



CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE DE LOS RÍOS

Laura Lee

Escrito para la Secretaría de Medio Ambiente de Coahuila.

Agosto 2023

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE CUADROS	II
INTRODUCCIÓN	1
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	1
PH	1
MEDICIÓN DE PH	5
ALCALINIDAD	5
SALINIDAD	6
CONDUCTIVIDAD.....	7
RESISTIVIDAD	8
OXÍGENO DISUELTO.....	8
TEMPERATURA	9
CORRIENTE DE RÍO	9
COLOR Y OLOR DEL RÍO	9
LÍMITES PERMISIBLES COMUNES SOBRE EL AGUA	11
CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE	13
BIOMONITOREO Y BIOINDICADORES.....	13
BIODIVERSIDAD	13
INDICADORES ANTROPOGÉNICOS	15
CONCLUSIONES.....	16
REFERENCIAS	16

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESCALA DE PH Y EJEMPLOS DE LÍQUIDOS COMUNES	2
FIGURA 2: EFECTO DE LA FOTOSÍNTESIS Y LA RESPIRACIÓN SOBRE EL PH	4
FIGURA 3: VISUALIZACIÓN DE DIFERENTES MEDIDAS DE TURBIDEZ (ATKIN, 2020)	10
FIGURA 4: DIAGRAMA DE LA ORILLA Y EL LECHO DEL RÍO	14
FIGURA 5: EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE EROSIÓN.....	14

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1: COMPUESTOS Y FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA ALCALINIDAD.....	5
CUADRO 2: RANGOS DE SALINIDAD COMO TDS PARA DIFERENTES TIPOS DE AGUA	7
CUADRO 3: RANGOS DE CONDUCTIVIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE AGUA	8
CUADRO 4: LÍMITES PERMISIBLES DE NOMAS PARA RÍOS, ARROYOS, CANALES Y DESAGÜES.....	11
CUADRO 5: LÍMITES PERMISIBLES DE NOMAS PARA AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	12
CUADRO 6: SIGNOS DE ARROYOS SALUDABLES Y NO SALUDABLES	15

INTRODUCCIÓN

Al considerar las aguas superficiales se debe tomar en cuenta tanto la calidad del agua como la calidad ambiental. Las características de la calidad del agua nos dicen si esta es segura para beber, para nadar o para que el ecosistema natural pueda sostenerse por sí mismo. Las características de calidad ambiental, si bien no son tan fáciles de cuantificar como la calidad del agua, son muy importantes para monitorear la salud de los ríos ya que pueden indicar amenazas persistentes a la salud del ecosistema que no se están analizando o que no se pueden identificar sin un sistema de monitoreo.

Comprender cómo se monitorean y describen los ríos es fundamental para poder detectar las fuentes de contaminación antes de que amenacen el bienestar de las comunidades que dependen de esta agua para el consumo, la industria y la agricultura. Este documento describe las diferentes formas en que se determina la calidad del agua, ambiental y las diferentes fuentes de contaminación.

PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Hay muchos factores que se pueden utilizar para resumir la calidad del agua, como el pH, la conductividad y la alcalinidad. Se les conoce como parámetros fisicoquímicos ya que se utilizan para describir los atributos físicos y químicos del agua. Toda la vida está impulsada por estas interacciones físicas y químicas que a veces pasan desapercibidas y son de gran importancia al monitorear la salud de nuestros ríos. Si bien hay muchas formas de caracterizar el agua, este documento cubrirá los parámetros que utiliza la Secretaría de Medio Ambiente de Coahuila para monitorear los ríos.

pH

El **pH** es uno de los indicadores más comunes y conocidos de la calidad del agua. Químicamente el pH es una escala logarítmica de 0 a 14 de la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en el agua. En pocas palabras, cuanto más bajo es el pH, mayor es la concentración de iones H^+ , más ácida es el agua. Por el contrario, un pH alto indica una baja concentración de iones H^+ y agua más alcalina. Debido a que esta es una escala logarítmica y no lineal, cuando el pH aumenta de 6 a 7, eso significa que la concentración de iones H^+ es 10 veces menor, lo que hace que incluso pequeños cambios en el pH tengan consecuencias drásticas en algunos escenarios.

pH – la medida de la concentración de iones H^+ en el agua que determinan su acidez

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL PH?

El pH controla muchas cosas cuando se trata de la química del agua:

- 🔥 **Disolución** de sales y metales
- 🔥 Capacidad de los micro y macroorganismos para retener agua o minerales
- 🔥 Disponibilidad de nutrientes para plantas y cultivos

Disolución – es cuando un compuesto se disuelve o se dispersa completamente en una solución.

Ej. La disolución de la sal en agua ocurre cuando los cristales pierden su forma sólida.

IMPACTOS DEL PH BAJO

El pH bajo puede ser uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Si bien los humanos tienen una mayor tolerancia para ingerir un pH bajo, es un indicador de que los minerales o metales nocivos se disuelven en el agua y, por lo tanto, son más difíciles de eliminar. Esta posibilidad tiene consecuencias muy negativas para la vida acuática.

Los peces dependen de un cierto rango de pH del agua para poder vivir y reproducirse. Los metales disueltos en agua con un pH más bajo pueden afectar negativamente su metabolismo y su capacidad para respirar.

En una escala mucho más pequeña, el pH bajo puede ser perjudicial para los microorganismos beneficiosos al descomponer las moléculas que componen sus células o al destruir el material genético. Estas bacterias benéficas son competidoras nutricionales naturales de las algas (consulte Color y Olor del Río para obtener más información sobre las algas), descomponen los minerales y nutrientes en formas que pueden ser utilizadas por la vida acuática y evitan que se acumulen amoníaco y nitratos tóxicos de los desechos de pescado y plantas muertas. Los niveles de pH no naturales amenazan el equilibrio de la vida acuática y la calidad del agua del río.

El pH bajo también puede amenazar la infraestructura existente. Las bacterias oxidantes de azufre son microorganismos que prefieren niveles de pH bajos ya que consumen energía oxidando

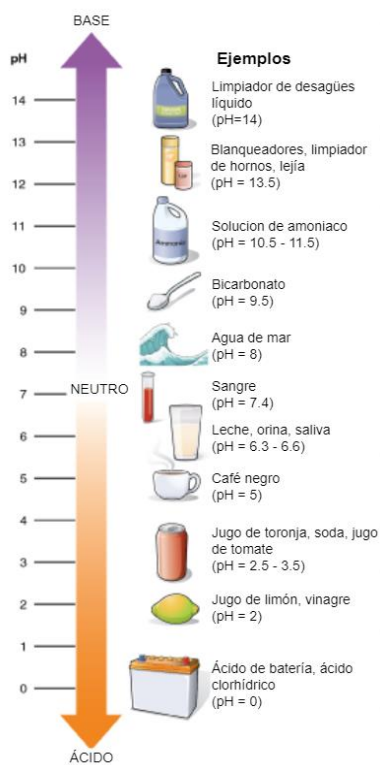


Figura 1: escala de pH y ejemplos de líquidos comunes

compuestos de azufre que a menudo se encuentran en los desechos humanos. Estas bacterias luego producen ácido sulfúrico, lo que reduce aún más el pH de su entorno. El ácido sulfúrico se acumula en las tuberías de alcantarillado y en los edificios y corroe las tuberías de metal y el concreto, lo que hace que se deterioren más rápidamente y representa una amenaza tóxica para quienes trabajan en estos lugares o en sus alrededores.

Si bien mantener un rango de pH de 6.5 a 9 es lo mejor para la mayoría de las aguas superficiales, se prefiere un agua ligeramente más ácida para el riego de cultivos, ya que en ella los nutrientes se disuelven más fácilmente. Esto facilita que las plantas absorban los compuestos que necesitan para crecer y disminuye las tasas de aplicación de fertilizante necesarias para alcanzar los objetivos de rendimiento. A menudo, se agrega ácido al agua antes del riego para lograr estos objetivos y mantener un pH óptimo.

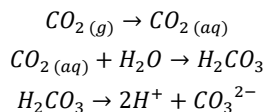
IMPACTOS DEL PH ALTO

El pH alto en el agua no se considera tanto como un problema, pero tiene implicaciones importantes para la salud del agua. Por ejemplo, una idea errónea común sobre las úlceras estomacales es que son causadas por la acidez o por bacterias que prosperan en ambientes más ácidos como el estómago. Sin embargo, las úlceras sorprendentemente se deben a un tipo de bacteria que prefiere un pH neutro. Esto llevó a las personas que sufrían de úlceras a tomar medicamentos para aumentar el pH de su estómago, sin saberlo, haciendo de su estómago un lugar más habitable para que esta especie de bacteria sobreviviera. Esto demuestra lo importante que es saber qué bacterias son saludables para un sistema y qué rangos de pH pueden ayudar o dificultar sus procesos naturales. Un pH alto puede privar de energía a las células y los microorganismos al agotar los iones H^+ que cubren la superficie de las células. El aumento del pH tiene una ventaja en el tratamiento del agua, ya que la mayoría de los minerales y metales se precipitarán y podrán filtrarse físicamente.

FUENTES DE CAMBIOS EN PH

El pH en las aguas de los ríos puede verse afectado por muchas cosas, incluyendo:

- Lluvia ácida – la lluvia es naturalmente ácida, incluso sin contaminación. A medida que las gotas de agua pasan por el aire, entran en contacto con altas concentraciones de CO_2 . El CO_2 reacciona con el agua para formar ácido carbónico ($H_2CO_{3(aq)}$), y el ácido carbónico se disuelve, liberando iones H^+ y disminuyendo el pH del agua.



- ◆ Rocas circundantes – El contacto con rocas que contienen carbonato cálcico o magnésico eleva el pH del agua.
- ◆ Plantas acuáticas – Dependiendo de la cantidad de plantas en el agua, el pH puede cambiar drásticamente entre la noche y el día a medida que las plantas realizan la fotosíntesis o respiran. Mientras que la fotosíntesis consume CO_2 , la respiración libera CO_2 en el agua. Como vimos con la lluvia, este CO_2 adicional hace que el pH disminuya. Durante el día, especialmente durante la primavera y el verano, domina la fotosíntesis y disminuyen las concentraciones de CO_2 , aumentando el pH del agua. Por el contrario, durante la noche y durante los meses de otoño e invierno, predomina la respiración, se libera más CO_2 y el pH disminuye.

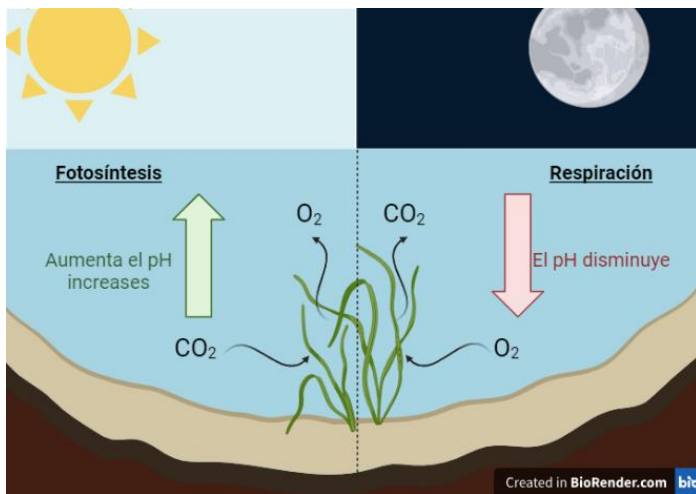


Figura 2: Efecto de la fotosíntesis y la respiración sobre el pH

- ◆ Contaminación industrial – Los flujos de desechos de diferentes industrias, como la automotriz, textil y minera, arrojan contaminantes a los ríos. Para estas industrias, esto consiste principalmente en tintes, metales, ácidos, soluciones de limpieza, pinturas y aceites. Estos flujos de desechos pueden disminuir el pH del agua del río al mismo tiempo que introducen metales y sales que se vuelven más tóxicos a estos valores de pH más bajos.
- ◆ Descarga de aguas residuales – incluso las aguas residuales tratadas pueden disminuir el pH del río al que desembocan dependiendo de los tratamientos que utilice. Cuando los contaminantes se degradan usando bacterias u oxidantes, sus productos incluyen CO_2 que, al igual que con la lluvia y los procesos de las plantas, disminuye el pH.

MEDICIÓN DE PH

Las sondas de pH se utilizan en el laboratorio y en el campo para medirlo en un sitio determinado. Al final de la sonda hay un electrodo que mide el voltaje de la muestra y lo compara con el voltaje de una muestra con un valor de pH conocido. Este método se basa en una calibración confiable para ser preciso, pero puede devolver valores de pH con hasta algunos decimales de error.

Un método más sencillo utiliza papel tornasol que, cuando entra en contacto con el agua, cambia de color para indicar el pH. Este método no es tan preciso y depende del lector para juzgar el resultado contra un gráfico colorimétrico, pero sigue siendo útil cuando no se dispone de un medidor de pH eléctrico o no se puede calibrar con confianza.

ALCALINIDAD

La **alcalinidad** es la capacidad del agua para neutralizar ácidos y bases y mantener estable el nivel de pH actual. Este parámetro es importante porque, mientras que el pH es neutro, si la alcalinidad es baja, el pH podría alterarse fácilmente, especialmente por la lluvia ácida o la adición de productos químicos. A la alcalinidad también se le conoce como "capacidad amortiguadora", un indicador de la cantidad de ácido o base que puede soportar la solución antes de que el pH cambie significativamente. Con una alta capacidad amortiguadora, un agua podría experimentar una afluencia repentina de contaminación y no experimentar demasiados efectos negativos porque se neutraliza rápidamente. Varios factores ambientales pueden afectar la alcalinidad como se resume en el Cuadro 1:

Alcalinidad - la capacidad del agua para neutralizar ácidos y bases

Cuadro 1: Compuestos y factores ambientales que afectan la alcalinidad

Compuestos que elevan la alcalinidad	Compuestos que disminuyen la alcalinidad
Carbonato de calcio (CaCO_3) de las rocas o de la escorrentía del césped Hidróxido de sodio (sosa cáustica) Carbonato de sodio Bicarbonato de sodio Hidróxido de magnesio Bicarbonato de magnesio	Granito Amoníaco / urea de residuos Ácidos / Contaminación

Los compuestos como los carbonatos se combinan con los iones H^+ para formar nuevos compuestos por lo que, cuando estos compuestos neutralizantes han reaccionado con todos los iones H^+ que pueden, cualquier ácido adicional no se neutralizará y el pH comenzará a cambiar más rápidamente.

El método común para determinar la alcalinidad es realizar la titulación. El pH del agua se rastrea a medida que se agregan pequeñas cantidades de ácido a una muestra agitada del agua. A medida que los compuestos neutralizadores de ácidos en el agua se “agotan”, el pH comenzará a cambiar linealmente (se acuerda que esto ocurra a $\text{pH} = 4.2 - 4.5$). El punto donde el cambio de pH se vuelve lineal se usa para determinar la alcalinidad y esto se mide en $\text{mg CaCO}_3 / \text{l}$ para indicar que es la concentración de compuestos neutralizantes de ácido en la muestra de agua.

SALINIDAD

Cuando las sales se disuelven en agua, se descomponen en iones con carga positiva y negativa. La concentración de estos iones se llama salinidad y tiene muchos impactos en la calidad del agua municipal, la calidad del agua de riego y el ecosistema acuático.

Componentes principales:

- 🔥 Sodio (Na^+)
- 🔥 Calcio (Ca^{2+})
- 🔥 Potasio (K^+)
- 🔥 Magnesio (Mg^{2+})
- 🔥 Cloruro (Cl^-)
- 🔥 Sulfato (SO_4^{2-})
- 🔥 Carbonato (CO_3^{2-})
- 🔥 Bicarbonato (HCO_3^{2-})

Componentes menores:

- 🔥 Nitratos (NO_3^-)
- 🔥 Fosfatos (PO_4^{3-})

iones – partículas y compuestos con una carga neta positiva o negativa

Los cationes tienen carga positiva
Los aniones tienen carga negativa

Comentado [KL1]: Format after figures

Si bien los nitratos y los fosfatos no contribuyen mucho a la salinidad, son muy importantes en los procesos biológicos. La salinidad se mide más comúnmente como total de sólidos disueltos (TSD), que es solo la concentración de sólidos que se han disuelto completamente en el agua. el Cuadro 2 resume los rangos comunes para diferentes tipos de agua, aunque estos valores pueden variar.

Cuadro 2: Rangos de Salinidad como TSD para diferentes tipos de agua

Tipo de Calidad del agua	Rango de TSD en mg/l
Río de agua dulce	50 - 500
Buena agua potable	< 600
Agua potable aceptable	600 – 900
Pobre agua potable	900 – 1200
Agua potable inaceptable	> 1200
Agua salada	> 10,000
Agua de Mar	> 35,000

La alta salinidad puede tener muchos efectos negativos en quienes la consumen o viven en ella. Para los humanos y los animales que beben agua con alta salinidad pueden experimentar deshidratación y efectos laxantes ya que la alta concentración de sales extrae agua del cuerpo de manera efectiva. Con el tiempo, el consumo de aguas salinas puede provocar cálculos renales, enfermedades cardíacas y diabetes. Por el contrario, eliminar demasiada sal en el agua potable (como con el agua destilada) puede hacer que el agua extraiga sales y minerales del cuerpo que son necesarios para una buena salud.

Si se usa para otros fines, el agua salada puede causar corrosión y descamación en las tuberías y la infraestructura, lo que resulta en reparaciones que terminan costando más dinero a los municipios. En la agricultura, especialmente en regiones áridas o semiáridas donde las precipitaciones son limitadas, el riego de cultivos con agua salina puede provocar una acumulación de salinidad en el suelo. La salinidad en la zona de las raíces de los cultivos les impide absorber el agua que necesitan para crecer adecuadamente. Esto puede conducir a una disminución de los rendimientos o a que los agricultores tengan que cambiar completamente su cultivo a una opción más resistente a la sal. Las sales y minerales son importantes para la salud de los organismos acuáticos, pero cuando son introducidos de forma artificial a un ambiente en concentraciones superiores a lo que los organismos están acostumbrados, puede afectar el balance entre el agua y los minerales de las células de los organismos. Los altos niveles de TSD pueden extraer agua del organismo y los niveles bajos pueden extraer los minerales y sales necesarios del organismo.

CONDUCTIVIDAD

La **conductividad** es la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica y se mide más comúnmente en micro-Siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o $\mu\text{mho}/\text{cm}$. El agua tiene una capacidad natural para pasar pequeñas cantidades de corriente, pero la presencia de compuestos cargados y partículas (iones) permite que la corriente pase aún más

Conductividad - la capacidad del agua para conducir la electricidad

fácilmente. Debido a esto, la conductividad se usa como una indicación de cuántos contaminantes se pueden disolver en el agua. De hecho, el agua puede ser clara y no parecer una amenaza, pero ser más salada que el agua de mar (una razón para no confiar siempre en que el agua clara sea segura para el consumo). Se utiliza una sonda para medir la conductividad la cual utiliza dos o más electrodos dentro de su carcasa a una distancia determinada para medir el tiempo que tarda la corriente en pasar de un electrodo al otro. Cuanto más rápido sea el tiempo, más salina será la muestra. El Cuadro 3 resume los resultados de conductividad para tipos comunes de agua.

Cuadro 3: Rangos de Conductividad para diferentes tipos de agua

Tipo de Agua	Conductividad ($\mu\text{mho/cm}$)
Agua destilada	0.5 – 3.0
Nieve derretida	2 - 42
Agua potable	30 - 1500
Arroyos de Agua Dulce	100 - 2000

RESISTIVIDAD

La contraparte de la conductividad es la resistividad, que se entiende como la capacidad del agua para resistir la corriente eléctrica. Matemáticamente, es la inversa de la conductividad y utiliza las unidades $\text{M}\Omega\text{-cm}$.

OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno nos resulta más familiar en estado gaseoso, pero cuando entra en contacto con el agua (a través del viento, la atmósfera o la fotosíntesis), se disuelve y se vuelve acuoso y está disponible para que lo use la vida acuática. El oxígeno disuelto (OD) se mide de dos maneras, como $\text{mg O}_2/\text{l}$ o como un porcentaje junto con la temperatura. Esto se debe a que a medida que cambia la temperatura, también cambia la cantidad "máxima" de oxígeno que el agua puede contener. Por ejemplo, a 4°C (39°F), el oxígeno puede saturar completamente el agua al 100% y su concentración sería de aproximadamente $10.92 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Sin embargo, si la temperatura aumenta a 21°C (70°F), la saturación del 100 % es solo $8.68 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Es más probable que el oxígeno en aguas más cálidas se libera de regreso a la atmósfera y no pueda soportar la misma cantidad de vida silvestre acuática con la misma facilidad.

Saturar – Cuando el gas más abundante se disuelve en agua y en equilibrio

Permear – pasar a través de una barrera o membrana

Reacción de reducción-oxidación
– Una reacción química que involucra la transferencia de electrones.

El OD se mide en el campo usando una sonda con un electrodo protegido por una barrera en el extremo que permite al oxígeno **permear** fácilmente. Una vez dentro de la sonda, se produce una **reacción de reducción-oxidación** que

permite que fluyan algunos electrones, lo que crea una pequeña corriente eléctrica. Esta corriente es proporcional a la concentración de O₂ en el agua, por lo que la concentración de OD se puede determinar de forma rápida y precisa. El OD también se puede medir por titulación, sin embargo, esto significa que las mediciones de campo pueden no ser tan precisas, ya que llevaría tiempo traer la muestra para analizarla.

TEMPERATURA

La temperatura del agua es importante al considerar sus cualidades ya que afecta muchas de las medidas tomadas, la química del agua y el ecosistema acuático.

A temperaturas más altas, el agua se disocia en más iones, lo que reduce ligeramente el pH y aumenta la conductividad. El oxígeno tiene más dificultades para permanecer disuelto en aguas más cálidas, por lo que las lecturas de OD serán más bajas. Las sales y los metales se disuelven más fácilmente a temperaturas más altas, lo que influye en la toxicidad y la potabilidad del agua. Los peces, las algas y las bacterias también tienen necesidades específicas de temperatura para vivir y reproducirse. Con temperaturas en aumento, menos oxígeno disponible y más contaminantes nocivos disueltos en el agua, esto dificulta que los ríos mantengan su salud ambiental.

CORRIENTE DE RÍO

El volumen y la velocidad del agua en un río son importantes para el tipo de organismos que pueden sobrevivir en esa área e importantes en la capacidad del río para dispersar contaminantes antes de que puedan representar una amenaza para los organismos cercanos. Si bien un flujo rápido o lento no es necesariamente bueno o malo para el río, es importante asegurarse de que esta calidad no cambie tan rápido como para amenazar a los organismos que necesitan cierto tipo de entorno para sobrevivir.

COLOR Y OLOR DEL RÍO

Prestar atención al color y la apariencia del agua del río es un método común para determinar su condición. Los 3 colores principales de los ríos son: claro, marrón fangoso o verde. El agua clara indica que hay un equilibrio de vida dentro del agua, cualquier desecho o materia vegetal muerta está siendo degradada bien por los microorganismos. Un color marrón fangoso (también conocido como turbidez y medido en UNT, como se muestra en la Figura 3) indica que hay mucho suelo o sedimento que se erosiona a medida que pasa el río.

Turbidez (UNT)



Figura 3: Visualización de diferentes medidas de turbidez (Atkin, 2020)

La turbidez en sí no es un parámetro dañino, pero podría sugerir la presencia de microorganismos patógenos y se usa para indicar la salud general. Es posible que esto no cause un problema de calidad del agua, pero puede tener impactos en el curso del río o en los peces si no están adaptados a las aguas turbias.

El agua verde es una señal de que hay una gran proporción de algas en el agua. Pequeñas cantidades de algas no son dañinas, sin embargo, cuando crecen demasiado pueden consumir nutrientes en exceso, agotar el oxígeno del agua y bloquear la luz solar para las plantas submarinas. Algunas especies de algas también producen toxinas que pueden dañar o matar a humanos y animales. Las algas dañinas pueden ser verdes, rojas, azules, marrones o no tener color, pero pueden causar espuma en la superficie. Normalmente, las bacterias beneficiosas compiten con las algas por los nutrientes y pueden mantener sus poblaciones bajo control, pero como algunos contaminantes introducen una concentración mucho mayor de nitrógeno y fósforo en el agua, las algas pueden crecer más rápido y convertirse en un problema para el ecosistema acuático.

Al igual que el color, el olor es una medida cualitativa que puede indicar algún problema con la calidad del agua. Las fuentes de contaminación, como productos químicos, desechos, aceites o descomposición, son detectadas fácilmente por los humanos. Si bien no pueden brindar datos precisos de ninguna contaminación, pueden dar una buena idea de qué contaminantes buscar.

LÍMITES PERMISIBLES COMUNES SOBRE EL AGUA

La Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEMARNAT-2021) emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. La concentración de parámetros básicos, así como de contaminantes, patógenos y parásitos para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, no debe exceder el valor indicador como límite permisible de acuerdo al tipo de cuerpo receptor. En el Cuadro No. 4 se enlistan algunos de los parámetros establecidos para ríos, arroyos, canales y drenes.

Cuadro 4: Límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores de propiedad de la nación.

Parámetros	Promedio Mensual	Promedio Diario	Valor Instantáneo
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y Aceites (mg/L)	15	18	21
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	60	72	84
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	150	180	210
Carbono Orgánico Total (mg/L)	38	54	53
Nitrógeno Total (mg/L)	25	30	35
Fósforo Total (mg/L)	15	18	21
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	250	500	600
Enterococos fecales (NMP/100mL)	250	400	500
pH (UpH)	6 - 9		
Color Verdadero: Longitud de onda (nm)			
Coefficiente de absorción espectral máximo (1/m)	436 525 620	7.0 5.0 3.0	
Toxicidad aguda (UT)	2 a los 15 minutos de exposición		
SST – Sólidos Suspendidos Totales DQO – Demanda Química de Oxígeno	COT – Carbono Orgánico Total UT – Unidades de Toxicidad		

Otra referencia para calidad de agua establecida en la normativa mexicana es la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-2021) emitida por la Secretaría de Salud, la cual establece los límites permisibles de calidad de agua para uso y consumo humano. Si bien los límites impuestos al agua para el consumo humano no siempre se traducen en lo que es saludable o aceptable para las corrientes de agua dulce, pueden ser un buen indicador de los rangos de parámetros que son deseables. En el Cuadro No. 5 se presentan algunos de los datos de la NOM-179-SSA1-2020.

Cuadro 5: Límites permisibles de NOMAS para agua para consumo humano

Parámetros	Límite permisible	Unidades
pH	6.5 – 8.5	UpH
Sólidos disueltos totales	1000	mg/L
Turbiedad	4	UNT
Dureza total como CaCO ₃ ¹	500	mg/L
Color Verdadero ²	15	UC
Cianuros totales	0.07	mg/L
Fluoruros como F ⁻	1.5	mg/L
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	0.50	mg/L
Nitrógeno de nitratos (N-NO ₃ ⁻)	11	mg/L
Nitrógeno de nitritos (N-NO ₂ ⁻)	0.9	mg/L
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	400	mg/L
Sustancias activas al azul de metileno ³	0.5	mg/L

¹ La dureza total es una medida de la concentración de cationes divalentes como Ca²⁺ o Mg²⁺.

² El color verdadero es una prueba colorimétrica que evalúa el color de una muestra de agua después de la filtración.

³ El azul de metileno se utiliza para determinar la concentración de detergentes o agentes espumantes.

CALIDAD AMBIENTAL

La calidad del entorno que rodea al río va de la mano con la calidad del agua. No solo puede indicar cambios en la salud del agua y la vida silvestre acuática, sino que un entorno fluvial saludable sirve para mantener el equilibrio y proteger los ecosistemas acuáticos de las amenazas externas.

BIOMONITOREO Y BIOINDICADORES

El biomonitoreo (o monitoreo biológico) es el uso sistemático de organismos vivos o sus respuestas para determinar la condición o los cambios del medio ambiente. Si bien el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos es muy importante para comprender la salud de un río, estos solo pueden brindar información de primera mano de lo que puede estar sucediendo debajo del agua. Estos parámetros pueden variar con las estaciones, las horas del día y la temperatura. Al observar el estado y cualquier cambio en el medio ambiente y la vida silvestre en el río y sus alrededores, podemos ver si hay indicios de influencias negativas persistentes en el agua del río. Por ejemplo, si se toma una muestra por la mañana y el pH, el OD y la temperatura resultante están dentro del rango normal, se podría sacar fácilmente la conclusión de que el río está saludable. Sin embargo, si hay una reducción visible en la población de peces e **invertebrados** en el río, esto indica que hay una degradación persistente en la calidad del agua del río que no se detecta mediante muestreo y se necesitará más investigación para encontrar la causa.

Invertebrados – organismos que no tienen columna vertebral, como insectos, caracoles o crustáceos

BIODIVERSIDAD

La biodiversidad en la flora y la fauna de un ecosistema es importante para su supervivencia. Tener una amplia gama de diferentes plantas y animales ofrece una mayor cantidad de recursos para elegir. Si una especie se vio afectada por algo y su población sufre o si solo pueden proporcionar una fuente de alimento durante parte del año, contar con especies alternativas puede proteger la salud del resto del ecosistema.

Al decidir sobre un plan de biomonitoreo, es importante definir qué indicadores se van a monitorear. Algunos planes de biomonitoreo se enfocan en la fauna de un área, observando los vertebrados e invertebrados en la sección definida, mientras que otros registran la flora nativa y su cobertura de la sección. En ambos casos, es importante tener en cuenta la presencia de especies nativas frente a especies exóticas que pueden estar invadiendo los nutrientes y el agua necesarios para sustentar la biodiversidad nativa. Esto requiere que las personas que observan el medio ambiente tengan una buena familiaridad con las especies nativas de un área.

La vegetación **riberaña** tiene la importante función de capturar y mantener sedimentos ricos en nutrientes que pueden proteger al río de la erosión y proporcionar nutrientes al ecosistema acuático. Al observar la cantidad y el tipo de cobertura que tiene un río, podemos determinar la salud general de la zona ribereña y los impactos que puede tener en este.

Ribereño – relativo o situado en las orillas de un río

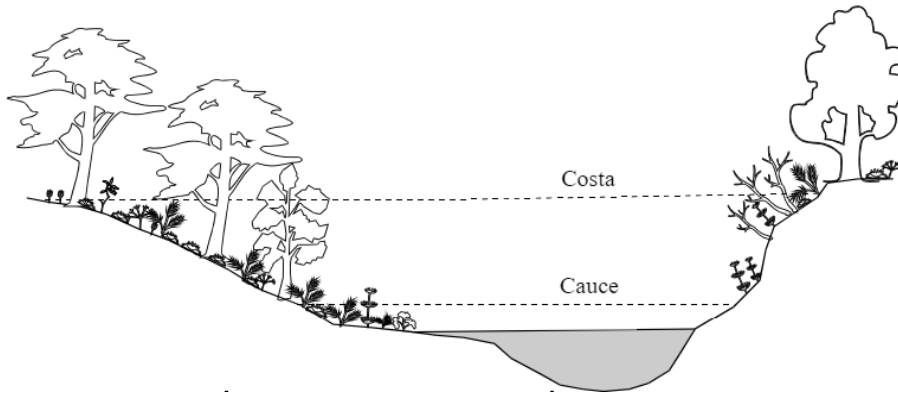


Figura 4: Diagrama de la orilla y el lecho del río

La forma de la orilla del río indica la salud de este al mostrar cuánta erosión se está produciendo. Cuando los suelos de una región de un río se erosionan, son arrastrados aguas abajo con los nutrientes que puedan contener.

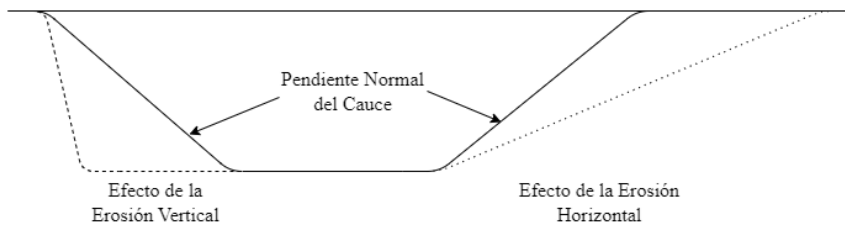


Figura 5: Efecto de diferentes tipos de erosión

Esto causa turbidez, exceso de nutrientes, crecimiento de algas y sedimentación; esta sedimentación disminuye la profundidad de los ríos y provoca inundaciones en esta zona. Al mantener una vegetación ribereña saludable, el suelo se erosiona con menos facilidad y se evitan cambios drásticos en el curso del río.

INDICADORES ANTROPOGÉNICOS

También se debe considerar cómo los impactos antropogénicos en el río están teniendo un impacto. Muchas actividades humanas pueden afectar negativamente la calidad del agua de los ríos:

Antropogénicos –
contaminación o cambio ambiental originado en la

- ♣ Las comunidades introducen desechos y nutrientes en el agua que alteran el equilibrio entre las bacterias beneficiosas y las algas que privan al agua de oxígeno.
- ♣ Las construcciones de concreto son útiles para controlar la erosión, las inundaciones y para construir una infraestructura duradera, pero las superficies de concreto aumentan la temperatura del agua, interrumpen los flujos naturales importantes y el polvo de concreto puede contaminar las aguas.
- ♣ Las represas pueden interrumpir los patrones de migración y reproducción de los peces, afectar las temperaturas, el OD, las composiciones químicas y permitir que las especies invasoras pueblen sus embalses que, de otro modo, no habrían sobrevivido en un río de flujo libre. También pueden disminuir drásticamente el agua disponible que la flora y la fauna ribereñas necesitan para sobrevivir.
- ♣ La escorrentía de las carreteras cercanas introduce muchos contaminantes, desde hidrocarburos hasta refrigerantes y metales pesados.
- ♣ La recreación en un río puede provocar cambios en el paisaje y pesca no regulada.
- ♣ El ganado introduce grandes volúmenes de desechos, erosiona las orillas de los ríos y puede aumentar los TSD que transporta río abajo.
- ♣ La escorrentía agrícola es una de las fuentes de contaminación con mayor impacto, ya que transporta fertilizantes y nutrientes de los campos al río, lo que provoca la sobrepoblación de algas.

En total, la salud de un río o arroyo se puede determinar mediante las observaciones enumeradas en el Cuadro 6. Estas opciones no son las únicas formas y no son todas necesarias para determinar la salud, pero ofrecen un enfoque amplio y general su evaluación ambiental.

Cuadro 6: Signos de arroyos saludables y no saludables

Señales de un arroyo saludable	Señales de un flujo no saludable
Suave pendiente de la orilla	Pendiente pronunciada (o pendiente demasiado poco profunda) indica erosión y deposición
Vegetación sana y diversa	Poca o ninguna vegetación
Impacto limitado o contacto con actividades humanas.	Contacto excesivo con actividades humanas.

Color claro	Color opaco, agua fangosa
Sin espuma ni contaminantes en la superficie	Brillos de aceite o crecimiento excesivo de algas
Flujo constante	Agua estancada
Diversidad de vida acuática	Población acuática reducida

CONCLUSIÓN

Cuando se usa junto con las mediciones de los parámetros de calidad del agua (pH, conductividad, TSD, OD, salinidad y temperatura) tomadas en diferentes lugares, las observaciones sobre el entorno biológico alrededor de un río (cobertura de vegetación, biodiversidad, interacciones con animales, interacciones con humanos y barreras no naturales) son fundamentales para monitorear su salud y rastrear las fuentes de contaminación antes de que se vuelvan perjudiciales. Es importante conocer las necesidades específicas de cada río (qué organismos y comunidades dependen de él) para poder saber qué rangos de parámetros de calidad y características físicas son apropiados para cada segmento.

REFERENCIAS

- Atkin, E. (2020). *How can I measure Turbidity*. Retrieved 2023, from The Laboratory People: Camlab's Blog and Information Data: <https://camlab.info/how-can-i-measure-turbidity/>
- Bergstrom, C., McKeel, C., & Patel, S. (n.d.). *Effects of pH on algal abundance: A model of Bay Harbor, Michigan*. University of Michigan. Retrieved 2023, from https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/57443/Bergstrom_McKeel_Patel_2007.pdf?se#:~:text=Algal%20abundance%20is%20affected%20by,when%20the%20pH%20is%20raised.
- Calderon, M. R., González, S. P., Pérez-Iglesias, J. M., & Jofré, M. B. (2023). Anthropogenic impacts on rivers: use of multiple indicators to assess environmental quality status. *Hydrobiologia*, 850(2), 469-487. doi:10.1007/s10750-022-05090-6
- Fondriest Environmental Learning Center. (n.d.). *Dissolved Oxygen*. Retrieved 2023, from <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>
- Guerrero-Aguilar, A., Rodríguez-Castrejon, U. E., Serafin-Munoz, A. H., Schuth, C., & Noriega-Luna, B. (2022). *Bioindicators and biomonitoring: Review of methodologies applied in*

water bodies and use during the Covid-19 pandemic. Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y Posgrado. doi:<https://doi.org/10.15174/au.2022.3388>

International Rivers. (n.d.). *Environmental Impacts of Dams*. Retrieved 2023, from International Rivers. People. Water. Life.: <https://archive.internationalrivers.org/environmental-impacts-of-dams>

Li, L., Zheng, B., & Liu, L. (2010). Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1510-1524. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.164>

NORMA Oficial Mexicana. (2017). *NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua*. NORMA Oficial Mexicana, Secretaría de Salud. Retrieved 2023, from <https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/5650705>

Prat, N., & Munné, A. (2014). Biomonitorio de la calidad del agua en los ríos ibéricos: lecciones. *Limnetica*, 33(1), 47-64. doi:10.23818/limn.33.05

Queen Mary University of London. (n.d.). *pH*. Retrieved from <https://www.qmul.ac.uk/chesswatch/water-quality-sensors/ph/>

The Clean Water Team. (2004). *Electrical Conductivity/Salinity Fact Sheet*. Fact Sheet, State Water Resources Control Board. Retrieved 2023, from https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf

Water Science School. (2019). *pH and Water*. Retrieved 2023, from USGS: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/ph-and-water#overview>

Zhang, Y.-J., Li, S., Gan, R.-Y., Zhou, T., Xu, D.-P., & Li, H.-B. (2015). Impacts of Gut Bacteria on Human Health and Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(4), 7593-7519. doi:<https://doi.org/10.3390%2Fijms16047493>