

Tomás Ramón Florville-Alejandro y René Ricardo Cuéllar Rodríguez

Explorando las estaciones hidrométricas

Resumen

Las estaciones hidrométricas son clave para la gestión de los recursos hídricos y del territorio. Este artículo las define, explica su propósito, introduce los parámetros e instrumentos que emplean, aborda su identificación y clasificación, y destaca la importancia de su ubicación y distribución según criterios internacionales. Presenta, asimismo, alternativas en contextos desafiantes y concluye resaltando su función estratégica frente al cambio climático.

Abstract

Hydrometric stations are essential for the management of water resources and land use. This paper defines them, explains their purpose, introduces the parameters and instruments they use, discusses their identification and classification, and highlights the importance of their location and distribution according to international criteria. It also presents alternatives for challenging contexts and concludes by emphasizing their strategic role in addressing climate change.

Para resolver un problema es esencial conocer y entender las causas que lo provocan. En la gestión de los recursos hídricos las estaciones hidrométricas son cruciales para este propósito. Una estación hidrométrica es un lugar donde se miden y registran sistemáticamente parámetros hidrológicos de ríos, arroyos u otros cuerpos de agua. Así pues, proporcionan información valiosa sobre la cantidad y calidad del recurso hídrico.

Dichos parámetros incluyen caudal, nivel, velocidad, sedimentos y calidad del agua. El *caudal* es la cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo y permite conocer la magnitud del flujo en un río o canal. El *nivel* corresponde a la altura de la superficie del agua respecto a un punto de referencia y es clave para monitorear variaciones en embalses y cauces. La *velocidad* describe la distancia recorrida por una partícula de agua en una unidad de tiempo y es esencial para calcular el



Aforos
Medición del volumen de agua que atraviesa una corriente en un punto y momento específicos. Se expresa en unidad de volumen sobre tiempo; por ejemplo, metros cúbicos por segundo (m³/s).

Curva de gasto
Relación matemática entre el nivel y el caudal, construida a partir de aforos previos en distintos niveles, y utilizada para estimar el flujo en un punto del río sin necesidad de efectuar aforos directos. Se denomina también *curva de descarga* (rating curve en inglés).

caudal y analizar la dinámica del movimiento. Los *sedimentos* representan la cantidad de partículas sólidas transportadas por el agua en un volumen determinado, información necesaria para estudiar procesos de erosión y sedimentación. Finalmente, la *calidad del agua* se evalúa mediante parámetros físicos, químicos y biológicos como temperatura, conductividad, pH o presencia de patógenos, lo que permite determinar el estado del recurso hídrico y su aptitud para distintos usos.

Registrar el nivel es más económico y sencillo que medir directamente el caudal; por ello, con frecuencia se realizan **aforos** a diferentes niveles en secciones transversales de interés, a partir de los cuales se obtienen pares nivel-caudal. Estos pares se ajustan mediante una función matemática llamada **curva de gasto**, que transforma registros automáticos de nivel en valores de caudal, para permitir la estimación continua del flujo. La curva de gasto es el principio operativo esencial de la mayoría de las estaciones hidrométricas.

■ **Instrumentación hidrométrica**

■ Los instrumentos convencionales permiten medir parámetros clave en ríos y embalses. El nivel se registra con reglas limnimétricas y sensores de presión, radar o ultrasonido, que indican la altura de la superficie libre. El caudal se determina mediante aforos con molinetes hidrométricos o con perfiladores acústicos Doppler (ADCP, por sus siglas en inglés), capaces de calcular el flujo total a partir de la velocidad y la sección transversal del cauce. La velocidad del agua se mide con correntómetros mecánicos o electrónicos, que registran la rapidez del flujo en distintos puntos. Para analizar sedimentos se emplean muestreadores como el USDH-48 o bo-

tellas Van Dorn, que recolectan partículas en suspensión o de fondo, esenciales para estudiar erosión y transporte sólido. Finalmente, la calidad del agua se evalúa con equipos multiparámetro portátiles que miden pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez y otros indicadores físicoquímicos, fundamentales para el control ambiental y la gestión de recursos hídricos.

■ **Diversidad y complejidad hidrológica**

■ Las estaciones hidrométricas se clasifican según tres criterios esenciales. Por su modo de transmisión, pueden ser locales, con almacenamiento en sitio y recuperación periódica; remotas, mediante el envío de datos a distancia en intervalos programados; o en tiempo real, con transmisión inmediata a centros de control. Según los parámetros medidos, se distinguen estaciones de nivel, caudal, velocidad, calidad del agua, sedimentos, temperatura o integrales, que combinan varios registros. Finalmente, por modalidad de registro, hay estaciones manuales, con lecturas realizadas por un observador; automáticas, con sensores electrónicos de registro continuo; y semiautomáticas, con instrumentos que realizan la medición, pero requieren apoyo humano.

■ **Identificación y clasificación de las estaciones hidrométricas**

■ Las estaciones se distinguen mediante un sistema de códigos de identificación y clasificación, que varía según la organización o país. El código de identificación es una clave única, numérica o alfanumérica, asignada a cada estación por el organismo encargado de operarla como, por ejemplo, el Servicio Geológico de Estados Unidos (**Tabla 1**).

Tabla 1. Códigos de identificación comunes para estaciones hidrométricas.

Núm.	Código	Descripción
1	Código Hidrológico Nacional	Identificador único de estaciones hidrométricas en México.
2	Código del Servicio Geológico de EE. UU.	Identificador único de estaciones hidrométricas en EE. UU.
3	Código de la Organización Meteorológica Mundial	Identificador único en el ámbito internacional.

Tabla 2. Atributos descriptivos para el establecimiento de códigos de clasificación de estaciones hidrométricas (OMM, 2008).

Núm.	Atributo	Descripción
1	Denominación	Nombre común de la estación, generalmente asociado al del río o cuenca donde se ubica.
2	Localización	Coordenadas geográficas (latitud y longitud), que permiten ubicar la estación en un mapa.
3	Nivel de referencia	Altitud de la estación respecto a un nivel de referencia, como el nivel del mar.
4	Tipo	Clase de estación, como aforo (caudal), limnigráfica (nivel) o limnimétrica (variación del nivel).
5	Parámetros observados	Variables registradas en la estación, como nivel del agua, caudal, temperatura, etcétera.
6	Instrumentación	Instrumentos y equipos empleados, como sensores de nivel, pluviómetros, caudalímetros, etcétera.
7	Programa de observación	Horario y frecuencia de observación, que indican cuándo y con qué regularidad se toman mediciones.
8	Información de control	Información sobre controles o regulación aguas arriba que puedan afectar los registros.
9	Antecedentes	Historia de la estación, incluido el registro de fechas de inicio de operación, reubicaciones y cambios de clasificación.
10	Observador	Datos del encargado de las observaciones, para garantizar seguimiento y responsabilidad en las actividades.
11	Accesos y croquis	Esquema detallado de la estación, incluidas rutas de acceso, distancias y medios de transporte disponibles.

El código de clasificación es un identificador usado para categorizar las estaciones hidrométricas con base en atributos que definen sus características y finalidades (Tabla 2). Ambos códigos se almacenan en un padrón hidrológico a cargo de la entidad administradora del recurso hídrico para simplificar la localización y acceso a los datos hidrométricos.

Sinergia entre estaciones hidrométricas

Las estaciones hidrométricas generalmente funcionan en conjunto. A un grupo de estaciones operadas para alcanzar un objetivo hidrológico específico se le llama red de observación hidrométrica, o simplemente red hidrométrica. Los datos recolectados ayudan en la planificación del territorio, lo que permite prevenir, mitigar o corregir riesgos de inundación y sequía, además de facilitar la asignación de recursos hídricos y la conservación de ecosistemas ribereños y acuáticos, entre otros.

Como ejemplo, la red hidrométrica de México es un sistema nacional operado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que integra más de 2000 estaciones para medir niveles y caudales de ríos, con datos centralizados en el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). Estos registros se complementan con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que aporta información climática esencial para la gestión del recurso hídrico. Las cuencas de los ríos Bravo, Lerma-Chapala-Santiago y Grijalva-USUMACINTA son las más importantes monitoreadas en México.

Ubicación de las estaciones hidrométricas

La ubicación de las estaciones suele basarse en criterios de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2008). Un emplazamiento y distribución adecuados garantizan información de la mejor calidad por el monto de los recursos invertidos, lo que maximiza la relación costo-beneficio.

Para diseñar una nueva red o revisar una existente, estos criterios se relacionan con factores institucionales, económicos y el propósito específico de la red. Éstos son útiles para guiar la selección general de los cursos de agua donde se realizarán mediciones (Tabla 3).

Respecto a las variables para elegir el emplazamiento, los criterios se relacionan con las características físicas del curso de agua y factores de comunicación y accesibilidad del sitio, pues resultan útiles para orientar las decisiones en contextos específicos, como la selección de sitios para instalar estaciones dentro del curso de agua (Tabla 4).

Los criterios para establecer la densidad mínima de estaciones por unidad de superficie se relacionan con factores fisiográficos, climáticos y socioeconómicos. Sirven de guía en un contexto intermedio

cuando no se dispone de suficiente información para determinar el número mínimo de estaciones que se deben instalar (Tabla 5).

■ ■ ■ **Implementación hidrométrica efectiva**

■ Es importante reconocer que en muchos casos no será posible cumplir todos los criterios. En contextos complejos se recomienda analizar cuidadosamente cada situación antes de decidir el emplazamiento más adecuado y seleccionar el más conveniente. Generalmente, se sugiere aplicar las técnicas más apropiadas para el diseño de la red hidrométrica según la información disponible y los objetivos definidos, que pueden incluir características hidrológicas sencillas, relaciones de regresión o análisis de red más complejos por métodos generalizados de mínimos cuadrados.

Tabla 3. Criterios para el diseño de una nueva red hidrométrica o la revisión de una existente (OMM, 2008).

Núm.	Etapas	Criterio
1	Contexto institucional	Las organizaciones que explotan recursos hídricos deben definir sus funciones y objetivos, en especial, sus responsabilidades legislativas, y mejorar su comunicación para coordinar e integrar las redes.
2	Finalidad de la red	Se deben identificar las finalidades de la red en relación con las variaciones en tiempo y espacio de los usuarios y los usos de los datos, así como anticipar necesidades futuras.
3	Objetivos de la red	Los objetivos de la red deben basarse en su finalidad y la información requerida.
4	Definición de prioridades	Cuando existan múltiples objetivos se deben establecer prioridades. Si el presupuesto disponible es suficiente, todos podrán cumplirse; en caso contrario, deben descartarse los de menor prioridad.
5	Evaluación de redes	Se debe compilar e interpretar la información de las redes existentes para verificar que cumplan sus objetivos, y compararse con otras cuencas.
6	Diseño de red	En el diseño de la red se deben aplicar las técnicas más adecuadas de acuerdo con la información disponible y los objetivos establecidos.
7	Optimización de operaciones	Gran parte del costo de recolección de datos proviene de procedimientos operativos (instrumentos, frecuencia de visitas a estaciones y organización del trabajo en campo). Se debe adoptar un enfoque de costo mínimo.
8	Presupuesto	El costo de funcionamiento de la red debe fijarse según los procedimientos operativos; si se ajusta al presupuesto, puede avanzarse a la siguiente etapa. De lo contrario, se debe buscar financiamiento adicional o reevaluar objetivos y prioridades para reducir gastos. El proceso debe reflejar el impacto de la falta de recursos, los objetivos no alcanzados y la información limitada.
9	Implementación	La puesta en marcha de nuevas redes debe planificarse a corto y largo plazo.
10	Revisión de la red	Dado que algunos componentes cambian con el tiempo, es esencial revisar la red de forma continua para adaptarse a variaciones en usuarios, usos de datos o presupuesto.



Tabla 4. Variables para la selección de sitios potenciales de emplazamiento de estaciones hidrométricas (OMM, 2008).

Núm.	Variable	Criterio
1	Tramo de control	El río debe mantener un curso recto unos 100 m aguas arriba y abajo del punto de medición, así como tener una longitud suficiente para registrar caudales en todos los niveles cercanos. El flujo debe permanecer en el canal sin desvíos subterráneos.
2	Erosión de márgenes y lecho	La sección transversal (las márgenes y el lecho) debe estar libre de erosión, sedimentación y maleza.
3	Pendiente lateral de las márgenes	Las márgenes deben ser permanentes, suficientemente altas para contener niveles de agua elevados y estar libres de arbustos.
4	Presencia de formaciones geológicas	En bajo caudal deben existir controles naturales estables, como afloramientos rocosos; en caudal alto, el canal debe estrecharse o contar con una cascada no sumergida en todos los niveles.
5	Superficie del agua	La superficie del agua cerca de la estación hidrométrica debe permanecer sin olas ni ondulaciones.
6	Tipo de flujo	El flujo en la sección del canal que contiene la estación no debe ser turbulento en ningún nivel de agua.
7	Confluencia con corrientes y efecto de la marea	El emplazamiento debe situarse lejos de confluencias o efectos de marea para evitar influencias externas en el nivel del agua.
8	Diferencia de nivel	El tramo de control debe situarse más alto que los afluentes.
9	Accesibilidad	El emplazamiento debe ser accesible para la instalación y operación de la estación.
10	Transmisión de datos	El emplazamiento debe permitir instalaciones de telemetría o transmisión satelital, si es necesario.
11	Profundidad	La sección transversal debe tener una profundidad mínima de 0.30 m.

Tabla 5. Densidad mínima de estaciones hidrométricas (km²/estación) (OMM, 2008).

Unidad fisiográfica	Precipitación		Evaporación	Flujo fluvial	Sedimentos	Calidad del agua
	Registradoras	Núm. registradoras				
Costa			50 000	2 750	18 300	55 000
Montaña	250	2 500	50 000	1 000	6 700	20 000
Planicie interior	575	5 750	5 000	1 875	12 500	37 500
Montes/ondulaciones	575	5 750	50 000	1 875	12 500	47 500
Islas pequeñas	25	250	50 000	300	2 000	6 000
Áreas urbanas	-	10 a 20	-	-	-	-
Polos/tierras áridas	10 000	100 000	100 000	20 000	200 000	200 000

Aunque se han desarrollado métodos más avanzados para la ubicación y distribución de estaciones, su implementación extensiva continúa siendo limitada en países en desarrollo por restricciones técnicas y económicas. En este sentido, la simplicidad de los criterios expuestos representa su principal fortaleza, y los consolida como herramientas eficaces y de gran valor en el ámbito hidrológico.

■ **Conclusiones**

■ Las estaciones hidrométricas son pilares para la gestión sostenible de los recursos hídricos en América Latina. Su adecuada clasificación, ubicación y operación generan información confiable para la planificación del territorio, la prevención de riesgos y la conservación ambiental. La integración de redes nacionales como BANDAS/CONAGUA con estándares



Medidor de nivel de agua. Tomada de: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/sabes-que-es-una-estacionhidrometrica>.

Recuadro 1.

En México se han empleado distintos sistemas de codificación para estaciones hidrométricas. El formato oficial del Sistema Nacional del Agua usa la estructura RHxx-Subregión-Número (ejemplo: RH12-LM-0203). Otro formato, más detallado y común en manuales técnicos o bases regionales, incluye Región-Subregión-Cuenca-Número de Estación (ejemplo: NO-29-001). Ambos identifican cada estación de forma única: el primero es más compacto y nacional, mientras que el segundo es más descriptivo y regional.

internacionales asegura coherencia metodológica y fortalece la toma de decisiones en escenarios de incertidumbre climática, mientras que la adaptación a contextos geográficos o socioeconómicos complejos amplía las posibilidades de monitoreo en territorios con limitaciones. En este marco, fortalecer la investigación en tecnologías emergentes es una necesidad impostergable que amplía las capacidades de observación y abre nuevas oportunidades para enfrentar los retos del cambio climático.

Tomás Ramón Florville-Alejandre

Departamento de Ciencias, Corporación Educativa del Llano, Colombia, y Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria del Meta, Colombia.
tomas.florville@nas.edu.co

René Ricardo Cuéllar Rodríguez

Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria del Meta, Colombia.
rene.cuellar@unimeta.edu.co

Referencias específicas

OMM (2008; actualización, 2025), *Guía de prácticas hidrológicas, vol I. Hidrología: de la medición a la información hidrológica* (núm. 168), Ginebra, Organización Meteorológica Mundial. Disponible en: <https://library.wmo.int/idurl/4/32737>.

Lecturas recomendadas

Aparicio, F. J. (1989), *Fundamentos de hidrología de superficie*, México, Limusa.

CONAGUA (2019), *Sistema de Información Hidrológica (SIH)*, México, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica. Disponible en: <https://sih.conagua.gob.mx/>, consultado el 13 de agosto de 2026.

Dobriyal, P., R. Badola, C. Tuboi y S. A. Hussain (2017), "A review of methods for monitoring streamflow for sustainable water resource management", *Applied Water Science*, 7:2617-2628. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0488-y>.

OMM (2010a), *Manual on Stream Gauging, vol. I: Fieldwork* (núm. 1044), Ginebra, Organización Meteorológica Mundial. Disponible en: https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/hwmp/publications/stream_gauging/1044_Vol_I_en.pdf.

OMM (2010b), *Manual on Stream Gauging, vol. II: Computation of Discharge* (núm. 1044), Ginebra, Organización Meteorológica Mundial. Disponible en: https://old.wmo.int/extranet/pages/prog/hwmp/publications/stream_gauging/1044_Vol_II_en.pdf.

Simpson, M. (2001), "Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler", *United States Geological Survey*, usgs [en línea]. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr0101/>, consultado el 13 de agosto de 2026.

Tang, Q., G. Huilin, L. Hui y D. P. Lettenmaier (2009), "Remote sensing: hydrology", *Progress in Physical Geography*, 33(4):490-509. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0309133309346650>.