y resiliente a impactos ambientales.

Este protocolo permite evaluar aspectos clave del hábitat, tales como:



CONDICIONES DEL FONDO DEL RÍO

Tipo de sustrato, presencia de sedimentos y alteraciones del cauce.



ESTRUCTURA DEL FLUJO

Diversidad de rápidos, pozas y zonas de corriente.



ESTADO DE LAS ORILLAS

Estabilidad del suelo y cobertura vegetal.

Los resultados de esta evaluación se clasifican en categorías de calidad (excelente, buena, regular o pobre), proporcionando un indicador visual del estado del ecosistema y posibles áreas de restauración.

Preparación inicial

✧ Equipo necesario:

- Hojas de registro (puedes usar las plantillas incluidas).

✧ Selecciona el sitio de evaluación:

- Escoge un tramo representativo del río o cuerpo de agua.
- Asegúrate de incluir áreas clave como márgenes, pozas, rápidos y canales.

Pasos para la evaluación de calidad del hábitat

1 IDENTIFICA Y DESCRIBE EL SITIO EN D:

✧ Fecha y hora:

Registra el día y la hora exacta.

✧ Ubicación: Anota las coordenadas GPS y el nombre del cuerpo de agua.

✧ Condiciones climáticas:

- ¿Llovió en los últimos 7 días? Describe el clima actual (soleado, nuboso, lluvia, etc.).
- Mapa del sitio: Dibuja un esquema simple del área evaluada, señalando fuentes de contaminación o alteraciones visibles.

2 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Usa las siguientes categorías para evaluar el hábitat. Para cada parámetro, asigna una puntuación de acuerdo con las condiciones observadas, de excelente (10 puntos) a pobre (0 puntos).

SUBSTRATO DEL FONDO

✧ Evalúa el tipo de material en el fondo del río (piedras, grava, arena, limo).

- ✧ **Puntuación:** Más del 50% de piedras y grava es excelente, mientras que fondos dominados por limo o arcilla son pobres.

DEPÓSITO DE SEDIMENTO

- ✧ Observa si el fondo está cubierto de sedimentos (limo o arena).
- ✧ **Puntuación:** Sin depósitos visibles es excelente; más del 50% cubierto es pobre.

PRESENCIA DE POZAS Y RÁPIDOS

- ✧ Identifica si hay diversidad en las características del flujo (rápido-llano, rápido-hondo, lento-llano, lento-hondo).
- ✧ **Puntuación:** La presencia de los 4 tipos es excelente, mientras que sólo uno es pobre.

ALTERACIÓN DEL CANAL

- ✧ Busca cambios en el cauce, como barras de arena, terraplenes o canalizaciones.
- ✧ **Puntuación:** Poco o ningún cambio es excelente, mientras que un canal muy alterado es pobre.

ESTABILIDAD DE LAS ORILLAS

- ✧ Observa signos de erosión o derrumbes en las orillas.
- ✧ **Puntuación:** Orillas estables sin erosión son excelentes, mientras que aquellas con más del 60% erosionadas son pobres.

COBERTURA VEGETAL DE LAS ORILLAS

- ✧ Evalúa qué tan cubiertas están las orillas con vegetación (árboles, arbustos, pastos) o material inorgánico (piedras grandes).

- ✧ **Puntuación:** Más del 80% cubierto por vegetación o rocas es excelente, mientras que menos del 25% es pobre.

VEGETACIÓN EN LAS ORILLAS

- ✧ Determina el tipo de vegetación dominante en las orillas (árboles, arbustos, gramíneas).
- ✧ **Puntuación:** Orillas dominadas por árboles son excelentes, mientras que más del 50% sin vegetación es pobre.

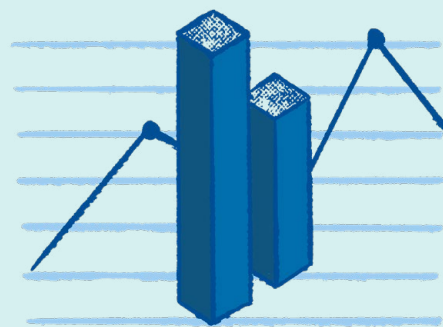
3 REGISTRO Y CÁLCULO DE PUNTUACIÓN

- ✧ **Registra los puntajes:** Llena la hoja de evaluación para cada parámetro.
- ✧ **Suma total:** Calcula el total de puntos obtenidos y compáralo con los rangos de calidad:
 - **Excelente:** 70-100 puntos.
 - **Buena:** 50-69 puntos.
 - **Regular:** 30-49 puntos.
 - **Pobre:** Menos de 30 puntos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- ✧ **Excelente o buena calidad:** El hábitat es saludable y puede sostener una biodiversidad diversa.
- ✧ **Regular:** Hay signos de alteración; se recomienda monitoreo y posibles intervenciones para mejorar el hábitat.
- ✧ **Pobre:** El hábitat está gravemente afectado; se necesita acción inmediata para restaurar las condiciones naturales.

Sistematización de los resultados de monitoreo comunitario



La sistematización de datos es un paso esencial para transformar las mediciones de campo en información útil y accesible para la comunidad. El proceso inicia con el registro manual de datos en el cuaderno de monitoreo, asegurando un respaldo físico confiable.

Este cuaderno incluye información clave como:



DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO

Coordenadas GPS, fecha, hora y condiciones ambientales.



PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Mediciones de pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, temperatura y ORP.



MUESTREO BIOLÓGICO

Registro de macroinvertebrados y evaluación rápida del hábitat.



OBSERVACIONES GENERALES

Cambios en el color, olor, residuos visibles o cualquier alteración en el ecosistema.

Una vez recopilados los datos en campo, se transcriben a la plataforma digital KoBoToolbox, donde se almacenan, organizan y analizan. Esto facilita la comparación de información entre diferentes períodos de monitoreo y permite detectar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo.

Kobo Collect- Formularios digitales de sistematización de datos de monitoreo comunitario

Para optimizar la recolección y análisis de datos, se utiliza KoBoCollect, una aplicación que permite digitalizar la información recopilada en campo. Esta herramienta es ideal para registrar datos en dispositivos móviles o computadoras, incluso en zonas sin acceso a internet.

En esta sección se detallan los pasos para:

- ✦ **Instalar y configurar la aplicación KoBoCollect** en teléfonos móviles y navegadores.
- ✦ **Agregar un proyecto** mediante códigos QR o configuración manual.
- ✦ **Llenar y gestionar formularios digitales**, asegurando un registro estructurado y preciso de la información.
- ✦ **Almacenar y enviar datos**, permitiendo su análisis inmediato cuando se disponga de conexión a internet.

El uso de **KoBoCollect** permite a las comunidades agilizar el procesamiento de la información, reducir errores en la transcripción de datos y generar reportes de monitoreo en tiempo real. Así, la vigilancia comunitaria del agua se fortalece con herramientas digitales accesibles y eficientes.

Instalación y Configuración Inicial
de KoBoCollect.

- 1 INSTALAR KOBACOLLECT
 - ✦ Descarga la aplicación desde la [App Store](#).
 - ✦ Si prefieres usar tu computadora o navegador, ingresa a [este enlace](#).
- 2 AGREGAR UN PROYECTO EN KOBACOLLECT (VERSIÓN MÓVIL)
 - ✦ Abre la aplicación y selecciona la opción para **agregar un proyecto usando un código QR**.

- ✦ Escanea el código QR proporcionado por tu proyecto o equipo.

- 3 AJUSTES DE METADATOS DEL FORMULARIO
 - ✦ Ingresa el nombre del usuario y otros datos solicitados en los ajustes de la aplicación.

OBTENER FORMULARIOS Y EMPEZAR A RECOLECTAR DATOS:

- 1 OBTENER UN FORMULARIO EN BLANCO
 - ✦ Desde el menú principal, selecciona *Obtener formulario en blanco*.
 - ✦ Escoge los formularios que deseas utilizar y presiona *Obtener seleccionados*.
 - ✦ *Nota:* Estos mismos pasos se deben seguir para actualizar formularios cuando haya nuevas versiones.
- 2 INGRESAR UN FORMULARIO
 - ✦ Selecciona *Llenar nuevo formulario* y elige el formulario que vas a utilizar.

- ✦ Comienza a ingresar los datos conforme a las preguntas y selecciona opciones o ingresa texto según se indique.

3 PREGUNTAS REPETITIVAS

- ✦ Si encuentras preguntas que se deben repetir varias veces, presiona *Agregar* para continuar ingresando más respuestas o *No agregar* para pasar a la siguiente sección.
- ✦ Recuerda que puedes regresar y agregar más preguntas repetitivas en cualquier momento.

4 GUARDAR EL FORMULARIO

- ✦ Una vez finalizado, guarda el formulario.
- ✦ Los formularios guardados no se envían de inmediato, por lo que no es necesario tener acceso a internet en ese momento.

ENVIAR FORMULARIOS GUARDADOS

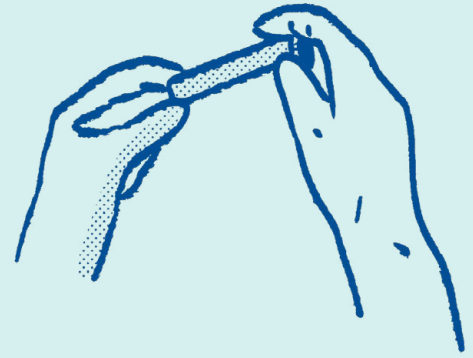
1 ENVIAR UN FORMULARIO FINALIZADO

- ✦ Cuando tengas acceso a internet, selecciona *Enviar formulario finalizado*.
- ✦ Marca el formulario que deseas enviar y presiona *Enviar seleccionado*.

2 EDITAR UN FORMULARIO ANTES DE ENVIARLO

- ✦ Si necesitas hacer cambios, puedes editar cualquier formulario guardado siempre y cuando aún no lo hayas enviado.

Tareas a realizar posterior al monitoreo



Una vez finalizado el monitoreo comunitario, es fundamental realizar una serie de **tareas de limpieza, organización y revisión** para garantizar la calidad de los datos en futuros monitoreos y mantener en óptimas condiciones el equipo y los materiales utilizados.

Las actividades incluyen:

- ✧ **Manejo adecuado de los desechos generados**
Eliminación responsable de guantes, empaques y materiales desechables utilizados en el monitoreo.
- ✧ **Limpieza de la mochila de monitoreo**
Retiro de residuos, organización de herramientas y revisión del estado del equipo.
- ✧ **Revisión del estado de reactivos y soluciones**
Comprobación de la fecha de caducidad y niveles de los reactivos necesarios para futuras mediciones.
- ✧ **Limpieza de sondas y equipos**
Lavado y almacenamiento adecuado de los instrumentos de medición para prolongar su vida útil.

✧ Protocolo de lavado de frascos de laboratorio

Procedimiento detallado para la limpieza y desinfección de frascos utilizados en la recolección de muestras.

Estas tareas son esenciales para evitar contaminación cruzada, prolongar la funcionalidad del equipo y asegurar que el próximo monitoreo se realice en condiciones óptimas.



MANEJO DE DESECHOS GENERADOS

Durante el monitoreo se generan diversos residuos que deben ser eliminados de manera adecuada para reducir impactos ambientales:

- ✓ **Guantes desechables:** Depositar en un contenedor de residuos peligrosos o, en su defecto, en bolsas bien selladas.
- ✓ **Empaques de reactivos y soluciones:** Revisar si pueden reciclarse o disponerlos según normativas locales.
- ✓ **Papel y etiquetas usadas:** Separar los reciclables y desechar correctamente los contaminados.

LIMPIEZA Y REVISIÓN DEL EQUIPO DE MONITOREO

- ✧ **Limpieza de la mochila de monitoreo**
 - Retirar residuos y empaques usados.
 - Organizar los instrumentos y verificar que estén en su lugar.
- ✧ **Revisión de reactivos y soluciones**
 - Comprobar fechas de caducidad y niveles de reactivos.
 - Sustituir o reabastecer soluciones agotadas.
- ✧ **Limpieza de sondas y equipos**
 - **Sondas de pH y conductividad:** Enjuagar con agua destilada y almacenar en solución de almacenamiento.

- **Cubetas del turbidímetro y espectrofotómetro:** Limpiar con agua destilada y secar con un paño sin pelusa.
- **Medidores de oxígeno disuelto:** Revisar y limpiar con reactivos de mantenimiento.

PROTOCOLO DE LAVADO DE FRASCOS DE LABORATORIO

Para evitar la contaminación de futuras muestras, los frascos utilizados en el monitoreo deben ser lavados siguiendo un protocolo estandarizado:

✧ Materiales necesarios:

- Jabón Extran alcalino (5-10%)
- Agua destilada
- Ácido clorhídrico diluido (HCl)
- Cepillo para limpieza
- Piceta para enjuague
- Guantes de protección

IMPORTANTE: Usa guantes durante todo el procedimiento para protegerte y evitar contaminar los frascos.

1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL :

- ✧ Reúne los frascos, las tapaderas y los materiales necesarios: jabón Extran alcalino, agua destilada, HCl diluido (ácido clorhídrico) y una piceta.

* **Lavado con jabón extran alcalino:**

- Prepara una solución de Extran alcalino diluido al 5-10%.
- Llena el frasco con esta solución y limpia bien las paredes internas y externas usando un cepillo si es necesario.
- Haz lo mismo con las tapaderas. Enjuaga con agua corriente si está disponible.

* **Lavados con agua destilada:**

- Llena el frasco con agua destilada usando la piceta.
- Enjuaga bien y vacía el agua. Repite este paso tres veces.

* **Lavados con HCl:**

- Llena el frasco con HCl diluido utilizando la piceta.
- Enjuaga cuidadosamente, asegurándote de cubrir todas las superficies internas.
- Repite este paso tres veces.
- **Precaución:** Manipula el HCl con cuidado, evita derrames y asegúrate de trabajar en un área bien ventilada.

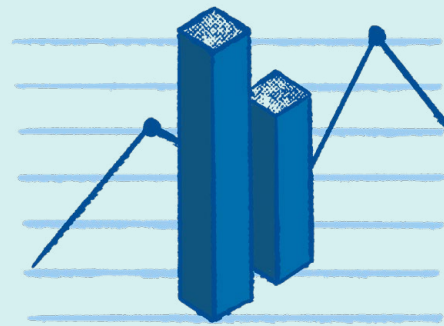
* **Lavados finales con agua destilada:**

- Llena el frasco nuevamente con agua destilada usando la piceta.
- Enjuaga bien y vacía el agua.
- Repite este paso tres veces.

* **Secado:**

- Coloca los frascos y las tapaderas en un lugar limpio y seco.
- Déjalos secar completamente antes de usarlos para evitar contaminación residual.

Procesamiento y análisis de datos de Monitoreo Comunitario de Agua¹



El análisis de datos es una etapa clave dentro del **Monitoreo Comunitario del Agua**, ya que permite convertir las mediciones de campo en información visual y accesible para la comunidad. A través de la sistematización y el procesamiento de datos, se generan **tablas, gráficos y mapas**, los cuales facilitan la interpretación de los resultados y su devolución a las comunidades donde se recolectaron las muestras.

El flujo de datos se desarrolla en **dos pasos esenciales:**

IDENTIFICACIÓN INICIAL DE PUNTOS DE MONITOREO

- Se utiliza un formulario digital para evaluar si un punto es adecuado para el monitoreo. Esta etapa genera una **línea base de información** y define las ubicaciones donde se recolectarán muestras.

RECOLECCIÓN PERIÓDICA DE DATOS

- Una vez aprobado un punto, se incorporan mediciones periódicas para documentar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo.

Estos pasos garantizan la coherencia de los datos y permiten un seguimiento continuo del estado de los cuerpos de agua monitoreados. Para garantizar la precisión y confiabilidad de la información, el proceso también incluye:

* **Revisión y validación**

- Se verifican los datos ingresados, asegurando su precisión antes de incorporarlos en la base de datos oficial.

* **Unificación y georreferenciación**

- Se integran las coordenadas GPS obtenidas con dispositivos Garmin con los datos recolectados en los formularios de monitoreo.

* **Limpieza y análisis de datos en R**

- Se procesan, filtran y organizan los datos para generar informes, gráficos y mapas que faciliten su interpretación.

1 Se anexa una versión más detallada y técnica del proceso de sistematización y visualización de datos.

HERRAMIENTAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS

El sistema de análisis de datos del monitoreo comunitario integra diversas herramientas digitales que permiten capturar, procesar y visualizar la información:

✧ **Formulario Interactivo KoboToolBox**

→ Utilizado para la recolección de datos en campo mediante dispositivos móviles o computadoras.

✧ **GPS Garmin GPSMAP 66S**

→ Permite georreferenciar con precisión los puntos de muestreo.

✧ **R (Script de análisis y procesamiento)**

→ Facilita la limpieza, estructuración y análisis estadístico de los datos.

✧ **QGIS (Estilización y exportación automatizada de mapas)**

→ Se emplea para la visualización geoespacial de los puntos monitoreados y la generación de mapas temáticos.

✧ **OIE Collector (Almacenamiento distribuido de datos)**

→ Plataforma para el almacenamiento seguro y organizado de la información recolectada.

FLUJO DE DATOS EN EL MONITOREO COMUNITARIO DE AGUA

El proceso de monitoreo comunitario de agua sigue una estructura que comienza con la recolección de datos en campo y culmina con la producción de tablas, gráficos y mapas que representan los resultados. La metodología de monitoreo se divide en dos fases principales:

1 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

El proceso de monitoreo comunitario de agua sigue una estructura que comienza con la recolección de datos en campo y culmina con la producción de tablas, gráficos y mapas que representan los resultados. La metodología de monitoreo se divide en dos fases principales:

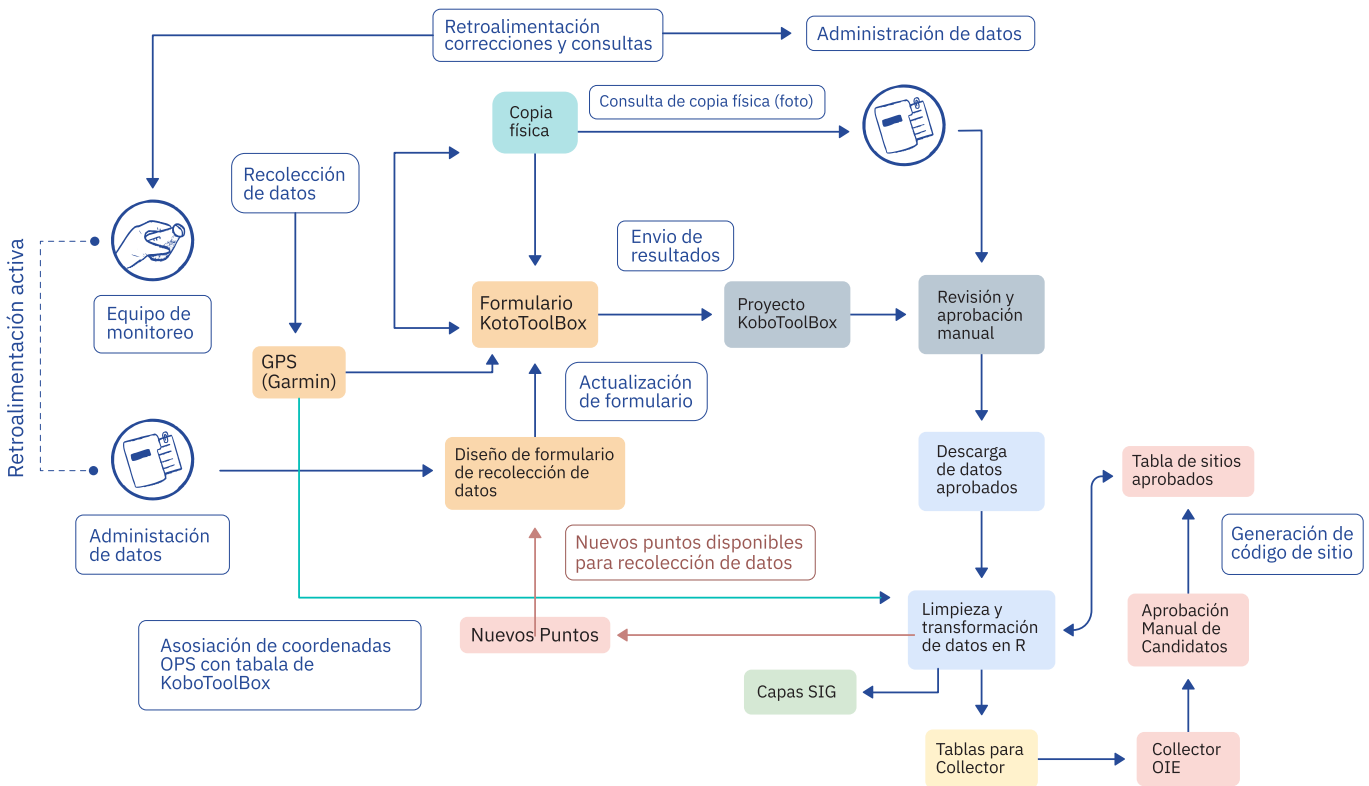


Fig 1: Diagrama del flujo de datos de Identificación de Puntos

Identificación de puntos de monitoreo

Antes de recolectar datos, es fundamental definir los sitios estratégicos para el monitoreo. Esto se realiza mediante un formulario de Identificación de Puntos, que permite evaluar si una ubicación es adecuada.

El procedimiento incluye:

- ✧ **Planificación de la ruta de monitoreo** y preparación del equipo humano y materiales.
- ✧ **Visitas previas a los sitios** y solicitud de permisos si es necesario.
Levantamiento de una línea base de datos antes de iniciar la toma de mediciones periódicas.
- ✧ **Adición de nuevos puntos de monitoreo**
Una vez aprobado un punto, se ingresa en la base de datos y se incorpora al sistema de monitoreo.

Esta fase permite establecer una red de monitoreo con cobertura representativa de la calidad del agua en el territorio.

Pasos detallados:

- 1 Hacer ruta de monitoreo y preparar equipo humano y materiales
- 2 Visita previa a los sitios y solicitar permisos donde sea necesario
- 3 Levantar una línea base

4 Adición de nuevos sitios de monitoreo, para agregar nuevos puntos de monitoreo al collector, se sigue el siguiente procedimiento:

- El equipo de monitoreo recolecta datos en el formulario “Identificación de Puntos”.
- Estos formularios son revisados y validados por la administración del proyecto.
- Una vez se validan los puntos en Kobo, se descargan los datos y el script de agua en R produce un csv que se ingresa al Collector.
- Dentro del Collector, los candidatos a sitios deben ser aprobados y la administración debe asignarles un atlas. Esto genera el código oficial del sitio de muestreo.
- Se descargan las nuevas tablas del Collector para tener la lista de sitios y sus códigos.
- Se agregan los nuevos sitios y códigos a la lista de Choices del formulario de monitoreo.
- Se realiza la actualización en Kobo y se notifica al equipo que los nuevos sitios han sido aprobados y agregados al formulario de monitoreo.

Procedimiento de recolección de datos en campo usando el formulario electrónico de KoboToolBox

Los datos de monitoreo recolectados en las giras de campos deben ingresarse a una base de datos electrónica para poder resguardar y analizarlos. Para esto utilizamos KoboToolBox.

KoboToolBox es una plataforma basada en OpenDataKit, un sistema que permite escribir formularios en el lenguaje XLSForm, distribuir este formulario a una flotilla de dispositivos android y recolectar datos aún cuando no se tiene acceso a señal telefónica o internet.

Para mantener redundancia, constancia y seguridad de datos, los equipos simultáneamente documentan sus resultados en un cuaderno y toman una fotografía de los resultados manuales, la cual se adjunta al formulario para consulta futura.

Los equipos de monitoreo deben seguir los siguientes pasos para recolectar e ingresar datos de monitoreo al sistema de recolección y análisis de datos de monitoreo:

1 CONFIGURAR UN DISPOSITIVO

- ✳ Si no se tiene disponible un dispositivo configurado para recolectar datos en campo, configurar un dispositivo.

2 VERIFICAR QUE SE ESTÁ UTILIZANDO LA ÚLTIMA VERSIÓN DEL FORMULARIO

- ✳ Asegurarse antes de salir a campo que se esté utilizando la versión más reciente del formulario, según comunicación del equipo de administración de datos.

3 LLENAR EL FORMULARIO EN CAMPO Y RESPALDAR LOS DATOS MANUALMENTE

- ✳ Realizar la gira de recolección de datos de campo. En cada sitio de muestreo, se debe llenar tanto el formulario electrónico como una copia física en un cuaderno. Si por alguna razón no se tiene un dispositivo funcional para ingresar el formulario en campo, se puede ingresar posteriormente los datos en un dispositivo configurado, o realizar el ingreso desde la versión web del formulario.

4 ENVIAR LOS RESULTADOS A LA BASE DE DATOS CUANDO HAYA ACCESO A INTERNET.

- ✳ Enviar los resultados documentados recolectados a la base de datos. Esto se puede hacer posterior a la gira de campo, ya que algunas fuentes de agua están ubicadas en donde no hay acceso a señal para enviar los datos.

5 REPORTAR CUALQUIER PROBLEMA O ERROR EN EL FORMULARIO PARA SU CORRECCIÓN.

- ✳ Comunicar al equipo de administración de datos cualquier problema, dificultad, error, problema de diseño o corrección que requiera modificación del formulario.

Revisión y Aprobación de los Datos Recolectados

Después de que el equipo de científicos y científicas comunitarios envíe los datos de monitoreo desde sus equipos móviles, se someten a un proceso de validación en la Tabla de Datos de KoBoToolBox.

Esta tabla muestra exactamente el contenido enviado inicialmente. La revisión incluye dos pasos:

1 VISUALIZACIÓN DE DATOS

✦ Se revisa el contenido enviado para detectar inconsistencias. Presiona el ícono de ojo junto a la observación que deseas revisar. Esto abrirá una versión no editable del formulario para una revisión rápida y fácil.

2 VERIFICACIÓN CON REGISTROS FÍSICOS

✦ Se comparan los datos digitales con la copia manual documentada. Asegúrate de que al final del formulario se incluya una foto de la copia física documentada para verificar los datos enviados.

VALIDACIÓN Y APROBACIÓN:

1 CORRECCIÓN Y APROBACIÓN

✦ Se marcan los formularios como “aprobados”, “en espera” o “sin aprobar” según su estado de validación.

→ Si no hay errores, marca el estado de validación como “aprobado” en la ventana de datos.

→ Si se identifica algún problema, utiliza el ícono de lápiz para acceder a la versión editable del formulario y realizar correcciones pertinentes. Guarda los cambios y luego marca el formulario como “aprobado”.

→ Si las correcciones no son posibles o se requiere validar algún dato faltante, marca el formulario como “en espera” para coordinar con el equipo.

→ Si se determina que el formulario debe ser eliminado, márcalo como “sin aprobar” para confirmar con el equipo antes de borrar datos.

3 DESCARGA DE DATOS

✦ Los datos validados se exportan para su análisis y almacenamiento. Una vez todas las entradas estén aprobadas, procede con la descarga de los datos verificados y validados para su uso posterior.

Este proceso asegura la precisión y la integridad de los datos recolectados durante el monitoreo comunitario del agua.

UNIFICACIÓN DE RESULTADOS GARMIN

En esta sección se explica cómo unificar los datos de ubicación recolectados con dispositivos GPS Garmin durante el monitoreo comunitario. El objetivo es integrar de manera eficiente la información geográfica de los puntos de monitoreo con los datos recolectados en formularios. La unificación de los datos asegura que los resultados finales sean precisos y reflejen correctamente las ubicaciones de los puntos de muestreo.

Durante el monitoreo, se utilizan dos dispositivos Garmin GPSmap 66S, uno proporcionado por CODIDENA y otro por el OIE. Cada punto de monitoreo recolectado se identifica por el nombre asignado en el Garmin, el cual corresponde a un correlativo que vincula la ubicación con los datos recolectados en campo.

Pasos para Unificar Resultados GARMIN

1 RECOLECCIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

- ✧ Cada vez que se registra un nuevo punto de monitoreo, el dispositivo Garmin genera un archivo .gpx que se almacena en la carpeta /GPX del dispositivo.

Estos archivos se generan por día calendario y contienen las coordenadas y nombres de los puntos recolectados.

2 TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS .GPX

- ✧ Conecta el dispositivo Garmin a una computadora para acceder a la carpeta /GPX donde se encuentran los archivos.gpx generados.
- ✧ Copia todos los archivos .gpx de interés a una carpeta específica en tu computadora.

3 UNIFICACIÓN DE ARCHIVOS .GPX CON EL SCRIPT EN R

- ✧ Utiliza el script **Combinador Datos Garmin.R** para unificar los archivos .gpx.
- ✧ El script busca automáticamente todos los archivos .gpx en la carpeta designada y los combina en un solo archivo consolidado.

- ✧ Este archivo consolidado contiene todas las ubicaciones de los puntos recolectados, facilitando su integración con las tablas de datos.

3 GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

- ✧ El archivo consolidado se utiliza en el script de análisis para georreferenciar las ubicaciones de los puntos de monitoreo con los datos de los formularios recolectados.
- ✧ Esto permite vincular cada observación en campo con su ubicación correspondiente, generando una base de datos completa y coherente.

Limpieza y Exportación de Datos en R

En esta sección se describe la metodología utilizada para limpiar, estandarizar y exportar los datos recolectados en campo a través de la plataforma KoboToolBox. El propósito es procesar la información de manera eficiente para crear bases de datos listas para su análisis y generar productos como gráficos y archivos geoespaciales. Aunque el proceso se realiza utilizando el lenguaje de programación R, este instructivo está orientado para usuarios sin experiencia técnica, con el fin de que comprendan las etapas principales y sus objetivos.

El flujo de trabajo de limpieza y exportación está diseñado para automatizar la transformación de los datos y reducir errores, generando tablas y gráficos que reflejan correctamente los resultados de monitoreo de calidad de agua. Los resultados finales permiten que el equipo de administración acceda a información organizada y visualmente clara para la toma de decisiones.

PASOS PARA LA LIMPIEZA Y EXPORTACIÓN DE DATOS EN R

1 CONVERSIÓN DE FORMATO DE ARCHIVOS

- ✧ Los archivos exportados desde KoboToolBox se encuentran en formato .xlsx (Excel), que presenta ciertas dificultades al cargarse en R. Por ello, la primera tarea es convertir estos archivos a formato .csv, que es más amigable para R.
- ✧ El script toma cada hoja del .xlsx y genera archivos .csv que se utilizarán en el resto del proceso.

2 CARGA DE DATOS EN R

- ✧ Se cargan las tablas de datos en R, tanto las provenientes de KoboToolBox como otras bases adicionales, como información de municipalidades, equipos científicos y ubicaciones geográficas recolectadas con Garmin.
- ✧ Esta etapa asegura que toda la información relevante esté disponible para la limpieza y el análisis posterior.

3 LIMPIEZA Y ESTANDARIZACIÓN DE DATOS

- ✧ Se realizan operaciones de limpieza para asegurar que todas las variables tengan un formato consistente. Por ejemplo, se estandarizan las unidades (ohm vs. kohm) y se transforman las fechas y horas al formato correcto.
- ✧ Se rellenan los valores faltantes con ceros en columnas específicas y se eliminan columnas redundantes que no aportan al análisis.

4 FILTRADO DE NUEVAS OBSERVACIONES

- ✧ Para evitar duplicados, se comparan las observaciones nuevas con la tabla principal de resultados del Collector. Solo se conservan las observaciones nuevas, que luego se anexan a la tabla existente.
- ✧ Este proceso garantiza que la base de datos oficial refleje únicamente las últimas actualizaciones sin incluir errores previos.

5 GENERACIÓN DE ARCHIVOS GEOESPACIALES

- ✧ Se crean archivos geoespaciales en formato .gpkg y .csv para generar mapas en herramientas como QGIS.
- ✧ Estos archivos contienen información geográfica de los puntos de monitoreo y resúmenes de las mediciones, listos para su visualización en mapas.

6 CREACIÓN DE RESÚMENES TRIMESTRALES Y ANUALES

- ✧ Se generan tablas que resumen la cantidad de datos recolectados, máximos y mínimos por parámetro, y el número de sitios monitoreados. Estas tablas se agrupan por cuenca y por período de tiempo.
- ✧ Los resúmenes permiten al equipo revisar rápidamente el estado del monitoreo y validar la cobertura de los sitios.

7 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

- ✧ Se crean gráficos automáticos para cada parámetro y cuenca. Estos gráficos muestran las tendencias en calidad de agua y facilitan la comunicación de resultados.
- ✧ Los gráficos se exportan en formato .png y se almacenan en el directorio de resultados, listos para su revisión y presentación.

Producción de Mapas y Análisis de Datos en QGIS

El uso de mapas geoespaciales es una herramienta fundamental en el Monitoreo Comunitario del Agua, ya que permite visualizar de manera clara y accesible los datos recolectados en campo. A través de QGIS, se pueden automatizar los procesos de cartografía, facilitando la generación de mapas detallados sin necesidad de crearlos manualmente uno por uno.

El análisis cartográfico en QGIS se complementa con un enfoque multinivel, permitiendo estudiar la calidad del agua desde dos perspectivas:

- ✧ **UNIDAD GEOGRÁFICA (POR ÁREA)**
Organización de la información según cuencas hidrográficas o zonas territoriales.
- ✧ **UNIDAD SOCIAL (POR COMUNIDAD)**
Organización del análisis con base en las comunidades y áreas organizacionales afectadas.

Cada uno de estos enfoques permite producir información clave para la gestión del agua, la identificación de patrones de contaminación y la comunicación efectiva con las comunidades.

METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE MAPAS EN QGIS

El proceso de producción de mapas en QGIS sigue una metodología estructurada que permite transformar datos de monitoreo en representaciones visuales listas para su uso en reportes y análisis.

La producción de mapas en QGIS se puede automatizar para simplificar el proceso, facilitando la visualización de datos geoespaciales. A continuación, se presenta una descripción general de la metodología utilizada, explicando los pasos necesarios de manera accesible para personas sin experiencia previa en la herramienta:

1 PREPARACIÓN DEL PROYECTO DE QGIS

- ✧ El primer paso es configurar un proyecto en QGIS que reúna tanto los datos geoespaciales (como puntos de monitoreo de calidad de agua) como un mapa base para la contextualización visual. Los mapas base, como Google Satellite, permiten ubicar geográficamente los datos sobre un contexto conocido. Para incluir este mapa base en QGIS, se requiere la conexión a fuentes de datos web mediante scripts específicos. Esta configuración inicial establece la base para la visualización de los datos.

2 APLICACIÓN DE ESTILOS

- ✧ Los estilos en QGIS representan visualmente los datos, como colores y símbolos, según criterios específicos. Por ejemplo, si un parámetro de calidad de agua como el arsénico supera un límite aceptable, se aplican colores diferentes para distinguir visualmente los valores que están por encima y por debajo de la norma. Estos estilos se configuran y luego se agrupan en lo que se llama **Map Themes**.

3 CREACIÓN DE TEMAS DE MAPA (MAP THEMES)

- ✧ Los **Map Themes** permiten guardar una combinación de capas y estilos para diferentes propósitos, como visualizar diferentes parámetros de calidad de agua. Cada Theme corresponde a una combinación específica de capas y estilos que se pueden seleccionar y utilizar en el compositor de mapas. Estos temas se generan de acuerdo a los archivos [atlas_themes.csv](#) y [minmax_themes.csv](#) creados previamente en R, y que contienen la lista de los parámetros a visualizar.

4 AUTOMATIZACIÓN CON LA FUNCIÓN DE ATLAS

- ✧ La función **Atlas** en QGIS permite la creación y exportación automática de mapas en serie basados en una capa de cobertura, como la ubicación de los puntos de monitoreo. Con Atlas, se pueden crear mapas individuales para cada punto o grupo de puntos, aplicando automáticamente el Theme correspondiente y generando una serie de mapas en base a los datos proporcionados.

Para que esto funcione, se debe configurar el compositor de mapas de QGIS y definir los parámetros del atlas en términos de capa de cobertura, estilos y rutas de exportación.

5 CONFIGURACIÓN DEL COMPOSITOR DE MAPAS

- ✧ Dentro del compositor de mapas se definen todos los elementos que formarán parte del diseño del mapa: título, leyenda, logo, fecha y el área de mapa propiamente dicha. Cada uno de estos elementos se ajusta para que su contenido se actualice automáticamente de acuerdo con la información contenida en los archivos de datos. Se especifica, por ejemplo, la expresión para el nombre de archivo de salida y la asignación de cada **Map Theme** según la capa de datos y el rango temporal correspondiente.

6 EXPORTACIÓN AUTOMÁTICA DE MAPAS

- ✧ Finalmente, al configurar el Atlas en QGIS, se puede exportar una serie completa de mapas en formato de imagen (como PNG) con una sola acción. Al establecer una resolución de 125 dpi, se logra un equilibrio entre calidad y tamaño de archivo. Este proceso permite obtener cientos o miles de mapas sin necesidad de generar cada uno manualmente, agilizando considerablemente el trabajo.

EL ANÁLISIS DE DATOS POR DISTINTAS UNIDADES DE ANÁLISIS

El procesamiento de la información de calidad del agua se organiza en dos niveles de análisis, cada uno con objetivos específicos y productos generados.

1 UNIDAD GEOGRÁFICA: ANÁLISIS POR ÁREA

- ✧ La unidad geográfica representa el nivel primario de análisis, donde se organiza la información del monitoreo de calidad del agua según áreas definidas, como cuencas hidrográficas. Este enfoque permite entender cómo se comporta la calidad del agua en un territorio más amplio, identificando tendencias y posibles fuentes de contaminación a nivel regional.

A partir del análisis del agua por área, se generan los siguientes productos:

- ✧ **Mapa general de puntos de monitoreo y mapas mensuales**, que muestran la distribución de las mediciones en la cuenca y su evolución en el tiempo.
- ✧ **Informe mensual de calidad del agua en la cuenca**, donde se presentan estadísticas y gráficos que ayudan a visualizar los cambios en la calidad del agua y los factores que pueden estar afectándola.

Este nivel de análisis permite tener una visión integral de la calidad del agua en la cuenca y facilita la identificación de patrones que pueden estar relacionados con factores ambientales o actividades humanas.

2 UNIDAD GEOGRÁFICA: ANÁLISIS POR ÁREA

- ✧ La unidad social organiza el análisis del agua en función de las comunidades y áreas organizacionales que dependen del recurso hídrico y pueden participar en la gestión y respuesta ante problemas de calidad del agua. Este enfoque busca generar información útil para la comunicación y acción local, asegurando que los datos sean comprensibles y aplicables en contextos específicos.

A partir del análisis del agua por sub-área, se obtienen los siguientes productos:

- ✧ **Mapas por comunidad**, que permite visualizar cómo la calidad del agua afecta directamente a cada comunidad o grupo de interés.
- ✧ **Mapa regional con efectos de calidad del agua en cada sub-área**, ayudando a entender cómo los problemas de calidad del agua impactan diferentes zonas dentro de la región.
- ✧ **Informe mensual de calidad del agua por sub-área**, que proporciona información detallada para cada comunidad, facilitando la toma de decisiones y la organización de acciones de respuesta.

Este enfoque descentralizado permite a las comunidades comprender mejor la situación de su agua y tomar medidas informadas para mejorar su calidad, promoviendo la gestión comunitaria del recurso.

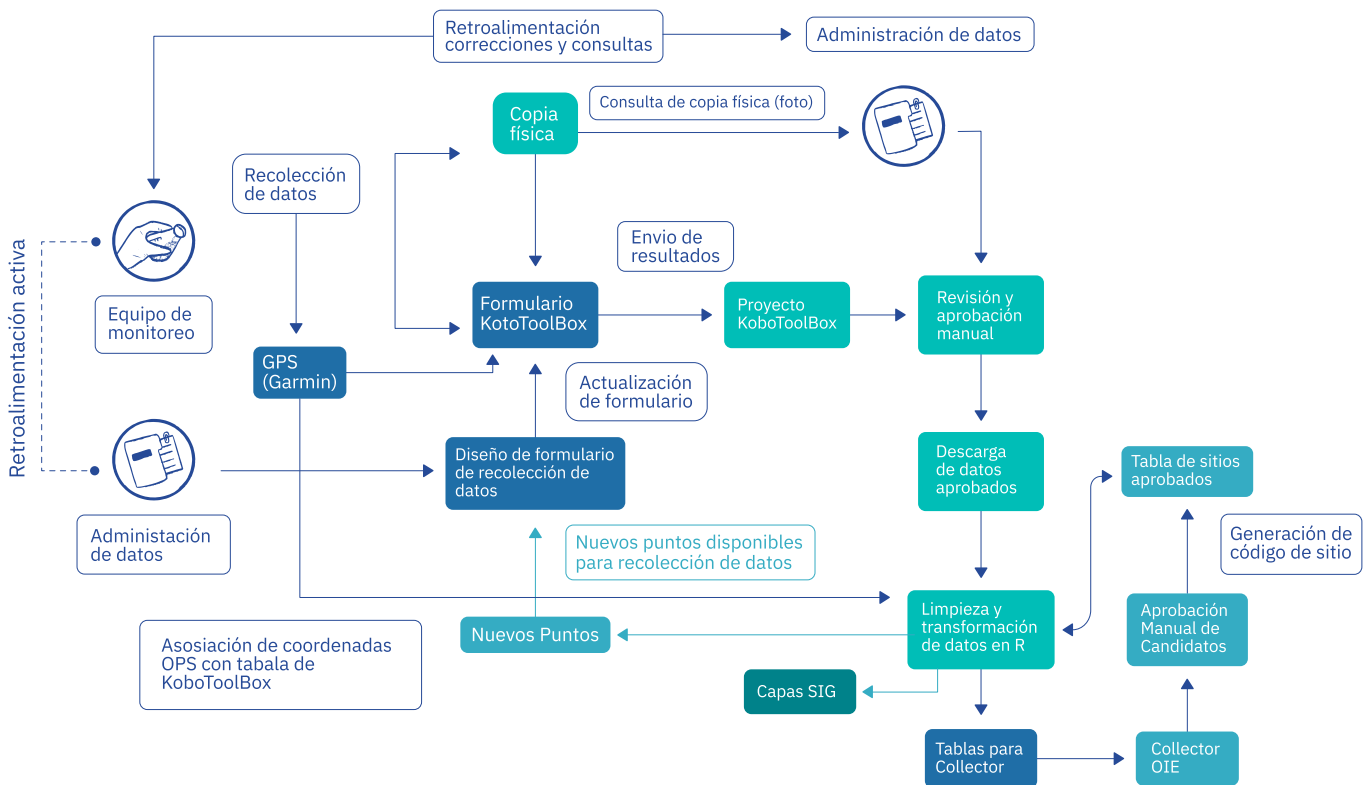
Visualización de datos y uso comunitario

Los datos procesados son presentados en diferentes formatos según su propósito:

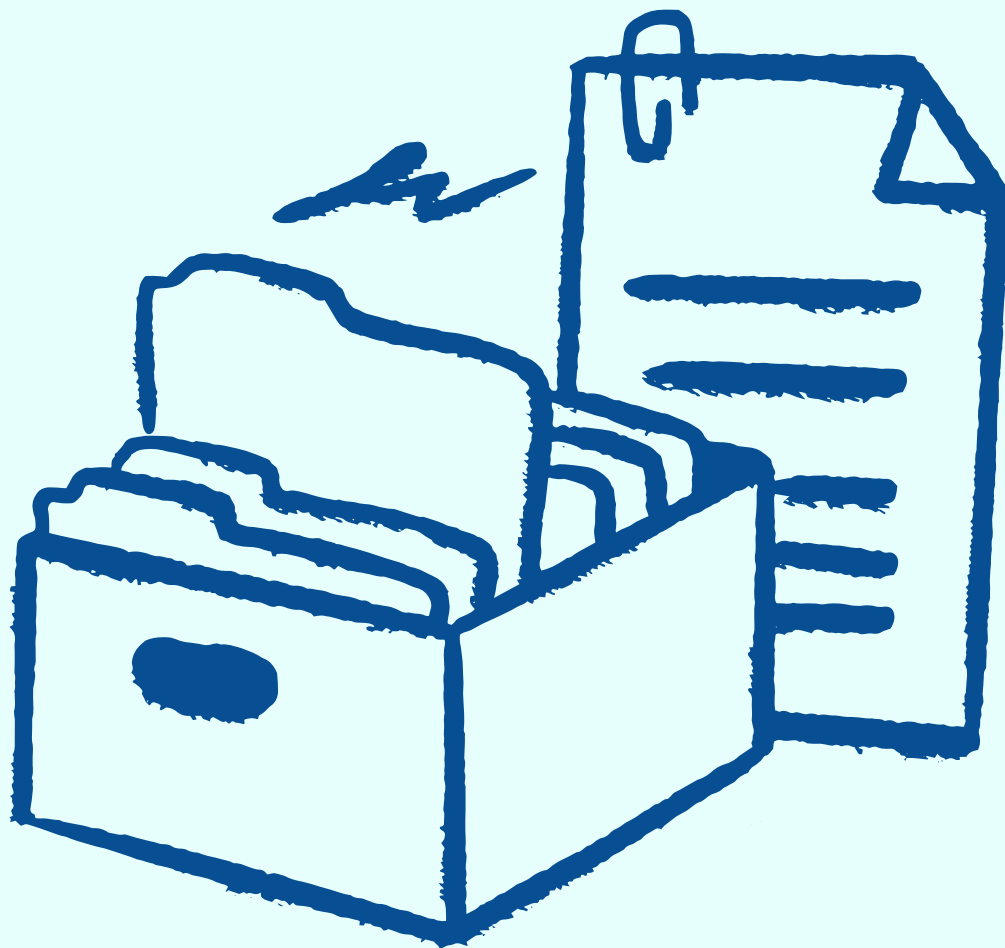
- ✦ **TABLAS Y GRÁFICOS :** Comparación de parámetros clave a lo largo del tiempo.
- ✦ **MAPAS GEORREFERENCIADOS:** Representación visual de la calidad del agua en distintos puntos de monitoreo.
- ✦ **REPORTES COMUNITARIOS:** Documentos accesibles que resumen los hallazgos y facilitan la comunicación con las comunidades.

Este flujo de datos garantiza que la información generada no solo sea técnica, sino que también sea **comprensible y útil para la acción comunitaria**, fortaleciendo la gestión y defensa del agua.

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO



Entrega y devolución de resultados de monitoreo comunitario



El monitoreo comunitario no solo consiste en la recolección de datos sobre la calidad del agua, sino también en la devolución de resultados a las comunidades que habitan y dependen de estos cuerpos de agua. Este compromiso asegura que la información generada sea accesible, comprensible y útil para la toma de decisiones locales.

Los científicos comunitarios juegan un papel clave en este proceso, ya que no solo participan en el monitoreo, sino que también reciben los datos ya procesados y visualizados, para compartirlos con sus comunidades. La devolución de resultados permite que las comunidades tengan herramientas concretas para defender sus derechos, proteger sus fuentes de agua y tomar medidas ante posibles riesgos ambientales.

La devolución de datos se realiza por equipos de monitoreo, para ofrecer un resumen detallado de los resultados del monitoreo de calidad del agua por periodos, cuencas y comunidades. Para la devolución se prepara un folleto que presenta información clave sobre los cuerpos de agua monitoreados y los principales hallazgos del análisis físico-químico, microbiológico y biológico.

1 DATOS GENERALES DEL MONITOREO

- ✧ **Número de sitios monitoreados mensualmente** por cada equipo de monitoreo.
- ✧ **Tipos de fuentes de agua monitoreadas** (nacimientos, ríos, pozos, lagunas, tanques, etc.).
- ✧ **Ubicación y nombre de cada punto de monitoreo**, incluyendo su referencia en el atlas comunitario.

2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Se presentan los valores registrados en cada sitio para los siguientes parámetros:

- ✧ **pH:** Indicador de acidez o alcalinidad del agua.
- ✧ **Conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales:** Reflejan la presencia de sales y minerales en el agua.
- ✧ **Turbidez:** Muestra la cantidad de partículas en suspensión.
- ✧ **Oxígeno disuelto:** Esencial para la vida acuática.
- ✧ **Arsénico:** Un contaminante crítico con riesgos para la salud.
- ✧ **E. coli:** Indicador de contaminación fecal y riesgos sanitarios.

Los resultados se comparan con los **límites máximos permisibles** establecidos en la norma guatemalteca **COGUANOR NTG 29001** para determinar si el agua es segura para el consumo y el ecosistema.

3 MONITOREO BIOLÓGICO

- ✧ Se incluyen los hallazgos del monitoreo de **macroinvertebrados acuáticos**, utilizados como **indicadores de calidad del agua**, relacionándolos con la calidad del hábitat y la biodiversidad presente en cada sitio.

Principales hallazgos y recomendaciones

Cada comunidad recibe un análisis de los hallazgos más relevantes del monitoreo, incluyendo:

- 1 Variaciones en pH:** Se identifican fluctuaciones que pueden afectar la biodiversidad y la potabilidad del agua.
- 2 Conductividad eléctrica y presencia de sólidos disueltos:** Se destacan puntos con alta mineralización, posiblemente debido a factores geológicos o actividades humanas.
- 3 Turbidez y lluvias:** Se documenta cómo las lluvias incrementan la turbidez y el arrastre de sedimentos contaminantes.
- 4 Niveles de arsénico en el agua:** Se identifican sitios con concentraciones superiores a los límites recomendados por la OMS, lo que representa un **riesgo para la salud**.
- 5 Contaminación microbiológica:** Se reportan sitios con **presencia de E. coli**, indicando riesgos sanitarios y la necesidad de tratamiento del agua antes del consumo.

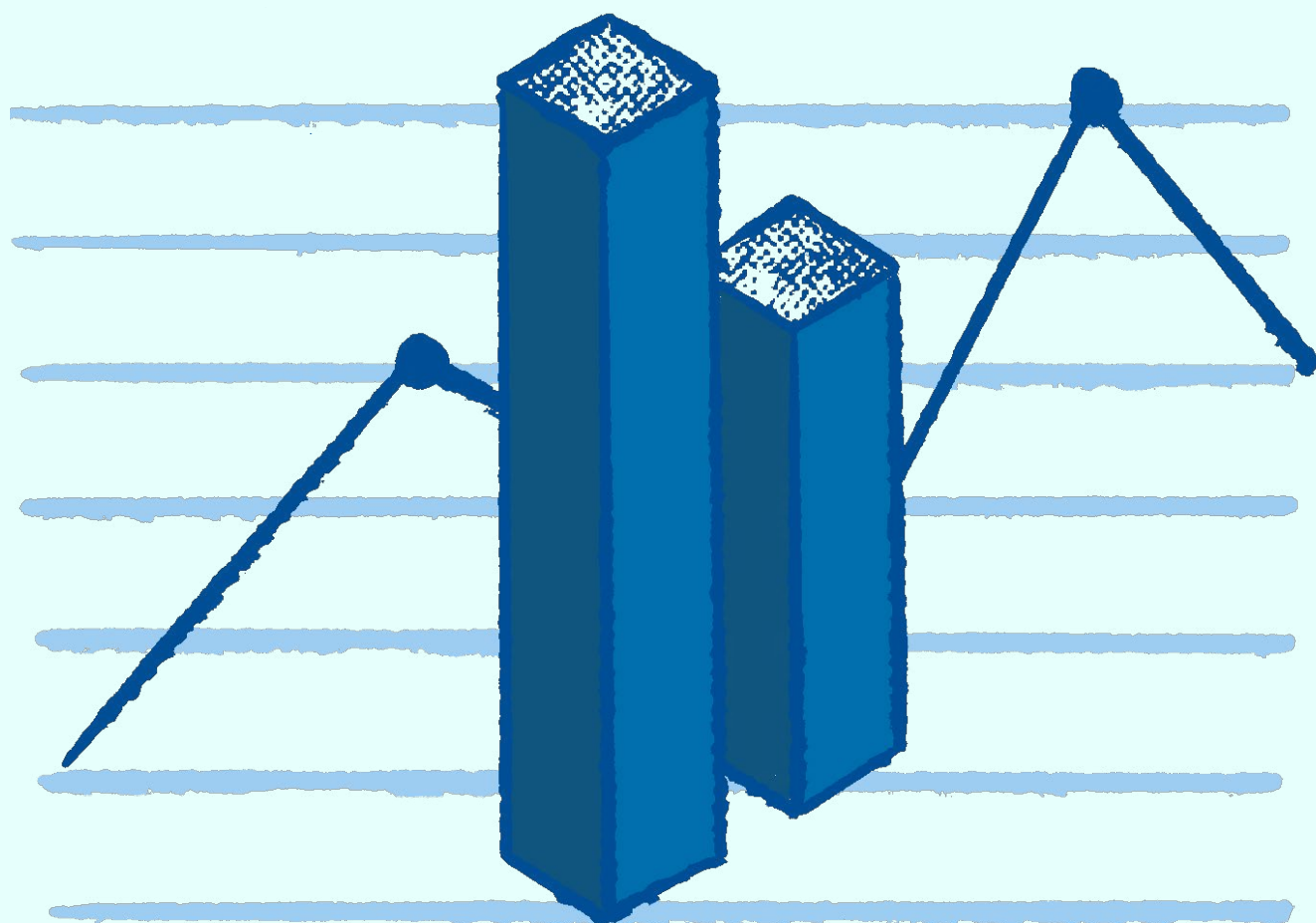
Importancia de la devolución de datos

Este proceso garantiza que las comunidades tengan acceso a información clara y útil sobre la calidad de su agua, permitiéndoles:

- ✧ **Tomar decisiones informadas** sobre el uso y protección de sus fuentes de agua.
- ✧ **Identificar tendencias y amenazas ambientales** en su territorio.
- ✧ **Exigir medidas de protección y mitigación** ante las autoridades.
- ✧ **Fortalecer la organización comunitaria** para la defensa del agua y el medio ambiente.

El monitoreo comunitario no solo documenta la calidad del agua, sino que se convierte en una herramienta de acción y justicia ambiental para las comunidades que dependen de estos recursos.

Anexos metodológicos



Plan Didáctico-Educativo para Científicos Comunitarios en Monitoreo del Agua

OBJETIVO GENERAL

Capacitar a científicos comunitarios en la metodología de monitoreo del agua, combinando conocimientos científicos y saberes comunitarios para la defensa del territorio y la gestión sostenible del recurso hídrico.

MÓDULOS DE FORMACIÓN

MÓDULO 1: INTRODUCCIÓN AL MONITOREO COMUNITARIO DEL AGUA

OBJETIVO: Comprender el propósito del monitoreo comunitario y su relevancia en la defensa del agua y el territorio.

TEMAS:

- ¿Qué es el monitoreo comunitario y para qué sirve?
- Importancia del agua en el territorio Xinka.
- Justicia ambiental y defensa de los bienes comunes.
- Principios del monitoreo comunitario

ACTIVIDADES:

- Foro de discusión sobre la importancia del agua en la comunidad.
- Mapeo participativo de las fuentes de agua locales.

MATERIALES:

- Cartografía de la cuenca, rotafolio, marcadores y el territorio.

MÓDULO 2: CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL AGUA

OBJETIVO: Comprender los principios básicos del ciclo hidrológico y la calidad del agua.

TEMAS:

- El ciclo del agua y la relación con las cuencas.
- Parámetros de calidad del agua (físico-químicos y biológicos).
- Fuentes y tipos de contaminación.

ACTIVIDADES:

- Demostraciones prácticas con modelos del ciclo del agua.
- Identificación de fuentes de contaminación en el territorio.

MATERIALES:

- Modelos del ciclo del agua, imágenes de fuentes de contaminación.

MÓDULO 3: METODOLOGÍA DE MONITOREO Y USO DE EQUIPOS

OBJETIVO: Aprender las técnicas de monitoreo de calidad y cantidad de agua.

TEMAS:

- Métodos de toma de muestra de agua.

- Uso de equipos (medidor de pH, turbidez, oxígeno disuelto, conductividad, ORP).
- Procedimientos de calibración y mantenimiento de equipos.
- Introducción a KoBoCollect para sistematización de datos.

ACTIVIDADES:

- Práctica de toma de muestras en campo.
- Simulación de uso de equipos con medición de parámetros.
- Introducción a la plataforma KoBoCollect y ejercicios de ingreso de datos.

MATERIALES:

- Equipos de medición, fichas técnicas, dispositivos móviles.

MÓDULO 4: MONITOREO BIOLÓGICO Y EVALUACIÓN DEL HÁBITAT

OBJETIVO: Identificar indicadores biológicos y evaluar la salud del ecosistema acuático.

TEMAS:

- Macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua.
- Métodos de recolección y análisis de macroinvertebrados.
- Evaluación rápida de calidad del hábitat.

ACTIVIDADES:

- Muestreo de macroinvertebrados en campo.
- Evaluación de calidad del hábitat con hojas de registro.

- Comparación de datos con índices de calidad de agua

MATERIALES:

- Redes en D, bandejas de análisis, guías de identificación

MÓDULO 5: SISTEMATIZACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE RESULTADOS

OBJETIVO: Aprender a analizar y comunicar los datos recopilados para la gestión comunitaria del agua.

TEMAS:

- Organización y análisis de datos de monitoreo.
- Producción de mapas en QGIS.
- Estrategias para la devolución de resultados a la comunidad.
- Uso de datos en la incidencia política y defensa territorial.

ACTIVIDADES:

- Taller de análisis de datos y elaboración de informes.
- Creación de mapas con datos de monitoreo.
- Simulación de presentación de resultados a la comunidad.

MATERIALES:

- Computadoras, software QGIS, formatos de informes

EVALUACIÓN Y CIERRE

OBJETIVO: Reflexionar sobre el proceso de aprendizaje y fortalecer la articulación comunitaria.

ACTIVIDADES:

- Evaluación de conocimientos adquiridos mediante ejercicios prácticos.
- Elaboración de compromisos individuales y colectivos para la continuidad del monitoreo.
- Círculo de diálogo sobre aprendizajes y desafíos.

MATERIALES:

- Encuestas, fichas de autoevaluación, rotafolios.

RESULTADOS ESPERADOS

- ✓ Científicos comunitarios capacitados en monitoreo del agua.
- ✓ Fortalecimiento de la vigilancia y defensa del territorio.
- ✓ Generación de datos confiables para la toma de decisiones.
- ✓ Empoderamiento de la comunidad en la gestión del agua.

CUADRO DE RESUMEN PLAN DIDÁCTICO-EDUCATIVO

Módulo	Objetivo	Temas principales	Actividades clave
1 Introducción al Monitoreo Comunitario del Agua	Comprender el propósito del monitoreo comunitario y su relevancia en la defensa del agua y el territorio.	Defensa del agua y territorio, principios del monitoreo comunitario.	Foro de discusión, mapeo participativo.
2 Conceptos Fundamentales del Agua	Comprender los principios básicos del ciclo hidrológico y la calidad del agua.	Ciclo del agua, calidad y contaminación del agua.	Demostraciones del ciclo del agua, identificación de fuentes de contaminación.
3 Metodología de monitoreo y uso de equipos	Aprender las técnicas de monitoreo de calidad y cantidad de agua.	Toma de muestras, uso de equipos, calibración, KoBoCollect.	Prácticas de toma de muestras, uso de equipos, ejercicios en KoBoCollect.
4 Monitoreo biológico y evaluación del hábitat	Identificar indicadores biológicos y evaluar la salud del ecosistema acuático.	Bioindicadores, macroinvertebrados, evaluación del hábitat.	Muestreo de macroinvertebrados, evaluación del hábitat.
5 Sistematización y devolución de resultados	Aprender a analizar y comunicar los datos recopilados para la gestión comunitaria del agua.	Análisis de datos, mapas en QGIS, devolución de resultados.	Taller de análisis de datos, elaboración de informes, simulación de presentación.
Evaluación y cierre	Aprender a analizar y comunicar los datos recopilados para la gestión comunitaria del agua.	Evaluación de aprendizajes, compromisos comunitarios.	Evaluación práctica, círculo de diálogo.

EQUIPO Y SOLUCIONES NECESARIAS PARA MONITOREO

Equipo	Parametro	Soluciones/reactivos	Instructivos/Especificaciones
Sonda de pH, CE, TDS de rango bajo (HI98129)	pH	HI 7004L Solución de calibración pH 4.01 HI 7007L Solución de calibración pH 7.01	https://hannachile.com/mwdownloads/download/link/id/1221
	Conductividad Eléctrica	HI 7031M Solución de Calibración de Conductividad 1413 μ S/cm	
	Sólidos disueltos totales	Solución de Almacenamiento de Electrodo (230 ml) - HI70300M	
Medidor de turbidez (860040)	Turbidez	Turbidity Calibration Solution 0 NTU y 100 NTU	https://sperdirect.com/products/turbidity-meter
Medio de cloro (CL200)	Cloro	Tableta de reactivo	http://www.extech.com/products/resources/CL200_UM-es.pdf
Aquagenx® CBT EC+TC	E.Coli	Linterna UV Azul	https://www.aquagenx.com/wp-content/uploads/2020/05/Spanish-MPN-CBT-ECTC-Instructions-DrinkingWater-May2020-_FCA_H%C3%A9ctor.pdf
Medidor de pH/ORP/ISE portátil impermeable profesional	ORP (Potencial de oxido reducción)	HI 7020L Test Solution 200-275 mV, 500 mL bottle HI 7021L Test Solution 240 mV, 500 mL bottle HI 7022L Test Solution 470 mV, 500 mL bottle	https://www.hannacolombia.com/products/product/1589/pdf

Equipo	Parametro	Soluciones/reactivos	Instructivos/Especificaciones
Medidor portátil impermeable de oxígeno disuelto y DBO	Oxígeno disuelto	HI7040L Solución cero oxígeno HI7041S Solución electrolítica de relleno (30 mL)	https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2019/05/Manual_HI98193.pdf
Medidor portátil impermeable de EC/ TDS/resistividad/ salinidad	Resistividad		https://www.hannacolombia.com/products/product/1591/pdf
	Salinidad	HI7037 calibration solution (seawater solution) as a 100% NaCl standard solution.	
Prueba rápida de arsénico Econo II (n.º de pieza 481304)	Arsénico	Reactivos 1, 2 y 3	https://sensafe.com/content/481304.pdf?ga=2.255283208.1072447395.1644281929-340193138.1633450508

FORMATO DE ENTREGA DE RESULTADOS



Observatorio de
Industrias
Extractivas



Laboratorio
Comunitario del agua

Resultados

Municipio:

Comunidad:

Departamento:

Nombre del cuerpo de agua:

Fecha de recolección de datos:

Tipo de cuerpo de agua:

Hora de recolección de datos:

Código de la muestra:

Latitud:

Administradores:

Longitud:

Equipo de monitoreo:

Altitud:

Descripción de la prueba	Resultado	Unidades	Intervalo de referencia COGUANOR 29001
FÍSICAS			
pH		Unidades de pH	(LMA) Límite Máximo Aceptable 7-7.5 (LMP) Límite Máximo Permisible 6.5-8.5
Temperatura		°C	(LMA) Límite Máximo Aceptable 15-25 (LMP) Límite Máximo Permisible 34
Oxígeno Disuelto		mg/L	Sin Norma
QUÍMICAS			
Conductividad Eléctrica		µs/cm	(LMA) Límite Máximo Aceptable 750 (LMP) Límite Máximo Permisible 1500
Sólidos totales disueltos		mg/L	(LMA) Límite Máximo Aceptable 500.0 (LMP) Límite Máximo Permisible 1000.0
Turbiedad		NTU	(LMA) Límite Máximo Aceptable 5 (LMP) Límite Máximo Permisible 15
Arsénico		Ppb	(LMP) Límite Máximo Permisible 10
Potencial de Óxido-Reducción (ORP)		mg/L	(LMP) Límite Máximo Permisible 10
MICROBIOLÓGICAS			
Ecoli		NMP/100 ml	≥1

Metodología de Mapeo inicial de monitoreo comunitario

PRIMERA ETAPA

PASO 1: CONVOCATORIA (10 PERSONAS MÁXIMO):

- ✧ Convocar a un grupo de personas de varias edades con representación de jóvenes y mujeres en un espacio de trabajo en conjunto, contarles el rol que los científicos comunitarios tienen y explicarles su trabajo de monitoreo y reportaje comunitario. Explicarles la metodología de elaboración del mapa y del posterior recorrido.
- ¿Cuándo se va a llevar a cabo el diagnóstico y cuánto tardará?

PASO 2: PREPARACIÓN PARA EL TRABAJO EN GRUPO:

- ✧ Explicar el protocolo de pandemia: que todos los participantes utilicen mascarilla y que haya un encargado de dibujar lo que los participantes van indicando en el mapa.
- ✧ **En uno de los papelógrafos definir qué se va a identificar:**
 - Definir el límite y escala del mapa base: definir las comunidades que se van a incluir en el mapeo y colocar los puntos de referencia que sean los más conocidos entre todo el grupo.

- Definir una leyenda de los marcadores del mapa: por ejemplo, los ríos se van a identificar con una línea azul. Esto te puede ayudar a saber qué marcadores son importantes de identificar.

PASO 3: IDENTIFICAR MARCADORES:

✧ **Identificar lugares importantes para la comunidad:**

- Casas
- Escuelas
- Caminos principales
- Veredas, caminos de herradura, caminos peatonales

✧ **Agregar marcadores geográficos importantes, como:**

- Montañas y volcanes
- Recursos hídricos:
- Lagos
- Cascadas,
- Ríos y quebradas
- Indicar con flechas la dirección del drenaje
- Usar colores diferentes para las fuentes permanentes y las que se secan durante la estación seca.
- Nacimientos
- Agregar otros marcadores que consideren importantes, sociales o naturales

✧ **Identificar fuentes de agua importantes para consumo, y otros usos que tengan**

- ¿Cuáles de los recursos hídricos son utilizados para consumo humano?
- ¿Cuáles de los recursos podrían satisfacer las necesidades de consumo en el futuro?
- ¿Qué otros usos de agua son importantes en el territorio? (cultivos, industrias, etc.)

✧ **Identificar los actores importantes en el tema de manejo de agua en su comunidad**

- ¿Quiénes son los que cuidan de las fuentes de consumo?
- ¿Cómo cuidan de estas fuentes?
- ¿Cuáles son sus principales retos?

✧ **Identificar amenazas, riesgos y focos de contaminación**

- ¿Cuáles son las principales amenazas?
¿En donde hay deforestación?
- ¿Hay plantaciones que utilizan agroquímicos cerca de las fuentes de agua?
- ¿Existen desagües y basureros clandestinos?

✧ **Identificar recursos naturales importantes para los medios de vida de la comunidad**

- ¿Cuáles son los recursos más importantes? (especies de animales, plantas, fuentes de agua), ¿De qué forma son importantes para los medios de vida?

PASO 4: DOCUMENTAR LA ACTIVIDAD:

- ✧ Tomar fotos, y registro de los participantes (nombre, edad, género, contacto).

PASO 5: CIERRE DE LA ACTIVIDAD

- ✧ Agradecer a todos por participar, volver a recordar el propósito del mapeo, invitar a la segunda etapa y acordar con los participantes la devolución de información al finalizar el proceso del mapeo.

SEGUNDA ETAPA

- ✧ **Materiales:** Mapa comunitario hecho en la primera etapa, GPS, fichas para añadir al inventario las fuentes de agua, kit de monitoreo y cuaderno para notas.

PASO 1 : CONFORMAR EL EQUIPO PARA EL RECORRIDO (3-5 PERSONAS) :

- ✧ Conformar un equipo de monitoreo comunitario local, con actores interesados que acompañen el recorrido. Pueden ser personas que apoyaron en la construcción del mapa comunitario, y fontaneros o líderes comunitarios. Asegurarse de que todos los que participen en el recorrido se encuentren en disponibilidad de caminar hacia los ríos y/o nacimientos.

PASO 2 : ITINERARIO DEL RECORRIDO :

- ✧ Planificar con actores como fontaneros, comités de agua o encargados de la misma el recorrido de las principales fuentes de agua para consumo y otros usos importantes (se pueden obtener de los mapas de la primera etapa).
 - Definir cuáles de los recursos hídricos identificados en la primera etapa se van visitar.
 - Definir una ruta que pueda incorporar a varios de estos recursos.
 - Contactar con anterioridad a las personas encargadas, si es que los hay, para avisar de la intención de la visita.

PASO 3 : RECORRIDO

- ✧ Realizar un recorrido con actores interesados para hacer un inventario de fuentes de agua importantes

Para cada fuente de agua visitada:

- Tomar las coordenadas de GPS para su geolocalización.
- Llenar una ficha básica para hacer el inventario,
- Hacer una breve entrevista si es posible, y tomar parámetros básicos de calidad y cantidad de agua.

- ✧ Registrar con el GPS el recorrido.
- ✧ Tomar fotos de los puntos visitados y otros lugares importantes en el recorrido (ejemplo: veredas, focos de contaminación, plantaciones).

PASO 4 : SISTEMATIZACIÓN

- ✧ Sistematizar los resultados enviando las fotos, las fichas de registro y los puntos del GPS al equipo para poder trasladarlo a un mapa digital.
- ✧ Digitalización de mapa.
- ✧ Envío de mapa a comunitarios para su revisión en conjunto.
- ✧ Resumen de resultados.

TERCERA ETAPA

- ✳ **Devolución de información:** Repartir y explicar el mapa con los actores que participaron y otros miembros de la comunidad interesados. El mapa puede ser de utilidad para gestionar los recursos hídricos a nivel comunitario.
 - Identificar si hay alguna cartelera comunitaria en donde colocar el mapa para que todos puedan verlo.
 - Compartirlo por medios digitales como whatsapp

Sobre los parámetros para compartir en devoluciones

SOBRE LOS PARÁMETROS MEDIDOS

PH

El pH es una propiedad natural del agua. El pH se define en una escala logarítmica de 1 (lo más ácido) a 7 (neutro) a 14 (lo más básico). El pH se basa en la concentración de iones hidrógeno en solución. Así mismo, no es un contaminante, pero cuando el pH está fuera del rango recomendado, posee un riesgo para la salud humana y la ecología natural. Una medición de pH fuera de rango recomendado puede indicar un riesgo aumentado de la presencia de contaminantes adicionales en formas más riesgosas a la vida.

✳ RIESGOS HUMANOS

Valores de pH más altos que 11 y menor a 4 pueden causar irritación y una sensación de ardor en los ojos y la piel de humanos. Un pH menor a 2.5 causa daño irreversible a los órganos incluyendo la piel. En niveles bajos ciertos metales tóxicos son más volátiles en el agua. Cuando el pH supera 8, la desinfección de agua con cloro es inútil. Niveles de pH extremo pueden dañar la infraestructura, como tubería. Esto puede lixiviar metales desde la tubería al agua.

RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Cambios de pH más allá de los límites normales, pueden resultar en la muerte de organismos acuáticos. Los niveles de pH también afectan la solubilidad de químicos y metales en agua causando estrés ecológico.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica la presencia de sólidos disueltos (ionizados) en agua incluyendo sales, usualmente a una temperatura estándar de 25°C. La conductividad eléctrica a veces se usa como un sustituto de sólidos disueltos totales y así determinar las sales totales contenidas en el agua. La conductividad eléctrica se afecta por la geología, así como la disolución de rocas, barro y tierra que contienen minerales en los arroyos. La alta conductividad eléctrica no necesariamente es un riesgo para la salud humana, pero puede causar un sabor metálico/mineral en el agua potable el cual no es deseable. Más importante, la alta conductividad y el agua corrosiva pueden degradar la infraestructura y/o la geología natural, liberando así, contaminantes posiblemente perjudiciales al medio ambiente.

✧ RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

La conductividad eléctrica puede indicar niveles de sal en agua. Cuando la salinidad aumenta, el oxígeno disuelto baja. Los organismos acuáticos de agua dulce no pueden tolerar niveles altos de salinidad y reducción de oxígeno disuelto durante periodos extendidos de tiempo.

Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales consisten en la suma de todas las partículas ionizadas superiores a 0.0002 cm en una muestra de agua, incluyendo las sales y el material orgánico disuelto. Los sólidos disueltos totales se derivan de la conductividad eléctrica, entonces algunas agencias crean estándares sólo para una. Los sólidos disueltos totales tal como la conductividad eléctrica, se afectan por la geología y descargas antropogénicas- En agua limpia, pero no usada como agua potable, los sólidos disueltos totales son iguales a los niveles de salinidad. En aguas residuales o en áreas con mucha contaminación, los sólidos disueltos totales incluyen solutos orgánicos (como hidrocarburo y urea) tal como iones de sal.

Fuente: Fundamentals of environmental measurements- Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids.

✧ RIESGOS HUMANOS

Los sólidos disueltos totales afectan el sabor del agua.

✧ RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Los sólidos disueltos totales pueden afectar la densidad celular en organismos acuáticos. Altos niveles de sólidos disueltos totales

causan reducción de tamaño de células, afectando el movimiento y flotación normal de organismos acuáticos. Cambios drásticos y agudos a los niveles de sólidos disueltos totales pueden resultar en matanzas de peces menos adaptables.

E.coli

La prueba de E.coli se realizó con bolsas de 5 compartimientos de Aquagenx. E. coli es una bacteria natural que indica contaminación fecal y tiene el potencial de causar enfermedades gastrointestinales. Generalmente, si el agua contiene E. coli, se recomienda hervir el agua durante 1 a 3 minutos, dependiendo de la elevación, antes de usarla para inactivar los patógenos.

✧ RIESGOS HUMANOS

El grupo de bacterias coliformes se encuentran naturalmente en plantas, agua y tierra. E.coli es parte de este grupo. Los coliformes también están presentes en el tracto digestivo y heces de humanos y animales. Muchas veces, las bacterias no son perjudiciales. Los coliformes se usan como un indicador de contaminación de tierra o heces en agua potable. Una prueba positiva significa posible contaminación y un riesgo de padecer enfermedades transmitidas por el agua. Una prueba positiva de coliformes totales requiere de la realización de más pruebas para coliformes fecales y E.coli. Una prueba positiva confirmada para coliformes fecales y E.coli significa que es necesario tomar acciones. Algunas cepas específicas de E.coli producen toxinas que causan enfermedades severas. Entre los síntomas incluyen: diarrea, calambres abdominales, dolor de estómago, náuseas y vómitos, los cuales se presentan 1-4 días después de la exposición.

Fuente: US CDC

✧ RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Las bacterias coliformes pueden causar enfermedades en animales, incluyendo a los perros. Los animales son transmisores importantes de coliformes, específicamente E.coli, a través de sus heces.

Arsénico

Para medir el arsénico se utilizó el Rapid Arsenic Test Kit#481304 por Industrial Test System.

✧ RIESGOS HUMANOS

El arsénico puede entrar al cuerpo humano por contacto directo con la piel, ingestión, y/o inhalación. Niveles de arsénico inorgánico desde 0.0003-0.03 mg/L en el agua pueden causar irritación en el estómago e intestino, con síntomas que incluyen: dolor, náuseas, vómito y diarrea; también otros síntomas como fatiga, taquicardia, daño a los vasos sanguíneos resultando en moretones, función anormal de los nervios causando sensación de hormigueo en las manos y pies. El efecto a largo plazo más común de la exposición oral, es un patrón de cambios de color de la piel, incluyendo áreas de piel oscurecida y la aparición de callos o verrugas pequeñas en las palmas de la, planta del pie y torso. La ingestión de arsénico aumenta el riesgo de cáncer en el hígado, pulmones y piel. La inhalación aguda de arsénico inorgánico (nivel exacto desconocido, probablemente más de 0.0001 mg/L) probablemente causará irritación en la garganta y pulmones. La exposición prolongada a concentraciones bajas pueden causar irritación de la piel y desórdenes del sistema nervioso. Algunos datos sugieren que la inhalación puede interferir con el desarrollo fetal. Asimismo

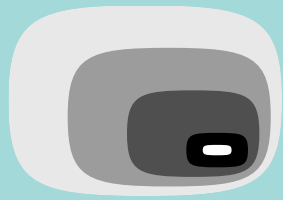
la inhalación de arsénico puede aumentar el riesgo de cáncer en los pulmones.

Fuente: US ATSDR

✧ RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

El arsénico se puede bioacumular en el hígado y riñones de organismos de vida acuática, incluyendo peces; resultando en la disfunción de enzimas y del sistema inmunológico, causando diversas enfermedades. La exposición aguda de 5-15 mg/L puede causar la muerte dentro de las primeras 48 horas para ciertas especies de peces. El arsénico también se bioacumula en plantas y se puede transmitir al ser humano cuando se consume.

Fuente: Kumari, B.; Kumar, V.; Sinha, A.K.; Ahsan, J.; Ghosh, A.K.; Wang, H.; De Boeck, G. (2017). Toxicology of arsenic in fish and aquatic systems. Environ. Chem. Lett. 15(1): 43-64.



Observatorio ^{de}
Industrias
Extractivas