



GUÍA DE INTERPRETACIÓN

De análisis fisicoquímicos para el Programa de Bandera Azul (PBAE): Categoría Microcuencas

Natalia Gamboa Alpízar



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

GOBIERNO
DE COSTA RICA

SISTEMA NACIONAL DE
ÁREAS DE CONSERVACIÓN



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALICANTARILLADOS



Universidad
Técnica Nacional



Trabajo Comunal Universitario



Alianza Nacional
Ríos y Cuencas de Costa Rica



Organización para Estudios Tropicales



Transición hacia una
economía
verde urbana

Transición hacia una
economía
verde urbana



gef



PNUD

Créditos

José Vicente Troya Rodríguez

Representante Residente, Programa de Naciones Unidas para Desarrollo (PNUD).

Kifah Sasa Marín

Representante Residente Adjunto, Programa de Naciones Unidas para Desarrollo (PNUD).

Autores

Natalia Gamboa Alpízar, Ingeniera Ambiental.

Comité Editorial de PNUD

José Daniel Estrada, Especialista en Monitoreo y Evaluación.

Rafaella Sánchez Mora, Especialista en Género.

Charleene Cortez Sosa, Especialista en Gestión de Conocimiento.

Glomara Iglesias, Especialista en Comunicación.

Diseño y diagramación

Marvin Rojas Díaz

Está autorizada la reproducción total o parcial de esta publicación con propósitos educativos y sin fines de lucro, siempre que se utilice la referencia respectiva. Para el uso no se requiere ningún permiso especial del titular de los derechos. Este material se encuentra disponible en <https://pnud-conocimiento.cr>.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] 2024. Guía de Interpretación de análisis fisicoquímicos para el Programa de Bandera Azul: Categoría Microcuencas. Costa Rica.

Web PNUD: <https://www.undp.org/costa-rica>

Email: registry.cr@undp.org / comunicaciones.cr@undp.org

Web TEVU: <https://www.tevucr.org>

Email: info@tevucr.org

Derechos de propiedad intelectual:

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD-Costa Rica)

© 2024

Impreso en Costa Rica.

CR 551.48

G 001.4

Gamboa Alpízar, Natalia 1987- autor(a)

Guía de interpretación de análisis fisicoquímicos para el Programa de Bandera Azul (PBAE) : Categoría Microcuencas [recurso electrónico] / Natalia Gamboa Alpízar – Primera edición – San José, Costa Rica : Programa de las Naciones Unidas, 2024.

1 recurso en línea (xxi, 27 páginas) : pdf ; 9.6 Mb

ISBN 978-9968-794-74-9

1. Análisis fisicoquímicos. 2. Microcuencas. 3. Bandera Azul . 4 Guía interpretación. 5. Agua . 6. Microbiología . 7. Medio Ambiente . II. Título.

Contenido

Índice de cuadros.....	4
Índice de figuras.....	4
Presentación.....	5
Introducción.....	6
¿Qué dicen los resultados de los análisis de calidad del agua?.....	7
1.Color Aparente Pt.Co.	9
1.1. ¿Qué nos dice este parámetro?.....	10
1.2. ¿Por qué es importante monitorear el color aparente?	11
2.Conductividad us/cm:.....	11
2.1. ¿Qué nos dice este parámetro?	11
2.2. ¿Por qué es importante conocer la CE en los ríos y nacientes?.....	12
3.Temperatura °C:.....	13
3.1. ¿Qué efectos tienen los cambios de la temperatura del agua?.....	13
3.2. ¿Por qué es importante conocer la temperatura en los ríos y nacientes?	13
4.pH:	14
4.1. ¿Qué nos dice este parámetro?	14
4.2. ¿Por qué es importante conocer el pH en los ríos y nacientes?	15
4.3. ¿Qué puede alterar el pH en el agua?	15
5.Turbidez UNT.....	16
5.1. ¿Qué nos dice este parámetro?.....	16
5.2. ¿Por qué es importante conocer la turbidez en los ríos y nacientes?.....	17
6. Coliformes fecales.....	17
6.1. ¿Qué nos dice este parámetro?.....	17
6.2. ¿Por qué es importante conocer sobre la presencia de coliformes fecales en los ríos y nacientes?	19
6.3. ¿Cómo llegan los coliformes fecales a los ríos, nacientes y fuentes de agua?.....	19
7. Valor de Índice Biológico o BMWP-CR.....	21
7.1. ¿Qué es un macroinvertebrado bentónico?.....	21
7.2. ¿Qué nos dice el Índice Biológico o BMWP-CR?.....	21
Reflexiones finales	23
Referencias.....	24

Índice de cuadros

Cuadro 1. Color aparente según la clasificación del uso de cuerpos de agua según el Decreto 33903.....	10
Cuadro 2. Ejemplo de rangos de conductividad en aguas naturales.....	12
Cuadro 3. Relación de Sólidos Disueltos Totales (SDT) y la conductividad eléctrica (CE) para usos agrícolas del cuerpo de agua.....	12
Cuadro 4. Valores de turbiedad según la clasificación del uso de cuerpos de agua según el Decreto 33903.....	17
Cuadro 5. Nivel de coliformes fecales según la clasificación del uso de cuerpos de agua según el Decreto 33903.....	18
Cuadro 6. Clasificación de la Calidad del Agua en Función del Puntaje Total Obtenidos en el análisis del índice biológico según el Decreto 33903.....	22

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de informe del resultado del análisis microbiológico y fisicoquímico para una organización inscrita en el PBAE categoría microcuenca.....	8
Figura 2. Ejemplos de cuerpos de agua con materia orgánica que pueden generar color en el agua.....	2
Figura 3. Unidades de Color Hazen (U Pt-Co).....	9
Figura 4. Toro Amarillo.....	10
Figura 5. Ejemplo de contaminación de aguas residuales en el afluente Salitrillos, Río Torres.....	10
Figura 6. Relación de la conductividad con el ecosistema del cuerpo de agua.....	11
Figura 7. Relación de las moléculas de agua en el pH del agua.....	14
Figura 8. Escala de pH.....	15
Figura 9. Ejemplos de a) Sedimentación y b) Filtración.....	16
Figura 10. Factores que interfieren con la turbidez en el agua.....	16
Figura 11. Imagen de Coliformes.....	18
Figura 12. Ejemplo de placa Petri con colonias de coliformes.....	18
Figura 13. Ejemplos de fuentes de contaminación de coliformes en ríos y nacientes.....	19
Figura 14. Ejemplo de macroinvertebrados bentónicos.....	21

Presentación

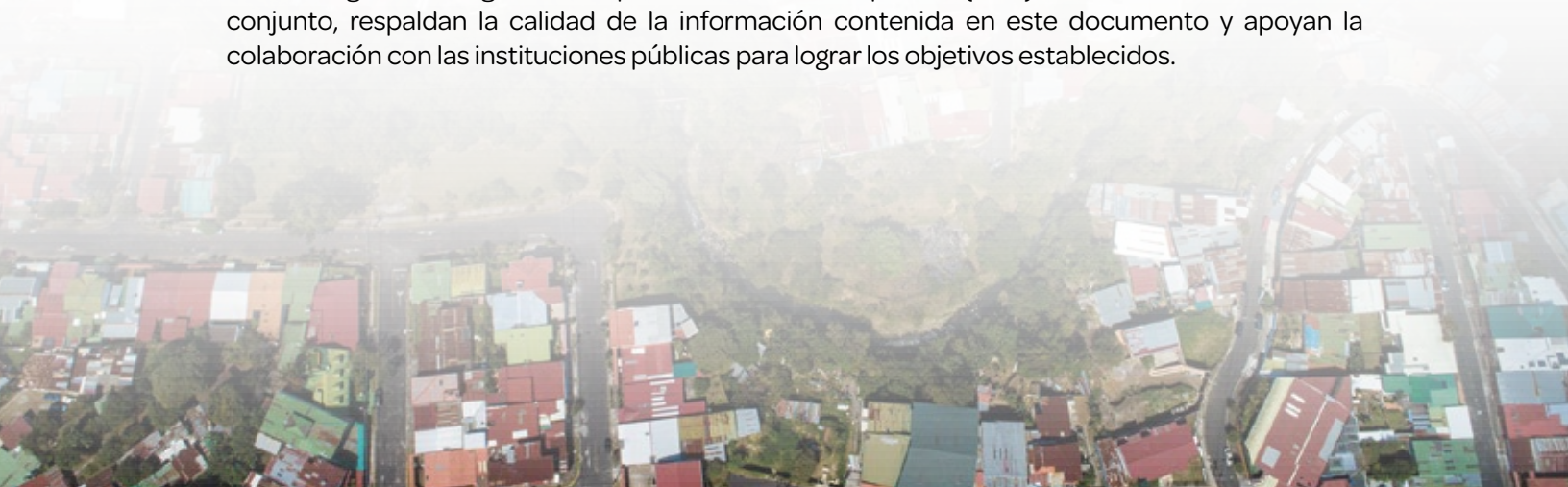
La siguiente guía es un esfuerzo entre organizaciones para dotar de una herramienta que facilite a las personas representantes de los Observatorios Ciudadanos del Agua (OCA) la interpretación de los análisis de calidad de aguas superficiales realizados por el Laboratorio Nacional de Agua del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (LNA- AyA), específicamente para el entendimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Además, se desarrolló la Guía de Identificación de Macroinvertebrados Acuáticos Indicadores de calidad del agua en quebradas y ríos de Costa Rica que complementa el conocimiento, con enfoque de ciencia ciudadana, para el monitoreo de los cuerpos de agua y la comprensión de los resultados del análisis biológico de las aguas superficiales por el índice biológico o BMWP-CR.

Las entidades colaboradoras en el desarrollo de la herramienta incluyeron a la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica (ANRCCR), la Universidad Técnica Nacional (UTN), el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y el proyecto Transición hacia una Economía Verde Urbana (TEVU).

Agradecemos por el apoyo en la conceptualización y revisión de la guía a: Ricardo Valverde Sanchez y Jonathan Navarro Picado de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica; Andrés Astorga Agüero, ex-coordinador del Comité de la Categoría Microcuenca del Programa Bandera Azul Ecológica; Ernesto Alfaro Arrieta, del departamento de Biología y Microbiología de Aguas Residuales del Laboratorio Nacional de Aguas; Ana Lorena Salmerón Alpízar, docente de la Universidad Técnica Nacional y voluntaria de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica; Maureen Arguedas Marín, Coordinadora del Programa Nacional del Manejo del Recurso Hídrico y Cuencas Hidrográficas y Jorge Picado Barboza, Biólogo del Proyecto Transición hacia una Economía Verde Urbana (TEVU).

Se sugiere por parte del par evaluador: La elaboración de este documento está siendo acompañada por el proyecto Transición hacia una Economía Verde Urbana (TEVU), financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés). En este marco, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) actúa como garante del cumplimiento de los resultados comprometidos por el gobierno de Costa Rica. La implementación del proyecto está a cargo de la Organización para los Estudios Tropicales (OET). Todas estas entidades, en conjunto, respaldan la calidad de la información contenida en este documento y apoyan la colaboración con las instituciones públicas para lograr los objetivos establecidos.



Introducción

El Programa Bandera Azul Ecológica (PBAE) nació en 1995 por el esfuerzo de las personas que lideraban el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA, y entró en vigor en enero del año 1996. La primera categoría fue “Playas” con el fin de organizar impulsar el desarrollo sostenible de las costas. Durante los años fueron integrándose nuevas categorías y en el periodo 2006-2010, durante la administración del Dr. Oscar Arias Sánchez, se creó la quinta categoría “Microcuencas Hidrológicas”. La cuál está enfocadas a la protección de los bosques y de los ríos y quebradas (Laboratorio Nacional de Aguas, 2023).

El Programa de Microcuenca tiene como objetivo establecer un incentivo que fomente la participación responsable de individuos y comunidades en la conservación, rehabilitación y protección de las microcuencas a nivel nacional. Los comités pueden abarcar diversas categorías, como ríos, quebradas, lagos o manantiales, según lo especificado por la Alianza Nacional Ríos y Cuencas (s.f.).

En el marco del Programa de Manejo de Microcuencas (PBAE Microcuencas), se promueve la gestión del agua por medio de un diagnóstico biológico realizado por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), que analiza parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Sin embargo, se ha identificado una necesidad en el programa, ya que algunos participantes y la Oficina de Coordinación y Apoyo a la Sociedad (OCAS) carecen de conocimientos para interpretar los resultados y desarrollar estrategias efectivas para la recuperación de los ríos y cuerpos de agua bajo su responsabilidad. En este contexto, el Programa de Microcuenca busca establecer incentivos para la participación responsable en la conservación, rehabilitación y protección de estas áreas. A través de la formación y el apoyo a comités dedicados a diferentes categorías, como ríos, quebradas, lagos o manantiales, se busca fortalecer la capacidad de interpretación de datos y promover acciones concretas para mejorar la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos.

La guía comprende la presentación inicial, que incluye su introducción y la descripción detallada de los parámetros. La misma está conformada por la presentación de la guía, su introducción y descripción de los parámetros.

¿Qué dicen los resultados de los análisis de calidad del agua?

El LNA tiene la gran tarea de realizar un análisis del agua al año en las comunidades, OCA, organizaciones y otras formas de participación en el PBAE en la Categoría Microcuencas. La Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica apoya esta labor generando informes que faciliten la comprensión de los resultados en las comunidades, por tal motivo la guía busca facilitar a las personas la comprensión del resultado del análisis y con ello, generar las acciones de gestión pertinentes en la microcuenca y elaboración del informe al programa.

La **Figura 1** muestra un ejemplo de informe de resultados Microbiológicos y Físico-Químicos (FQ) realizado por el LNA-AYA, dividido en diferentes secciones:

- En la primera sección o encabezado, se indica el cuerpo de agua de dónde se tomó la muestra, la fecha y hora de recolección de la muestra, así como la persona que la recolectó.
- La siguiente sección corresponde al resultado del análisis Microbiológico (coliformes fecales). Se continúa con los resultados de los cinco parámetros Físico-Químicos que se analizan: color aparente, conductividad, pH, temperatura y turbiedad.
- Posteriormente, se hacen las observaciones de campo que se refieren a las condiciones del día y del lugar donde se realizó el muestreo. Por último, se concluye con el apartado de observaciones.



Río Sombrero, Navarro Muñeco, Agua Caliente Cartago.
Foto: Natalia Gamboa Alpízar



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Informe de Resultados Microbiológico y Físico-Químico (FQ) **Encabezado**

Cuerpo de agua dulce superficial: Río Poás en Aserri, San José

Fecha de recolección: 20-abril-2022

Hora de recolección: 12:20

Recolectado por: Marlen Cruz Salas

Resultado Microbiológico:

Coliformes Fecales NMP/100 mL: 790

Fuente: Área de microbiología LNA.

Análisis microbiológico

Resultado Físico-Químico (FQ):

Color Aparente Pt.Co:	12
Conductividad us/cm:	101
pH:	7,52
Temperatura °C:	18,9
Turbiedad UNT:	3,34

Fuente: Área de química LNA.

Análisis fisicoquímicos

Observaciones de campo:

Día soleado

Se observa residuales ordinarios

Caudal bajo

Aves, mariposas

Viviendas en la rivera del río, descargas de aguas residuales de las viviendas

Condiciones del día de la toma de la muestra

Observaciones: Análisis puntual.

Observaciones

Nota:

Los resultados han sido avalados por los analistas y responsables de las áreas de microbiología y química y por el Director.

Figura 1. Ejemplo de informe del resultado del análisis microbiológico y fisicoquímico para una organización inscrita en el PBAE categoría microcuenca. Fuente: elaboración propia a partir del informe de resultados Microbiológicos y Físico-Químicos (FQ) realizado por el LNA-AYA realizado al río Poás de Aserri.

A continuación, se describirán los aspectos básicos de cada uno de los parámetros analizados en el informe de resultados Microbiológicos y Físico-Químicos (FQ) para facilitar la comprensión e interpretación de los valores que en los informes para cada parámetro analizado.

1.Color Aparente (Pt.Co)

El color es un conjunto de sensaciones las cuales son recibidas por los ojos e interpretadas por el cerebro, van a depender mucho del tipo de objeto y las capacidades visuales de quien observa el objeto (Martínez & Osorio, 2018).

En los cuerpos de agua, el color puede ser fruto de la presencia de materiales vegetales, conocidas como húmicas. Por ejemplo: acumulación de hojas, ramas, arrastre de arcillas o tierras. Este tipo de materiales son fáciles de remover del agua por medio de filtración (Ver Figura 2).



Figura 2. Ejemplos de cuerpos de agua con materia orgánica que pueden generar color en el agua.
Foto: Natalia Gamboa Alpízar

Hay otras posibles fuentes de color en los ríos y fuentes de agua debido a los aportes de color de las rocas y cimientos de los cuerpos de agua, por medio de iones metálicos como, por ejemplo, la presencia de hierro, manganeso, sulfatos de cobre y otros (ver Figura 3).

Sin embargo, pueden existir otras fuentes de color como descargas de aguas residuales ordinarias (casas, instituciones o comercios) o especiales, de algún proceso industrial que pueda variar el color del río (Ver Figura 4).

Este parámetro, color en el agua, está relacionado con la presencia de materia disuelta o suspendida que da color al agua. A mayor intensidad de color en el agua, más elementos puede contener.

En los cuerpos de agua el color aparente es el producto de la presencia de tanto sustancias suspendidas como disueltas. Se mide por una escala de colores amarillos de referencia conocida como Platino-Cobalto (Unidades de Color Hazen, Pt-Co). Entre más amarillo el color mayor presencia de sustancias suspendidas y disueltas. (Hanna Instruments, 2023). Ver Figura 3.

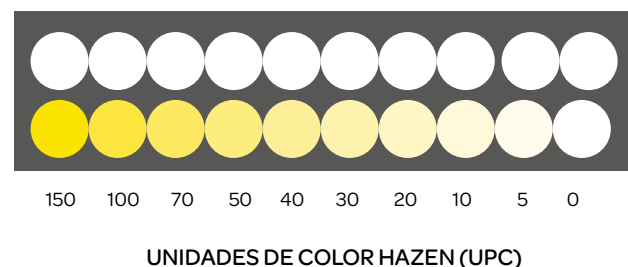


Figura 3. Unidades de Color Hazen (U Pt-Co)
Fuente: Hanna Instruments, 2023



Figura 4. Toro Amarillo.
Fuente: Natalia Gamboa Alpízar.



Figura 5. Ejemplo de contaminación de
aguas residuales en el afluente Salitrillos,
Río Torres. Foto: Natalia Gamboa Alpízar

1.1. ¿Qué nos dice este parámetro?

Entre más alto es el valor de unidades de Pt-Co, hay mayor color aparente en el agua. Las aguas con mejores calidades cuentan con menor color, es decir valores de unidades de Pt-Co entre 2.5 a 10. En el Cuadro 1 se muestra los valores determinados según la clasificación de los cuerpos de agua determinados en el Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales.

Cuadro 1. Color aparente según la clasificación del uso de cuerpos de agua según el Decreto 33903

Usos Color (Pt-Co)	
Clase 1: 2,5 a 10 / Nacientes	
Clase 2: 10 a 100 / Arroyos y ríos	
Clase 3: Natural o que no se afecte uso indicado	Ríos en general
Clase 4: Natural o que no se afecte uso indicado	
Clase 5: Natural o que no se afecte uso indicado	

Fuente: Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales.

El color aparente en el agua puede variar según la época del año, pues con las lluvias hay más arrastre de tierras, hojarascas, troncos, y hasta de residuos sólidos que las personas no dispusieron adecuadamente.

1.2. ¿Por qué es importante monitorear el color aparente?

Para identificar si algo está cambiando el entorno del río o nuestra fuente de agua.

Ese cambio puede indicar que la calidad del agua está mejorando, si el color disminuye debido a que:

- Se eliminaron descargas de aguas residuales ilegales
- Las descargas de aguas residuales tienen tratamiento
- Se ha sensibilizado a la población y no depositan residuos sólidos
- Se ha rehabilitado las áreas de protección por medio de reforestaciones y regeneración natural

O puede indicar que la calidad del agua se está deteriorando si el color aumenta pues:

- Se aumentaron las descargas de aguas residuales ilegales
- Las descargas de aguas residuales carecen de tratamientos
- La población no se ha sensibilizado y depositan residuos sólidos
- Se han reducido las áreas de protección por invasiones y deforestación.

2. Conductividad (us/cm)

La conductividad en el agua se refiere a la capacidad de conducir la electricidad en el agua por la presencia de minerales. Los minerales llegan al agua de las piedras y suelos por el arrastre superficial. En la figura 6 se muestra la relación de la conductividad con el ecosistema.



Seres vivos

Reciben los minerales que les hidratan y son importantes para sus funciones vitales



Ecosistemas

El aporte de minerales facilita que el mar sea salado, y las diferentes características de otros ambientes (lagos, estuarios, entre otros)

Figura 6. Relación de la conductividad con el ecosistema del cuerpo de agua. Fuente: Elaboración Propia.

Los minerales contienen iones que poseen cargas positivas o negativas, algunos ejemplos de iones de carga positiva son el sodio (Na^+), calcio (Ca^{+2}), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{+2}), y entre los de carga negativa encontramos al cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}), carbonato (CO_3^{-2}) y bicarbonato (HCO_3^-).

2.1. ¿Qué nos dice este parámetro?

Este parámetro nos dice sobre la presencia alta o baja de iones en el agua. La conductividad alta puede estar asociada a lo que se conoce como aguas duras (muchas presencia de iones de Calcio) que pueden generar incrustaciones en tuberías, duchas, hervidores de agua, manchas en vidrios y otros, por los depósitos de estos iones en las diferentes superficies. También, se relaciona con los sólidos disueltos y la salinidad.

La conductividad alta puede producir un sabor desagradable en el agua y afectar la vida de algunos seres vivos. Habitualmente las aguas duras las encontramos de forma natural en cuencas con presencia de roca caliza. En el cuadro 2 se muestran ejemplos de rangos de conductividad en aguas naturales.

Cuadro 2. Ejemplo de rangos de conductividad en aguas naturales

Agua de mar	~ 50.000 - 60.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Aguas muy salobres	~ 10.000 - 15.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Aguas salobres	~ 1.000 - 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Aguas poco salobres	~ 250 - 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Aguas muy poco salobres	~ 50 - 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Fuente: Viaindustrial, s.f.

Existe una relación matemática para obtener los Sólidos Disueltos Totales (SDT) de la conductividad eléctrica (CE). En el cuadro 3 se muestra un ejemplo de la relación entre la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (SDT). En uso de agua de riego es muy importante conocer el valor de la fuente de agua para evitar problemas en los sistemas de riego por incrustaciones o interacciones con el fertirriego. Habitualmente las fuentes de agua de las zonas montañosas presentarán una conductividad menor y esta aumentará conforme se descende en la cuenca como resultado de un mayor aporte de minerales.

Cuadro 3. Relación de Sólidos Disueltos Totales (SDT) y la conductividad eléctrica (CE) para usos agrícolas del cuerpo de agua

Clase de agua	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SDT (mg/l)
Excelente	250	175
Buena	250-750	175-525
Permisible	750-2000	525-1400
Uso dudoso	2000-3000	1400-2100
Inapropiada	3000	2100

Fuente: SWAMP, pág. sf

2.2. ¿Por qué es importante conocer la CE en los ríos y nacientes?

- Conocer las características del agua que estamos monitoreando
- Registrar cambios que nos puedan indicar alguna situación en el cuerpo de agua, por ejemplo, el aumento de conductividad en pozos puede estar indicando que se esté dando el proceso de salinización.
- Identificar el tipo de usos que puedan darse al cuerpo de agua.
- Proteger la fuente con acciones que reduzcan la escorrentía, sobre explotación de la fuente o vertidos ilegales.
- Identificar cambios en los cuerpos de agua.
- Posibles descargas de aguas utilizadas en algún proceso que arrastre los iones asociados a la conductividad eléctrica.

3. Temperatura (°C)

La temperatura es la medida de la energía que se presenta en cualquier superficie, específicamente en sus moléculas. En los ríos y cuerpos de agua también se puede medir la temperatura. La importancia de este parámetro está en que la química del agua y las funciones vitales de los seres vivos del agua se puede ver afectada si hay un aumento o una disminución significativa de la temperatura (SWAMP, sf).

3.1. ¿Qué efectos tienen los cambios de la temperatura del agua?

- La cantidad de oxígeno del agua disminuye con el aumento de la temperatura, y esta situación afecta directamente la posibilidad de vivir de los seres vivos. Algunos peces como las truchas son muy sensible a niveles bajos de oxígeno en el agua.
- La velocidad con que las algas y plantas acuáticas fijan carbono (fotosíntesis) se puede alterar, un aumento en la temperatura y nutrientes puede provocar un incremento excesivo de plantas acuáticas.
- Si la temperatura es muy baja algunos organismos van a tener un metabolismo muy lento y afectar su función en el ecosistema, como la desintegración de materia orgánica por algunos microorganismos.
- Puede producirse un cambio en el equilibrio de los sedimentos en el agua porque algunos compuestos pierden su capacidad de estar disueltos y se precipitan o, por el contrario, aumenta su arrastre porque la temperatura le permite disolverse en el agua.
- Afectar los ciclos de vida de seres vivos como la reproducción, migración y permanencia en sitios de algunos organismos acuáticos. Por lo general los peces prefieren aguas frescas oxigenadas evitan aguas muy cálidas o muy frías.

Según el Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, el valor debe ser "Natural y que no afecte el uso indicado". La medición de la temperatura del agua está muy relacionada a la temperatura ambiente del lugar y en el momento que se realiza la medición.

Algunos factores que generan variaciones en la temperatura del agua son de origen natural como: la hora del día, estación, profundidad del agua, presencia o ausencia de sombra, flujo del agua, afluencia de agua subterránea o superficiales, presencia de color o turbidez, pues las partículas adsorben calor. Algunos factores de origen humano son: eliminación de la vegetación en las áreas de protección, erosión de los terrenos de la microcuenca, que aumentan la turbidez y con ello, el agua retiene más calor (absorbe), aumento de escorrentía, descargas de aguas de procesos donde pueden darse aumento (por ejemplo usadas en torres de enfriamiento, procesos industriales con intercambio de calor, sector alimenticio que realicen lavados con aguas a altas temperaturas y sin estructura para enfriamiento) o descenso de las temperaturas, como por el paso de estaciones hidroeléctricas. (SWAMP, pág. Sf)

3.2. ¿Por qué es importante conocer la temperatura en los ríos y nacientes?

Las mediciones de temperatura nos permiten conocer si se encuentra en condiciones normales o si está sufriendo alguna situación que aumenta su temperatura como, por ejemplo, una descarga de agua termal, o algunas aguas residuales de origen doméstico o industrial, de algún proceso donde el agua aumente su temperatura o disminuya.

4. Potencial de Hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno, o mejor conocido como el “pH” es un parámetro que indica el grado de alcalinidad o acidez del agua, además, está relacionada a la cantidad de iones de hidrógeno en el agua (H^+). (SWAMP, Sf).

La molécula del agua (H_2O) está formada por dos iones de Hidrógeno (H) y uno de Oxígeno (O), pero en el agua, la realidad es que están como ion hidroxilo (H^+) y anión¹ hidróxido (OH^-) como se muestra de forma gráfica en la Figura 7.

El pH se mide en una escala de 0 a 14. Cuando el valor del pH está a la mitad, se le llama pH Neutro. Cuantos más iones de hidrógeno (H^+) hay en el agua, más ácido es su pH y se reportará un valor menor a 7. Por el contrario, cuando hay más aniones OH^- , el pH del agua es más básico y se reportará un valor es mayor a 7.

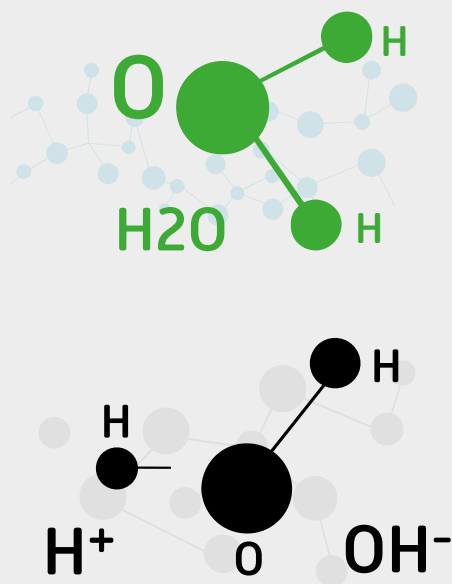


Figura 7. Relación de las moléculas de agua en el pH del agua Fuente: Elaboración propia a partir de imagen de Google. <http://www.aumentaty.com/-community/es/pin/ficha/molecula-de-agua/>

1. A un ión con carga negativa se le llama Anión.



4.1. ¿Qué nos dice este parámetro?

Este parámetro nos dice si el agua es ácida, es decir que el pH menor a 7, neutra cuando el pH es igual a 7 o básica, cuando el valor de pH reportado es mayor a 7. En la Figura 8 se muestra la escala del pH y algunos artículos que representan los diferentes pH.

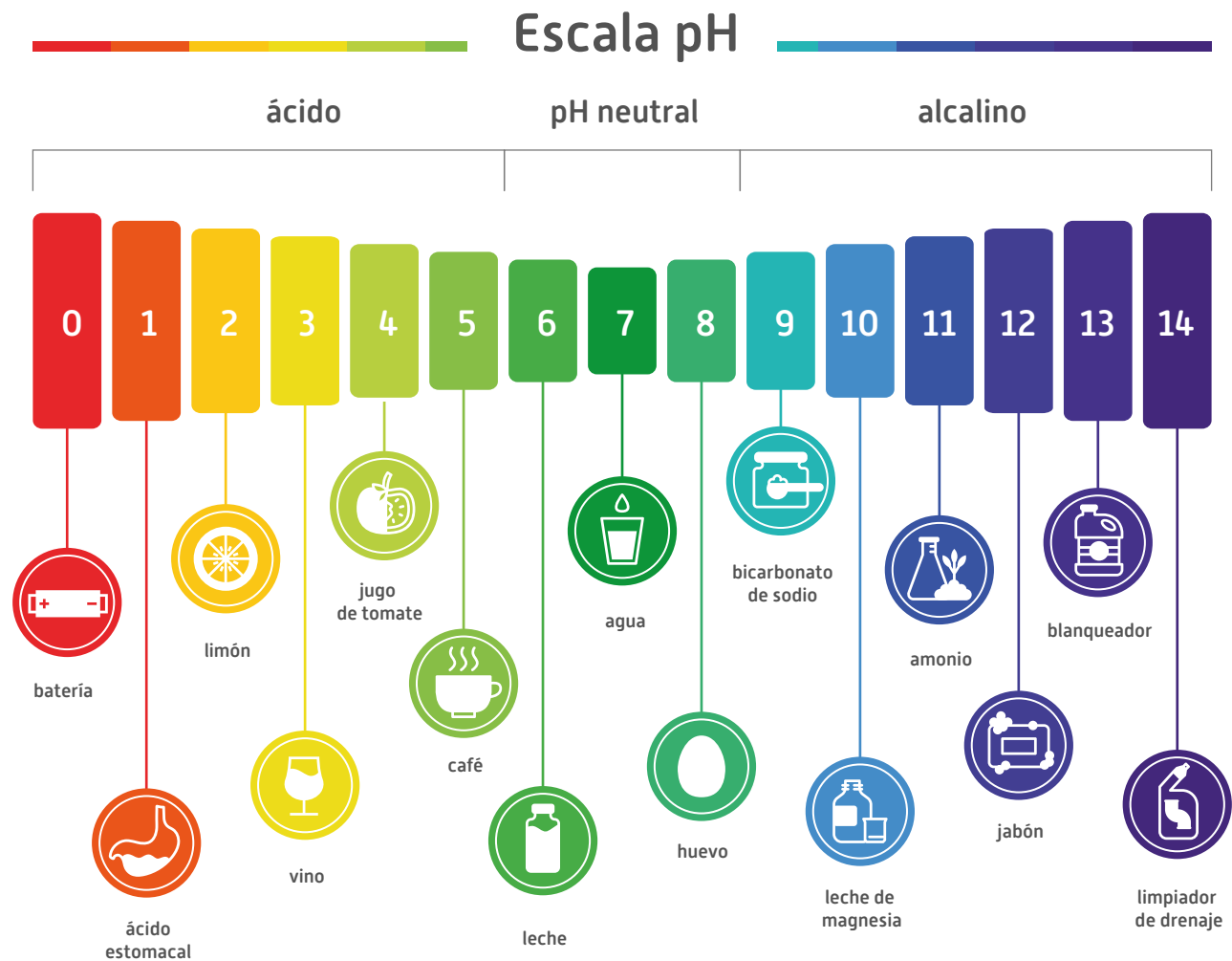


Figura 8. Escala de pH / Fuente: imagen de Freepik

4.2. ¿Por qué es importante conocer el pH en los ríos y nacientes?

- Los seres vivos en los ríos y cuerpos de agua son muy sensibles a las variaciones de pH.
- Cambios bruscos puede alterar la concentración de sustancias y modificar la toxicidad en el agua o causar la muerte de los seres macroscópicos (peces, insectos, algas, etc.) y microscópicos del agua (bacterias, microalgas, otros).

4.3. ¿Qué puede alterar el pH en el agua?

- El ingreso de sustancias muy básicas o ácidas, por causas naturales, como la ceniza volcánica o humanas, como derrame de algún ácido o producto con pH muy básico, así como un cambio elevado de temperatura.
- Cambio en las rocas o bases geológicas de la naciente del río, por movimientos de tierras o cambios de cobertura vegetal.
- Arrastre de sustancias por la escorrentía, entre otras.

5. Turbidez (UNT)

A diferencia del color en el agua, la turbidez se relaciona con las partículas en suspensión en el agua. Las partículas son arrastradas por el agua como, por ejemplo, sedimentos, lodos, hojas, ramas y otros contaminantes que son suspendidos en la masa de agua y afectan su transparencia. (SWAMP, s.f).

La turbidez se reduce en las zonas de los ríos donde hay baja velocidad. Además, si el agua es captada para algún uso, se puede eliminar por procesos de sedimentación y filtración (Figura 9). La presencia de turbidez disminuye la capacidad de desinfección en las tomas de agua potable y contribuye a la formación de subproductos de la desinfección que no son adecuados para el consumo humano ni para los ecosistemas (Hanna Instruments, 2022).

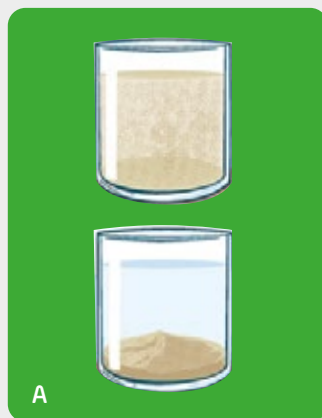


Figura 9. Ejemplos de a) Sedimentación y b) Filtración.
Fuente: Serrano, 2021.

5.1. ¿Qué nos dice este parámetro?

La turbidez nos dice si hay alta presencia o no de partículas en el agua. Algunos factores que interfieren con el aumento de turbidez en el agua pueden ser de origen natural o por las acciones humanas. En la Figura 10 se mencionan los principales factores que aumentan la turbiedad en el agua de los ríos y nacientes.



Origen Natural: Estación lluviosa, sedimentos arrastrados por la lluvia, deslizamientos naturales, tormentas, huracanes, entre otros eventos hidrológicos, ceniza volcánica



Actividades humanas: Pérdida del área de protección de ríos y nacientes, que ocasione escorrentía y erosión

Figura 10. Factores que interfieren con la turbidez en el agua.
Fuente: SWAMP, s.f.

De acuerdo con el uso de las aguas superficiales, según el Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, muestra la cantidad de turbidez en Unidades Nefelométricas (UNT) que se admite según su clasificación (Ver Cuadro 1).

Las clases 1, 2 y 3 pueden ser usadas para abastecimiento de agua potable. Sin embargo, el agua clase 3 requiere el tratamiento oportuno para eliminar la turbidez.

Cuadro 4. Valores de turbiedad según la clasificación del uso de cuerpos de agua según el Decreto 33903

Usos Turbiedad (UNT)	
Clase 1: a <25 Nacientes	
Clase 2: 25 < a < 100 Arroyos o ríos	
Clase 3: 100 < a < 25	Ríos en general
Clase 4: Natural o que no afecte el uso indicado	
Clase 5: Natural o que no se afecte uso indicado	

Fuente: Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales.

5.2. ¿Por qué es importante conocer la turbidez en los ríos y nacientes?

Es importante conocer la turbidez para identificar si el aumento o presencia de este parámetro se debe a causas naturales, como el aumento de lluvias en la estación lluviosa, o por alguna situación anómala, como alteraciones en los márgenes de la microcuenca (Hanna Instruments, 2022).

La suspensión de partículas puede reducir la penetración de la luz en el agua y con ello la captura de CO₂ (fotosíntesis) de plantas y algas. Estos compuestos pueden aumentar la

temperatura porque absorben calor y afectar las branquias de peces y otros organismos acuáticos. Además, cuando el peso de las partículas hace que se depositen en el fondo del río puede enterrar huevos de peces, insectos, algas y otros organismos afectando el ecosistema del río (Hanna Instruments, 2022).

Sin embargo, no todo es negativo, pues el arrastre natural de partículas muchas veces beneficia las zonas bajas pues lleva los nutrientes de la parte alta y genera llanuras ricas en materia orgánica.

6. Coliformes termotolerantes (fecales)

Los coliformes son bacterias que se encuentran en la tierra, el agua superficial, las plantas y los intestinos de animales de sangre caliente (coliformes termotolerantes o fecales), y el ser humano no es la excepción.

La mayoría de los tipos de bacterias coliformes son inofensivas para los humanos, pero algunas pueden causar enfermedades. Además, el agua puede ser un canal de transmisión de estos microorganismos (Swistock, Stephanie , y Sharpe, 2020).

Los coliformes termotolerantes son microorganismos que toleran temperaturas mayores a 37 grados, por lo que pueden vivir en los intestinos fácilmente. Por tal motivo se usan como indicador de contaminación de materia fecal en agua y alimentos. Otro coliforme utilizado como indicador microbiológico es la *Escherichia coli* (o E.coli) (Mora Alvarado y Mata Solano, 2003). En la Figura 11 se muestra una imagen de coliformes.

6.1. ¿Qué nos dice este parámetro?

La presencia de los coliformes fecales indica que hay una posible contaminación por materia fecal animal o humana en los cuerpos de agua (MDHHS, 2020). Por tal motivo es importante conocer y monitorear las fuentes de agua y determinar si la presencia de coliformes fecales se debe a orígenes

naturales o si se debe por contaminación de actividades humanas como la descarga de aguas residuales en ríos o en áreas de recarga de las nacientes y pozos. En la Figura 12 se muestra un ejemplo de colonias de coliformes fecales en una placa Petri, cada colonia (puntos) contiene un gran número de microorganismos, por tal motivo se utilizan la formación de los puntos en la placa como indicativo de presencia de bacterias.

De acuerdo con el uso de las aguas superficiales, según el Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, muestra el valor permitido de Coliformes Fecales medidos por el método **Número Más Probable** en 100ml de muestra (NMP/100ml) que se admite en cada clase (Ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Nivel de coliformes fecales según la clasificación del uso de cuerpos de agua según el Decreto 33903

Usos Coliformes Fecales (NMP/100ml)	
Clase 1: a < 20 Nacientes	
Clase 2: 20 < a < 100 Arroyos o ríos	
Clase 3: 1000 < a < 2000	Ríos en general
Clase 4: 1000 < a < 5000	
Clase 5: 5000 < a	

Fuente: Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales.



Figura 11. Imagen de Coliformes
Fuente: Omega Labotratorio, 2024.

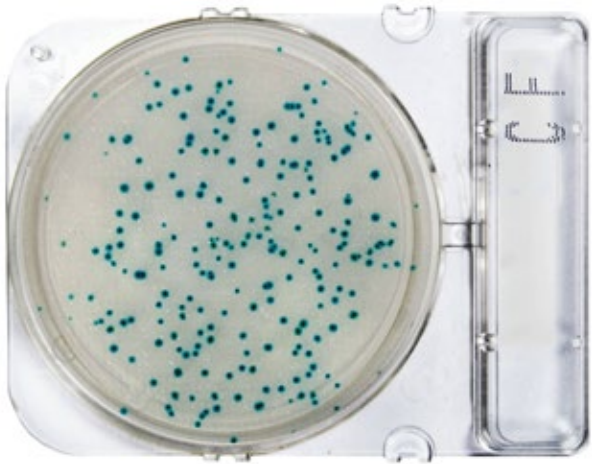


Figura 12. Ejemplo de placa Petri con colonias de coliformes.
Fuente: Apracom, 2020.



6.2. ¿Por qué es importante conocer sobre la presencia de coliformes fecales en los ríos y nacientes?

La presencia de microorganismos como los coliformes fecales muestran que tan segura es el agua para algún uso determinado. Además, monitorear este parámetro nos puede indicar si la contaminación por materia fecal aumenta o disminuye con el tiempo (MDHHS, 2020).

Para utilizar el agua como fuente de abastecimiento de acueductos y riego de alimentos como hortalizas, se recomienda que su valor sea muy bajo y que posteriormente de su captación y tratamiento, se incluya un proceso de desinfección. Comúnmente la eliminación de bacterias se realiza por medio de la cloración (Mora Alvarado y Mata Solano, 2003).

6.3. ¿Cómo llegan los coliformes fecales a los ríos, nacientes y fuentes de agua?

Estas bacterias llegan a cuerpos de agua por diversas formas como se muestran en la Figura 13.

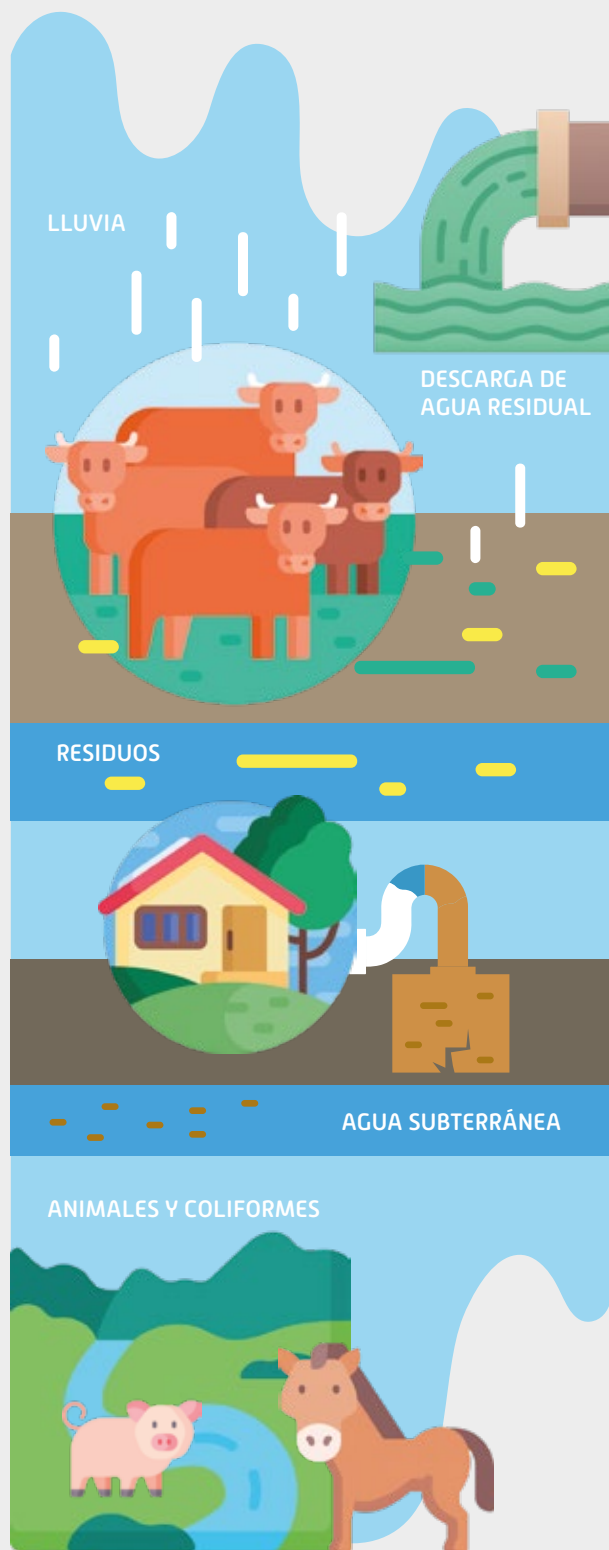


Figura 13. Ejemplos de fuentes de contaminación de coliformes en ríos y nacientes / Fuente: MDHHS, 2020.

Descargas de aguas residuales:

- Sin tratamiento y de forma directa de casas, edificios y centros urbanos a los ríos, quebradas y arroyos. Principalmente ubicados en áreas de protección de los cuerpos de agua.
- De sistemas de tratamiento con operación y mantenimiento deficiente y sin cumplir con el parámetro de vertidos.

Prácticas agropecuarias:

No amigables con el ambiente que permiten la escorrentía de heces de animales como, por ejemplo:

- Reducción de la cobertura boscosa de las áreas de protección de ríos y nacientes en terrenos colindantes.
- Compactación del suelo por alto tránsito de animales pesados.
- Presencia de animales en ríos y nacientes por falta de bebederos y cercas que limiten su acceso a las fuentes de agua.
- Se riega el campo de purines (boñiga y orina) sin tratamiento, especialmente en zonas de recarga acuíferas.

Tanques sépticos:

- Alta concentración de tanques sépticos en zonas permeables.
- Tanques sépticos con diseños obsoletos y sin mantenimiento.
- Uso de tanques sépticos en zonas con niveles freáticos altos.
- Drenajes sépticos limitados y mal diseñados.

Presencia de animales en las fuentes de agua

- La presencia de vida silvestre en cuerpos de aguas como nacientes y ríos es común en nuestros bosques, y es parte de su derecho al uso del agua del ambiente en el que habitan. Sin embargo, podrían ser una fuente de contaminación por coliformes en caso de utilizar el agua para abastecimiento humano. Cuando esto ocurre se recomienda hacer la desinfección del agua para consumo humano.
- En el caso del ganado se requiere una gestión oportuna por parte de las personas propietarias de estos animales para reducir su alteración en los cuerpos de agua, como el uso de bebederos y cercas en los apartos donde se encuentre.

7. Valor de Índice Biológico o BMWP-CR

El Valor de Índice Biológico o BMWP-CR ("Biological Monitoring Working Party" modificado para Costa Rica por sus siglas en inglés), permite relacionar la presencia de tipos de macroinvertebrados bentónicos, conocidos como familias, en el agua. Algunas familias tienen la capacidad de vivir en aguas de muy buenas condiciones (baja contaminación), otras en condiciones regulares y otras más en aguas con condiciones muy degradadas (alta contaminación) (33903-MINAE-S, 2007).

7.1. ¿Qué es un macroinvertebrado bentónico?

Los macroinvertebrados son seres que no tiene esqueleto, pero son lo suficientemente grandes para ser observados a simple vista (Euceda, 2020). Se les llama bentónicos porque habitan, en algún momento en su ciclo de vida, en los fondos de los cuerpos de agua, por ejemplo: en sedimentos, piedras, troncos y hojarascas. Algunos ejemplos son las larvas de libélulas, algunas moscas y mosquitos, chinches acuáticos, escarabajos acuáticos, sanguijuelas, gusanos planos, arañas, cangrejos, caracoles, entre otros más (Poquet Moreno y Alba-Tercedor, 2009). En la Figura 14 se observan ejemplos de macroinvertebrados.

7.2. ¿Qué nos indica el Índice Biológico o BMWP-CR?

El resultado de la identificación de individuos de ciertas familias y el número de individuos según esta metodología podrá decir cuál es la

condición de calidad de los cuerpos de agua. Se debe recordar que un reporte oficial de este análisis debe ser realizado por una persona profesional en biología y colegiado. En el Cuadro 6 se muestra la clasificación de la Calidad del Agua en Función del Puntaje Total Obtenidos en el análisis de los macroinvertebrados identificados en el informe.

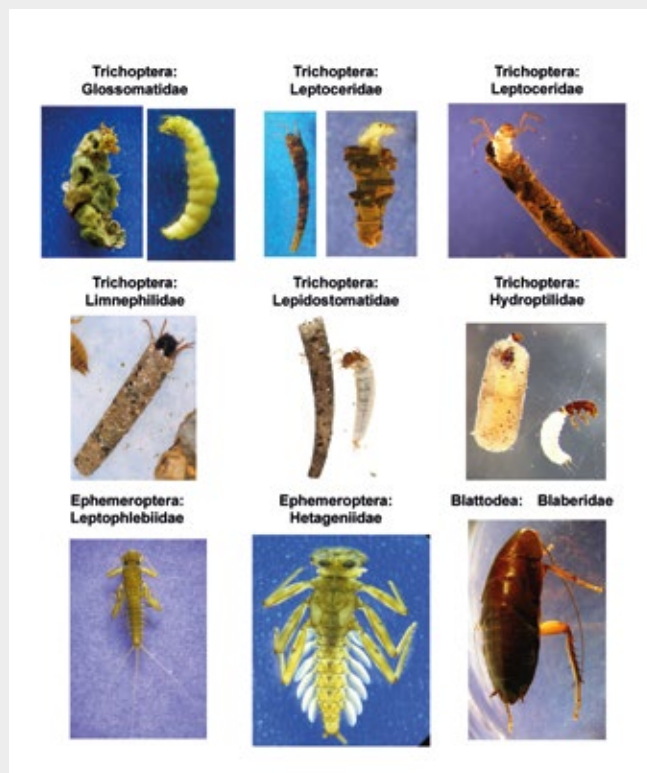


Figura 14. Ejemplo de macroinvertebrados bentónicos
Fuente: Jorge Picado Barboza, 2019.

Cuadro 6. Clasificación de la Calidad del Agua en Función del Puntaje Total Obtenidos en el análisis del índice biológico según el Decreto 33903

Nivel de Calidad	BMWP	Color representativo
Sin contaminación	>120	Azul
Contaminación incipiente	101 a 100	Verde
Contaminación moderada	36 a 100	Amarillo
Contaminación severa	16 a 35	Naranja
Contaminación muy severa	<15	Rojo

Fuente: Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales.

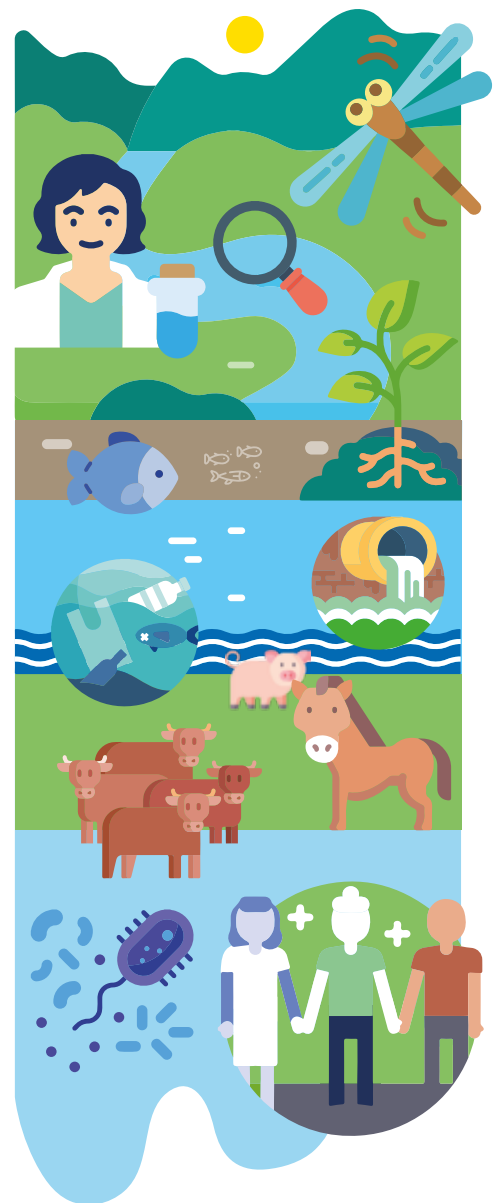
Adicionalmente, la metodología puede adaptarse para apoyar procesos de educación ambiental y valoraciones preliminares de la calidad del agua. Por medio de un enfoque de ciencia ciudadana se invita a las comunidades a conectarse con el río y generar un espacio de reflexión para mejorar la condición de los ríos y quebradas. *La Guía Ilustrada de Macroinvertebrados* le permitirá conocer cómo desarrollar esta identificación en el río de su interés.



Río Navarro, Navarro Muñeco, Agua Caliente Cartago.
Foto: Natalia Gamboa Alpízar

Reflexiones finales

- **Los análisis de la calidad del agua** ayudan a entender los efectos de las prácticas humanas sobre el ecosistema.
 - ¿La pérdida de suelo en las márgenes del río es considerable?
 - ¿Hay presencia de organismos en el agua? ¿peces, algas, insectos, plantas, otros?
 - ¿Han disminuido o cambiado las especies como peces, algas, plantas, insectos, moluscos, otros, que habitaban el río?
- **Observar el entorno** permite intuir cuál va a ser el resultado de los análisis de calidad del agua sobre algunos parámetros, preguntas cómo:
 - ¿Qué tipo de actividades ocurren alrededor del río?
 - ¿el área de protección mantiene cobertura boscosa?
 - ¿Hay descargas de aguas residuales al cuerpo de agua?
 - ¿Hay presencia de animales en el río? ¿de qué tipo?
- **La descarga ilícitas de aguas residuales**, es decir, sin tratamiento ni los permisos correspondientes, deterioran de forma considerable la calidad de agua de los cuerpos de agua debido a que cambian sus cualidades y afectando a los seres vivos de estos ecosistemas.
- **La presencia de residuos sólidos** afecta la vida de los diferentes organismos que habitan el río, por eso es fundamental sensibilizar a la población para reducir y disponer adecuadamente los materiales que han sido depositados en el cuerpo de agua.
- **Conocer cómo está la calidad de agua en un determinado momento, y cómo se comporta en un periodo** (anualmente), permitirá generar acciones enfocadas en la recuperación del río basado en datos.
- **La participación de las personas en el monitoreo, cuidado y recuperación de los cuerpos de agua** es un aspecto fundamental para su conservación cuando son ríos limpios o restauración cuando estos han sufrido las consecuencias de las actividades humanas.



Referencias

- 33903-MINAE-S, N. (17 de setiembre de 2007). Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. Diario Oficial La Gaceta N. 178(178). Obtenido de Decreto 33903 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales: <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20evaluaci%C3%B3n%20y%20clasificaci%C3%B3n%20de%20calidad%20de%20cuerpos%20de%20agua%20superficiales.pdf>
- Alianza Nacional Ríos y Cuencas. (s.f.). Alianza Nacional Ríos y Cuencas. Obtenido de Programa Bandera Azul Ecológica Microcuenca: <https://www.riosycuencas.com/bandera-azul-ecologica>
- Euceda, M. (4 de junio de 2020). Honduras Neotropical. Obtenido de Los Macroinvertebrados y su Importancia en los Cuerpos de Agua en los Cuerpos de Agua: <https://hondurasneotropical.wixsite.com/hn-neotropical/post/los-macroinvertebrados-y-su-importancia-en-los-cuerpos-de-agua>
- Hanna Instruments. (02 de 05 de 2022). La guía completa para la medición de turbidez en el agua. Obtenido de Análisis de agua.: <https://hannainst.ec/blog/analisis-de-agua-boletines/la-guia-completa-para-la-medicion-de-turbidez-en-el-agua/>
- Hanna Instruments. (12 de 07 de 2023). Higiene Ambiental. Obtenido de Color del agua, parámetro indicador de calidad: <https://higienambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>
- Laboratorio Nacional de Aguas. (24 de 07 de 2023). Programa Bandera Azul Ecológica. Obtenido de Antecedentes del Programa: Orígenes y evolución del Programa Bandera Azul Ecológica - 2015: <https://www.aya.go.cr/laboratorio/banderaAzul/Paginas/default.aspx>
- Martínez, M., & Osorio, A. (2018). Validación de un Método para el Análisis de Color Real. Revista de la Facultad de Ciencias, Rev. Fac. Cienc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 143-155. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- MDHHS. (02 de julio de 2020). Departamento de Salud y Servicios Humanos de Michigan. Obtenido de Bacterias Coliformes en el Agua Potable para Propietarios de Pozos: https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/mdhhs/Folder1/Folder37/Coliform_Bacteria_02-07-2020_FINAL_SPANISH.pdf?rev=0cdc255c3bcd42d19a7c09c5934a5780
- Mora Alvarado, D., & Mata Solano, A. V. (Diciembre de 2003). Laboratorio Nacional de Aguas. Obtenido de Conceptos básicos de aguas para consumo humano y disposición de aguas residuales: <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20aguas%20para%20consumo%20humano%20y%20disposici%C3%B3n%20de%20aguas%20residuales.pdf>
- Poquet Moreno, J. M., & Alba-Tercedor, J. (2009). Mediterranean Prediction and Classification System. Obtenido de Los Macroinvertebrados acuáticos: <http://medpacs.ugr.es/index.php?q=es/evaluacion/macroinvertebrados>

SWAMP. (s.f.). California Water Boards Surface Water Ambient Monitoring Program. Obtenido de Folleto Informativo Temperatura: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120sp.pdf

SWAMP. (s.f.). California Water Boards Surface Water Ambient Monitoring Program. Obtenido de Folleto Informativo Turbidez: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3150sp.pdf

SWAMP. (s.f.). California Water Boards Surface Water Ambient Monitoring Program. Obtenido de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf

Swistock, B. R., Stephanie, C., & Sharpe, W. (19 de Octubre de 2020). Penn State Extension. Obtenido de Bacterias Coliformes: <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

Viaindustrial. (s.f.). Viaindustrial. Obtenido de Tabla de Conductividad de las Aguas Naturales: https://www.viaindustrial.com/otra_info/tabla-de-conductividad-de-las-aguas-naturales.pdf

Acrónimos

AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
BMWP	Índice biológico para Costa Rica, por sus siglas en inglés Biological Monitoring Working Party)
CE	Conductividad Eléctrica
FQ	Análisis físico-químicos
LNA	Laboratorio Nacional de Aguas
MDHHS	Departamento de Salud y Servicios Humanos de Michigan, por sus siglas en inglés.
NMP	Número Más Probable
OCA	Observatorio Ciudadano del Agua
PBAE	Programa de Bandera Azul Ecológica
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SWAMP	Surface Water Ambient Monitoring Program, programa del estado de California, Estados Unidos de Norte América.
TEVU	Transición hacia una economía verde urbana
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UTN	Universidad Técnica Nacional



Transición hacia una economía verde urbana

 Proyecto Transición hacia una Economía Verde Urbana

 tevucr.org



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo es el principal organismo de las Naciones Unidas dedicado a poner fin a la injusticia de la pobreza, la desigualdad y el cambio climático. Trabajamos con nuestra extensa red de personas expertas y aliados en 170 países para ayudar a las naciones a construir soluciones integradas y duraderas para las personas y el planeta. Pueden obtener más información en www.cr.undp.org o seguirnos en @PNUD_CR

 [pnudcr](https://www.instagram.com/pnudcr)

 [@PNUD_CR](https://www.facebook.com/PNUD_CR)

 pnud-conocimiento.cr