



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

MANUAL DE MONITOREO **DE AGUA SUPERFICIAL**

GUÍA PARA LA TOMA MUESTRAS DE AGUA PARA ANALISIS FISICOQUÍMICOS



Subdirección Ambiental

Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Medellín, 2019

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN	9
2. INTRODUCCIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
1.1 GENERAL	11
1.2 ESPECÍFICOS	11
4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	11
5. LOGÍSTICA DE MONITOREO	13
1.3 ACTIVIDADES PREVIAS A LA SALIDA DE CAMPO	14
1.3.1 Elaboración de memorandos	14
1.3.2 Tramitar órdenes de salida	14
1.3.3 Compra de insumos.....	14
1.3.4 Elaboración de formatos de campo	15
1.3.5 Lavado de recipientes.....	15
1.3.6 Preparación de equipos e insumos.....	15
1.3.7 Preparación muestreo de las variables fisicoquímicas.....	15
1.3.8 Organización de comisiones y distribución de personal.....	15
1.3.9 Transporte	16
1.4 MATERIALES Y EQUIPOS	16
1.4.1 Equipo de medición espectrofotómetro Sumergible SCAN SPECTROLYSER...	17
1.4.2 Equipo de medición espectrofotómetro sumergible IQ SENSOR NET	17
1.4.3 Recipientes.....	17
1.4.4 Rotulación	19
1.4.5 Formato de registro de datos	19
1.4.6 Alistamiento y transporte de recipientes	20
1.5 PROGRAMA DE MONITOREO	20
1.6 TIPOS DE CAMPAÑA	21
1.6.1 Campaña tipo Completa	22
1.6.2 Campaña de Quebradas	22
1.6.3 Campaña tipo Hora Crítica	23
1.6.4 Campaña tipo calibración o verificación.....	23
1.6.5 Campaña de Seguimiento a Metales	23

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

1.7	TIPOS DE MUESTREO	23
1.7.1	Muestreo Manual	23
1.7.2	Muestreo Mixto	24
1.8	TIPOS DE MUESTRAS	24
1.8.1	Muestras simples o puntuales	24
1.8.2	Muestras puntuales integradas	24
1.8.3	Muestras compuestas.....	25
1.9	PROCEDIMIENTO EN LA TOMA DE MUESTRAS.....	25
1.9.1	Muestras simples o puntuales	26
1.9.2	Muestras integradas	26
1.9.3	Muestras compuestas.....	26
1.10	ACTIVIDADES DURANTE EL MUESTREO EN CAMPO.....	27
1.11	RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA EN EL MUESTREO	33
1.12	ACTIVIDADES POSTERIORES AL MUESTREO	36
1.13	ENTREGA DE MUESTRAS AL LABORATORIO	36
6.	PARÁMETROS BIOLÓGICOS	37
1.14	PERIFITON	37
1.15	MACROINVERTEBRADOS.....	37
1.16	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.....	38
1.16.1	Selección del lugar de muestreo.....	38
1.16.2	Selección del tipo de sustrato en el área de estudio	39
1.16.3	Recolección de muestras sobre los sustratos determinados.....	39
1.16.4	Recolección sobre piedras, rocas, cantos rodados o grava	39
1.17	TOMA DE MUESTRAS.....	40
1.18	MÉTODOS DE RECOLECCIÓN.....	41
1.18.1	Aguas Corrientes Poco Profundas.....	41
1.18.2	Aguas Lentas o Corrientes con Vegetación Marginal.....	43
1.18.3	Conservación y transporte	44
1.19	CONSERVACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	44
1.19.1	Perifiton	44
1.19.2	Macroinvertebrados	45
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las estaciones sobre el río	12
Figura 2. Tipos de campañas y muestreos	22
Figura 3. Red Surber	43
Figura 4. Red triangular (D-net")	44
Figura 5. Esquema de la sección transversal para el cálculo del caudal, método área - velocidad	48
Figura 6. Soporte y montaje de Kalesto	50
Figura 7. Especificaciones técnicas del radar Kalesto.....	52
Figura 8. Funcionamiento del radar Kalesto.....	53



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de monitoreo sobre el río Aburrá-Medellín	12
Tabla 2. Estaciones de monitoreo sobre las principales quebradas afluentes al río	12
Tabla 3. Resumen general campañas de monitoreo	20



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. MÉTODOS DE AFORO.....	47
ANEXO 2. FORMATOS DE CAMPO	56



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

1. PRESENTACIÓN

El muestreo, manejo y análisis de muestras de agua de ríos y corrientes para evaluación física, química y microbiológica, los aforos y el estudio de las comunidades acuáticas son actividades que se adelantan dentro del marco de la RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRA – MEDELLIN EN JURISDICCION DEL AREA METROPOLITANA. Por tal motivo, el presente manual procura ser una guía descriptiva del conjunto de pasos necesarios para asegurar que las muestras tomadas sean representativas de las zonas elegidas. Además busca minimizar errores técnicos que se introducen en el momento de la toma de la muestra.

Contiene los elementos y pasos necesarios para realizar un muestreo: materiales y equipos, preparación de la salida a campo, medición de los parámetros en sitio, muestreo, almacenamiento y transporte de las muestras biológicas y químicas y de sedimentos, entre otras, así como unas recomendaciones para la exactitud de los análisis al evaluar la calidad del agua dentro de la cuenca.

2. INTRODUCCIÓN

El presente manual pretende ilustrar los procesos, procedimientos generales y particulares para la realización de campañas de muestreo sobre el río Aburrá-Medellín, tanto en agua y sedimento como de los macroinvertebrados y algas perifíticas, estos últimos utilizados como indicadores de la calidad del agua. Este documento se ha desarrollado con el fin de dar a conocer los criterios fundamentales para la toma de muestras y la realización de aforos. La consulta de este manual permitirá a las personas encargadas de la toma de muestras conocer los procesos y procedimientos de muestreo más adecuados para sus aplicaciones específicas, que en su caso pueden ser complementados con la búsqueda de bibliografía más específica. En cualquier caso se tendrá en cuenta para la ejecución de los muestreos la normativa legal vigente que exista.

La toma de muestras tiene un objetivo fundamental, que es recoger una porción del material que se desea analizar, suficientemente pequeña para ser transportada adecuadamente, pero en una cantidad necesaria para ser manipulada en el laboratorio en su posterior análisis, mientras todavía represente fielmente el material muestreado. Ello implica que las proporciones relativas y las concentraciones de cada componente de la muestra deben ser las mismas que en el material original, además, la muestra debe ser homogénea y debe ser tratada de manera que no se produzcan cambios significativos en su composición antes del análisis. Una vez tomada la muestra se debe seguir un protocolo de conservación que permita que la muestra llegue sin alteración al laboratorio. Dicho protocolo incluye procesos y procedimientos generales y otros particulares dependiendo del análisis que se le realizará a la muestra.

Los programas de muestreo se diseñan con el objetivo de caracterizar el estado de un determinado ecosistema, controlar su calidad, planificar la gestión o investigar los posibles impactos que pueda sufrir el sistema en cuestión. Las muestras tomadas se pueden dedicar a la realización de determinaciones de variables físicas, químicas o biológicas. Cada muestra debe ser tratada de forma individualizada dependiendo de las características de la matriz, de los factores que influyan sobre ella y de las sustancias que deban analizarse.

En general, el estudio de la calidad ambiental del medio natural requiere la coordinación del trabajo de profesionales de muy diversas disciplinas, por lo que el presente manual y sus recomendaciones puede servir como guía de orientación, pero nunca podrá por sí sólo sustituir al necesario proceso de coordinación para una buena obtención de muestras, en la que se implican la persona que actúa como agente de muestreo, el solicitante del análisis, el laboratorio encargado del análisis de las muestras, las autoridades competentes, etc. En cualquier caso es recomendable definir a una persona responsable que actúe como coordinador del proceso, a quien se dirigirán el resto de los miembros del equipo en caso de necesidad, y que deberá estar localizable de manera permanente.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

A continuación se presentarán los aspectos más relevantes que deben ser tenidos en cuenta en la logística, la estrategia, los parámetros a analizar, los procesos y procedimientos de las diferentes campañas de monitoreo.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Describir de forma detallada los principales procesos y procedimientos involucrados en la colecta, el registro y en los análisis de muestras biológicas, fisicoquímicas y de sedimentos, muestreadas en el río Aburrá-Medellín.

3.2 ESPECÍFICOS

- Ilustrar los procesos y procedimientos de toma de muestra y medición de caudal.
- Realizar una descripción de los pasos primordiales a seguir para la logística del muestreo.
- Especificar los parámetros que se medirán para la caracterización de las aguas del río Aburrá-Medellín.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se han establecido 12 estaciones de monitoreo a lo largo del eje longitudinal del río, partiendo desde el nacimiento en el Alto San Miguel (en jurisdicción del municipio de Caldas), hasta la estación denominada Puente Gabino (jurisdicción del municipio de Santo Domingo). Además, han sido incluidas las 23 quebradas ubicadas dentro de la jurisdicción de CORANTIOQUIA. La selección y localización de las diferentes estaciones de monitoreo que conforman la red de aforo y muestreo a lo largo del río se realizó en la primera fase del proyecto. Las estaciones de monitoreo localizadas sobre el río se muestran en la Figura 1, igualmente la descripción de la totalidad de las estaciones a monitorear sobre el río y las principales quebradas afluentes se presenta en la Tabla 1 y la Tabla 2.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

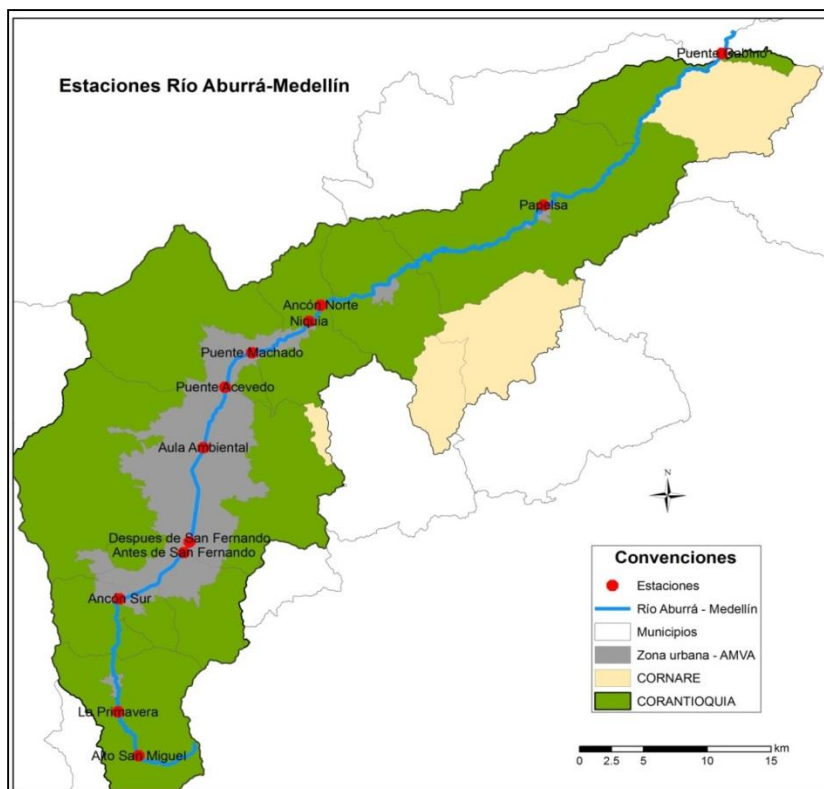


Figura 1. Localización de las estaciones sobre el río

Tabla 1. Estaciones de monitoreo sobre el río Aburrá-Medellín

ESTACIÓN	COORDENADAS		DISTANCIA NACIMIENTO KM	MUNICIPIO
	LATITUD	LONGITUD		
Alto San Miguel (E1)	6° 02' 50.4"	75° 37' 09.9"	5.8	Caldas
Primavera (E2)	6° 4' 4.72"	75° 37' 54.28"	10.6	Caldas
Ancón Sur (E3)	6° 09' 07.8"	75° 37' 54.9"	21.0	La Estrella
Antes de San Fernando (E5)	6° 11' 12.4"	75° 35' 07.9"	27.9	Medellín
Después de San Fernando (E6)	6° 11' 43.5"	75° 34' 53.3"	29.0	Medellín
Aula Ambiental (E8)	6° 15' 51.8"	75° 34' 20.4"	37.1	Medellín
Puente Acevedo (E9)	6° 18' 25.0"	75° 33' 24.7"	42.4	Medellín
Puente Machado (E11)	6° 20' 09.6"	75° 32' 15.8"	46.7	Bello
Niquia (E21)	6° 20' 17.73"	75° 31' 32.57"	48.1	Bello
Ancón Norte (E12)	6° 22' 16.21"	75° 29' 21.29"	54.4	Copacabana
Papelsa (E16)	6° 26' 46.14"	75° 19' 53.26"	80.9	Barbosa
Puente Gabino (E20)	6° 33' 33.9"	75° 12' 20.3"	105.0	Santo Domingo

Tabla 2. Estaciones de monitoreo sobre las principales quebradas afluentes al río

ESTACIÓN	COORDENADAS	MUNICIPIO
----------	-------------	-----------

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

	LATITUD	LONGITUD	
Q. La Valeria (Q1)	6° 5' 46.6''	75° 38' 08.7''	Caldas
Q. La Miel (Q2)	6° 5' 45.3''	75° 38' 06.3''	Caldas
Q. La Doctora (Q3)	6° 9' 11.9''	75° 37' 13.6''	Sabaneta
Q. La Ayurá (Q4)	6° 11' 06.9''	75° 34' 59.0''	Envigado
Q. La Grande (Q5)	6° 9' 1.1"	75° 38' 09.9"	La Estrella
Q. Doña María (E4)	6° 10' 52.1''	75° 35' 28.3''	Itagüí
Q. La Aguacatala (Q6)	6° 11' 36.3''	75° 34' 76.3''	Medellín
Q. La Presidenta (Q7)	6° 12' 41.3''	75° 34' 33.1''	Medellín
Q. La Altavista (Q8)	6° 14' 5.2''	75° 34' 35.6''	Medellín
Q. La Hueso (Q9)	6° 15' 11.7''	75° 34' 59.2''	Medellín
Q. Santa Helena (Q10)	6° 15' 32.5''	75° 34' 24.2''	Medellín
Q. La Iguaná (Q11)	6° 15' 44.7''	75° 34' 43.3''	Medellín
Q. La Rosa (Q12)	6° 17' 29.2''	75° 33' 46.1''	Medellín
Q. La Madera (Q13)	6° 18' 42.3''	75° 33' 24.7''	Bello
Q. El Hato (Q14)	6° 19' 44.6''	75° 33' 28.4''	Bello
Q. La García (E10)	6° 20' 01.9''	75° 33' 00.7''	Bello
Q. La Señorita (Q17)	6° 20' 18.36''	75° 32' 40.52''	Bello
Q. Rodas (Q18)	6° 20' 06.07''	75° 32' 06.51''	Bello
Q. Niquía (Q19)	6° 20' 39.33''	75° 31' 48.28''	Bello
Q. La Picacha (Q20)	6° 14' 44.00''	75° 34' 51.96''	Medellín
Q. La Seca (Q21)	6° 18' 33.99''	75° 33' 22.88''	Medellín
Q. Piedras Blancas (Q15)	6° 20' 46.2''	75° 30' 38.3''	Copacabana
Q. La Santiago (Q16)	6° 33' 12.43"	75° 12' 16.09"	Santo Domingo

5. LOGÍSTICA DE MONITOREO

Para la planeación de la logística del monitoreo, el comité técnico debe considerar criterios como: la disponibilidad de recursos tanto financieros como de equipos y materiales, el transporte, el personal operativo, la cantidad de muestras y la capacidad de los laboratorios para la recepción y el análisis de las muestras.

- Disponibilidad del recurso

Se debe disponer de la cantidad de recursos económicos necesarios para cubrir todos los costos que acarrea el muestreo, incluyendo todos los materiales e implementos necesarios para el mismo.

- Transporte

Se debe conocer el número de personas que se van a transportar, el número de comisiones y los equipos e implementos de muestreo que se llevarían, para determinar en base a su capacidad la cantidad y tipo de vehículos.

- Personal operativo

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

La distribución del personal operativo se realizará teniendo en cuenta el número de estaciones a monitorear por tipo de campaña y tipo de estación, incluyendo el personal para recolección de muestras fisicoquímicas, biológicas y el equipo de aforo.

- Cantidad de muestras

La cantidad de muestras y el volumen de las mismas se deben determinar previo acuerdo con los laboratorios que realizarán los análisis, dependiendo de la cantidad de parámetros que se deseen evaluar.

- Capacidad de los laboratorios

Se debe consultar con los laboratorios sobre el número de muestras que pueden recibir, el tipo de análisis que van a realizar, así como los días en los cuales hay recepción de muestras con el fin de evitar retrasos en la medición de parámetros y posibles inconvenientes que puedan reflejar resultados erróneos.

5.1 ACTIVIDADES PREVIAS A LA SALIDA DE CAMPO

5.1.1 Elaboración de memorandos

Elaboración de memorandos para el préstamo de materiales y equipos, al igual que para informar a los respectivos laboratorios cuáles serán los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y granulométricos que serán solicitados por cada campaña. También se requerirá la elaboración de memorandos para solicitar al centro administrador de recursos la compra de los materiales e insumos necesarios para cada campaña, con mínimo 15 días de anticipación.

5.1.2 Tramitar órdenes de salida

Diligenciar con varios días de anticipación las autorizaciones para sacar los equipos y elementos necesarios para el muestreo, en ellas se informa a la dependencia que autoriza la salida, los datos de la persona responsable, el objeto de la salida y una relación de los elementos autorizados para salir. Adicionalmente debe asegurarse que se efectúe el proceso de aseguramiento de dichos equipos.

5.1.3 Compra de insumos

Se debe conocer el número, tipo de estaciones y el tipo de muestreo a realizar con el fin de definir la capacidad y el número de recipientes, materiales e insumos que se deben comprar considerando igualmente los parámetros a determinar y las especificaciones de los laboratorios, además deben comprarse todos los materiales e insumos como recipientes, jabón antibacterial, isodine, alcohol, tapabocas, guantes de látex, guantes de caucho, cinta de enmascarar, cinta adhesiva gruesa, lapiceros, marcadores, bolsas para

sedimento, cepillos de dientes para muestras de perifiton, entre otros para garantizar que se tengan todos los elementos necesarios para el muestreo.

5.1.4 Elaboración de formatos de campo

Se deben elaborar e imprimir los formatos de campo que se utilizarán en el muestreo (una copia por estación), en los cuales además de los espacios designados para el diligenciamiento de la información medida en campo y espacio suficiente para las observaciones, se anexará un listado con los nombres y números de celular de todas las personas que participarán del muestreo. Estos formatos serán suministrados con su respectiva tabla de apoyo. Ver anexo II

5.1.5 Lavado de recipientes

Se debe realizar el lavado de los recipientes de acuerdo con lo especificado por los laboratorios de recepción de muestras, antes de la jornada de trabajo en campo y luego de la entrega de los mismos una vez se hayan descartado las muestras dada la culminación de los respectivos análisis. El lavado de los recipientes se realizará de acuerdo a las especificaciones que hacen en la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas (Ideam, 2005)

5.1.6 Preparación de equipos e insumos

Se tendrá una lista de chequeo para las diferentes actividades de la preparación del muestreo, que deberá verificarse previa salida, para garantizar que en campo se tengan todos los elementos necesarios para efectuar el muestreo.

5.1.7 Preparación muestreo de las variables fisicoquímicas

Se deberán calibrar todos los equipos que se requieran para las mediciones en campo, tales como equipos multiparamétricos y automáticos con los cuales se efectúan las mediciones *in situ* de conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, potencial redox, DQO, DBO, Sólidos Suspendidos Totales y turbiedad. Las neveras deberán tener los recipientes previamente rotulados, verificando el tipo y número, además de los equipos e implementos de seguridad (botiquín, antibacterial, alcohol, isodine, guantes de látex, mascarillas, caretas, etc.), los formatos de campo, lastre, balde, manila, lapicero, marcadores, cintas y elementos de protección personal (capa, botas, arnés, casco, entre otras) que se requieren para cada comisión, según la estación y el tipo de muestreo.

5.1.8 Organización de comisiones y distribución de personal

Todo el personal se deberá distribuir de acuerdo al número de comisiones. Cada comisión debe tener como mínimo dos personas para la medición de los parámetros fisicoquímicos

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

y sedimentos, una persona para biológicos (siempre y cuando conozca los procesos y procedimientos de muestreo) y tres personas para el aforo.

5.1.9 Transporte

Según el requerimiento de personal, se pueden utilizar vehículos pequeños como camionetas y/o microbús o si es pertinente por el volumen de personas y equipos se utilizarán buses con mayor capacidad.

5.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos que se utilizarán en las campañas de muestreo entre otros son:

Equipos multiparamétricos portátiles con sondas de medición de (temperatura del agua, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH y potencial redox).

Equipos adaptados a botes metálicos con sondas de medición tipo SCAN y equipos IQ-NET para medición de temperatura del agua, pH, DQO, DBO, sólidos suspendidos totales, potencial redox, conductividad, oxígeno disuelto y turbiedad.

Recipientes de polietileno, polipropileno, policarbonato o vidrio con tapa y contratapa del tamaño que se recomienda en los procedimientos analíticos estándar pertinentes para cada muestra, debidamente rotulados según las características del análisis a realizar. Para una guía detallada del tipo de envase que se debe usar para la muestra, consúltense los procedimientos analíticos estándar pertinentes. Para orientación véase la norma ISO 5667-3

Termómetro para registrar la temperatura ambiental, marcador indeleble, lapiceros, cintas de enmascarar y adhesiva, tabla de apoyo, lastre, manila, guantes de látex y de carnaza, tapabocas, baterías (AA y 9 Voltios), bolsas plásticas, embudo, balde, bisturí, dulce abrigo, plástico y capa impermeable.

Agua destilada y frasco lavador, alcohol, isodine, antibacterial y reactivos preservantes.

Nevera con hielo para conservación de las muestras.

Formato para registro de datos.

Para la realización del muestreo biológico de perifiton, macroinvertebrados y macrófitas acuáticas se deberán tener en cuenta como mínimo los siguientes implementos:

Cepillos pequeños, frascos cilíndricos 160 ml, solución de lugol, hojas de acetato, cinta de enmascarar, hojas de papel encerado, bolsas plásticas transparentes, neveras de icopor, cronómetros, tapabocas, guantes de látex, trajes impermeables, tijeras podadoras

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

botánicas, papel periódico, libretas impermeables, cartón grueso 35 cm x 40 cm, 20 m de cuerda, alcohol al 96%, alcohol al 70%, lápiz N°2, formatos de campo, dulce abrigo, marcador indeleble punta fina, frascos de pet 30 c.c, caretas, isodine, pinzas de punta fina, bandejas de plástico, red triangular “D-net”, red de mano o red de pantalla (Solamente se debe utilizar en estaciones donde el nivel de flujo no sea muy alto, lapiceros.

Es muy importante tener en cuenta las observaciones de campo, tanto para el muestreo de macroinvertebrados como para el de perifiton, ya que estas tienen una influencia notable a la hora de hacer el análisis de las muestras.

5.2.1 Equipo de medición espectrofotómetro Sumergible SCAN SPECTROLYSER

Espectrofotómetro de proceso spectrolyser con controlador capaz de medir los siguientes parámetros: TOC (Carbono Orgánico Total), DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno), Nitratos, Color y análisis espectrales desde 190 – 750nm.

5.2.2 Equipo de medición espectrofotómetro sumergible IQ SENSOR NET

El espectrofotómetro sumergible es un equipo de medición de diversos parámetros fisicoquímicos de la matriz agua. Consta de un controlador, fuente de poder y pantalla monocromática de alta resolución para acceso al sistema. Este módulo permite la conexión de cualquier sonda perteneciente al sistema IQ SENSOR NET y está en capacidad de recibir señales externas provenientes de equipos tales como medidores de caudal, nivel y cloro. Las sondas disponibles actualmente que pueden ser conectadas al sistema son: pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbiedad y potencial redox.

También se le puede instalar sondas para las mediciones de Sólidos Suspendidos Totales, Amonio y Nitratos. Todas las variables hacen medición conjunta con la temperatura excepto para turbiedad y sólidos suspendidos totales.

5.2.3 Recipientes

Los recipientes a utilizar para la recolección y almacenamiento de las muestras deberán evitar cualquier alteración de la misma, ya sea por adición o por mermas como la adsorción a las paredes del recipiente o la volatilización. Los recipientes más apropiados para los muestreos son de polietileno, polipropileno, policarbonato y vidrios de diversos tipos, siendo adecuado uno u otro material en función del análisis a realizar, para una guía detallada del tipo de envase a utilizar para la muestra, consúltense los procedimientos analíticos estándar pertinentes. (NTC-ISO 5667-6). Los recipientes deben ser herméticos y resistentes a alteraciones físicas, químicas o biológicas y el tamaño de estos recipientes para obtener los volúmenes finales de todos los tipos de muestras que se llevarán al

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

laboratorio, son definidos y concertados con el personal del laboratorio, previo a la realización de las campañas. Son características necesarias de los recipientes:

- No desprender sustancias que puedan contaminar la muestra.
- No adsorber los componentes que se desean analizar.
- Estar contruidos en materiales inertes (no reactivos).
- Ser de cierre hermético, de material resistente y de tamaño adecuado.

Los recipientes de vidrio pueden liberar sílice, sodio y adsorber metales, por lo que no deben utilizarse para los análisis de los elementos antes mencionados. En este caso solo se utilizarán para análisis de grasas y aceites y para análisis microbiológicos (recipiente estéril).

Los recipientes de plástico más usuales (polietileno de alta densidad o similar) no deben utilizarse para recoger muestras para análisis de compuestos orgánicos y volátiles, ya que éstos pueden reaccionar con el plástico perdiéndose parcialmente o lixiviando sustancias del mismo. Podrán tomarse en un mismo recipiente las muestras para la determinación de aquellos análisis cuyos requerimientos de muestreo, procesado y almacenamiento sean similares.

En consecuencia, la muestra para la determinación de cualquier análisis que requiera un método de recolección específico o un procesado o almacenamiento particular deberá tener su propio recipiente. Por ejemplo, no podrá utilizarse el mismo recipiente para las determinaciones microbiológicas (que exigen un recipiente estéril) que para la determinación de metales (que precisan de acidificación de la muestra).

Los recipientes de almacenamiento deberán estar limpios de manera que no aporten ningún contaminante a la muestra. Su limpieza se hará con detergentes especiales para uso en química analítica y se recomienda hacerlo en recipientes tanto nuevos como usados. Será, en cualquier caso, preferible no utilizar estos detergentes especialmente para las muestras en las que deban analizarse fosfatos, boro, silicio, sulfato, detergentes y agentes de superficie.

Los recipientes siempre deberán contar con la tapa y contratapa a presión que permita un cierre fácil, hermético y sin burbujas de aire y en caso de que sea necesario utilizar material usado, se deberá realizar su lavado y descontaminación y lavarlos tres veces con agua destilada o jabón neutro.

Los procesos y procedimientos de limpieza que se requieren para algunos análisis son los siguientes:

- Compuestos Orgánicos

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Lavar recipientes y tapones con agua y jabón libre de fosfato, luego enjuagar con agua del grifo hasta lograr un aclarado total. Enjuagar recipientes y tapones con agua destilada para reactivos 3-5 veces. Secar y guardar los recipientes herméticamente cerrados hasta su uso en el muestreo.

- Compuestos inorgánicos de nitrógeno y fósforo, DBO y DQO

Procedimiento similar al anterior sin usar detergentes, incluyendo el enjuague con HCl al 10% antes de hacerlo con agua destilada para reactivos.

- Análisis microbiológicos

Lavar los recipientes con agua y detergente, enjuagar con agua destilada, enjuagar con ácido nítrico 10% (v/v) y lavar concienzudamente con agua destilada.

- Metales

Procedimiento similar al anterior incluyendo el enjuague con HCl al 10% y después con HNO_3 antes de hacerlo con agua destilada para reactivos.

Se debe recordar que antes de usar los recipientes deben ser lavados exhaustivamente con un detergente apropiado y con agua caliente para remover todas las trazas de detergentes y finalmente enjuagados con agua destilada. Para orientación sobre limpieza de los envases para muestras, véase la norma ISO 5667-3 (NTC-ISO 5667-3).

5.2.4 Rotulación

Con el objeto de que cada recipiente esté etiquetado correctamente e indique de manera adecuada cuáles serán los análisis que se le deban realizar a la muestra que contiene, se desarrollará un estilo de etiqueta único que será utilizado para las muestras fisicoquímicas, en el cual se indicará el nombre de la estación monitoreada, la fecha y hora de toma de la muestra, el nombre de la persona responsable, el tipo de muestra y de preservante, además de los parámetros a analizar. La etiqueta estará cubierta y adherida al recipiente con cinta transparente gruesa de manera que no se moje y la información consignada en esta no se borre o deteriore. La información necesaria en el rotulo estará definida por el laboratorio que realice el análisis.

5.2.5 Formato de registro de datos

Se deberá preparar el formato de registro de datos para cada muestreo en el cual se consignará la información general de temperatura ambiente, temperatura en el agua, concentración de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH y potencial redox y observaciones generales, climáticas y del sitio de toma de la muestra. Deberá contener también nombre del sitio de muestreo, hora, fecha y el nombre de las personas responsables. Ver Anexo II

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

5.2.6 Alistamiento y transporte de recipientes

Una vez definido el tipo de muestra y los parámetros a analizar, es importante asegurarse de contar con los recipientes adecuados y suficientes para las muestras a tomar. Adicionalmente, deberá tenerse la precaución de alistar y llevar recipientes extras en caso de pérdida, ruptura o contaminaciones que puedan suceder durante el transporte y en campo.

Una opción práctica para evitar errores en la preservación de los mismos y posibles derrames por reacciones químicas inesperadas, es incluir en los recipientes que serán utilizados para la toma de las muestras, el preservante según las necesidades de cada uno de los análisis en caso de ser necesario.

Para el transporte de los recipientes y preservantes, el embalaje deberá ser adecuado; de tal manera que no se produzcan derrames ni rupturas de los mismos.

5.3 PROGRAMA DE MONITOREO

En la Tabla 3 se presenta un resumen general de las campañas de monitoreo en la que se especifican los tipos de campaña y de muestreo, los parámetros a medir, el total de estaciones y duración por campaña. Es importante resaltar que las variables pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura del agua se deben medir *in situ* y para esto se tienen las sondas multiparamétricas (IQ Net) y equipos portátiles multiparamétricos.

Tabla 3. Resumen general campañas de monitoreo

TIPO DE CAMPAÑA	TIPO DE MUESTREO	MEDICION DE PARÁMETROS	ESTACIONES	DURACIÓN
Campañas completas de calidad	Muestreo manual	Todos los parámetros fisicoquímicos, biológicos y sedimentos al laboratorio.	13	Puntual, que coincide con las horas de toma en las estaciones fijas
	Muestreo mixto	Equipos automáticos y el resto de parámetros al laboratorio, biológicos y sedimentos	4	Cada hora durante 12 horas
	Muestreo Manual-multiparamétrico	Todos los parámetros seleccionados al laboratorio, biológicos y sedimentos.	2	Muestras cada 4 horas durante 12 horas más una muestra compuesta.
Campañas en quebradas	Muestreo Manual	DBO, DQO, SST, Nutrientes al laboratorio.	10 Quebradas	Toma de muestras puntuales a las 6 y 14 horas más una muestra compuesta con tomas cada hora durante la jornada.
	Muestreo mixto	Equipos automáticos y	4 Quebradas	10 horas

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

TIPO DE CAMPAÑA	TIPO DE MUESTREO	MEDICION DE PARÁMETROS	ESTACIONES	DURACIÓN
		nutrientes al laboratorio		
Campañas de hora crítica	Muestreo Manual	Muestra compuesta Muestras puntuales para medición de DBO,DQO, SST, Nutrientes y biológicos al laboratorio.	4	12 horas
	Muestreo mixto	Medición en campo con equipos automáticos; nutrientes y biológicos al laboratorio.	4	12 horas
	Muestreo Manual quebradas simultáneo	Muestra compuesta Muestras puntuales para medición de DBO,DQO,SST, Nutrientes, biológicos		12 horas
Campañas de seguimiento a metales	Muestreo Manual	Muestra compuesta Muestras puntuales para medición de Sólidos, DQO, DBO, Hg, Pb, Cu, Cr	4	12 horas
	Muestreo mixto	Equipos automáticos y Sólidos, DQO, DBO, Hg, Pb, Cu, Cr, tanto en agua como en sedimento.	4	12 horas
	Muestreo Manual quebradas simultaneo	Muestra compuesta Muestras puntuales para medición de Sólidos, DQO, DBO, Hg, Pb, Cu, Cr, tanto en agua como en sedimento.	5 Quebradas	12 horas

En el proceso de planeación, preparación y organización de las campañas de monitoreo es necesario ajustar la programación debido a trámites administrativos y disponibilidad de los laboratorios, se debe crear un cronograma con las fechas de las campañas de muestreo.

5.4 TIPOS DE CAMPAÑA

Se plantean cinco tipos diferentes de campañas de monitoreo, las cuales se describen a continuación

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

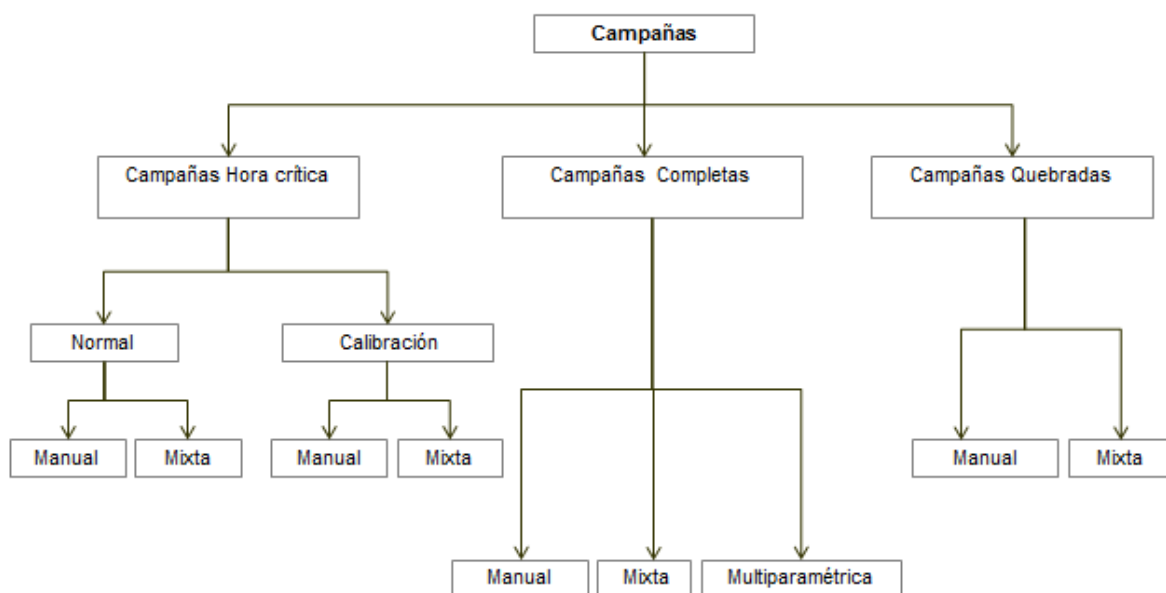


Figura 2. Tipos de campañas y muestreos

5.4.1 Campaña tipo Completa

Corresponde a la campaña en la cual se monitorea la totalidad de las estaciones ubicadas sobre el cauce del río Aburrá-Medellín, comprendidas desde el nacimiento del río hasta la estación denominada Puente Gabino (E20) ubicada en jurisdicción del municipio de Santo Domingo, a partir de la cual la corriente recibe el nombre de río Porce. En esta campaña se dispone de tres comisiones móviles denominadas Sur, Centro y Norte, conformadas por un equipo de toma de muestras físicoquímicas puntuales, uno de toma de muestras biológicas y el equipo de aforo, las que se encargan de recorrer la totalidad de las estaciones, además del personal ubicado permanentemente sobre estaciones definidas de manera previa durante el proceso de preparación de la campaña. Comprenderá tanto muestreo manual como mixto.

5.4.2 Campaña de Quebradas

En esta campaña solo se monitorean un número determinado de quebradas afluentes al río definidas durante el proceso de preparación del equipo de muestreo para la campaña. Cada estación de monitoreo contará con personal permanente para la toma de muestras

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

fisicoquímicas de manera manual o mixta, las únicas comisiones móviles corresponderán al personal encargado de realizar los muestreos de los componentes biológicos y de los aforos. La toma de muestra para análisis fisicoquímico se realizará dos veces, a las 06:00 y a las 14:00 horas, mientras que cada hora se tomará una alícuota para conformar una muestra compuesta al final del día. Comprenderá tanto muestreo manual como mixto.

5.4.3 Campaña tipo Hora Crítica

En este tipo de campaña se tomarán muestras para llevar al laboratorio en horas denominadas como críticas, las cuales hacen referencia a las horas del día en donde se han identificado las variaciones más importantes de los parámetros analizados; además se tomará una muestra compuesta que comprende alícuotas tomadas cada hora durante toda la jornada. En total se monitorearán trece estaciones correspondientes a ocho fijas sobre el río y a cinco ubicadas cada una en quebradas diferentes que variarán en cada una de estas campañas, para las cuales el personal será distribuido de la misma forma y el muestreo será del mismo tipo que para la campaña tipo Quebradas.

5.4.4 Campaña tipo calibración o verificación

En esta campaña se pretende tomar muestras para análisis fisicoquímicos en el laboratorio con el fin de obtener datos para la calibración de los equipos automáticos que se utilizan para realizar medición *in situ* de DQO, DBO, Sólidos Suspendidos Totales y Turbiedad. El número de estaciones, al igual que la hora, la frecuencia, el personal y el tipo de toma de muestra, serán idénticas a la campaña tipo hora crítica.

5.4.5 Campaña de Seguimiento a Metales

Esta campaña se diferencia de las dos anteriores el tipo y el número de muestras, la hora de muestreo y los parámetros registrados en el laboratorio. En este caso, se monitorearán metales pesados como Cobre, Cromo, Plomo y Mercurio tanto en agua como en sedimento. El personal y su distribución serán dispuestos de la misma manera que para las campañas tipo Hora Crítica y Calibración.

5.5 TIPOS DE MUESTREO

Los tipos de muestreo a utilizar, como se ha mencionado anteriormente, serán manuales y mixtos tal y como se describen a continuación:

5.5.1 Muestreo Manual

Corresponde a un muestreo en el que se mide el caudal con correntómetro y se realiza tomas de muestras para la medición de parámetros en el laboratorio. Solo se usan

equipos manuales para la lectura directa de las siguientes variables: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura hídrica y del ambiente.

5.5.2 Muestreo Mixto

Este tipo de muestreo corresponde a la unión del anterior con la utilización de equipos automáticos de medición. Instalados sobre la corriente, se realiza la medición con los equipos IQ, SCAN y Equipos medidores de nivel para calcular el caudal. Adicionalmente se toma muestra para el laboratorio, con el fin de evaluar las variables de interés que no determinan estos equipos.

5.6 TIPOS DE MUESTRAS

De acuerdo a las características del entorno y fisicoquímicas del agua de cada estación; se definieron muestras puntuales (P), puntuales integradas (PI) y compuestas (C) para los monitoreos a realizar. A continuación se describen cada uno de estos tipos de muestras.

5.6.1 Muestras simples o puntuales

Las muestras puntuales se usan para la medición de concentraciones de grasas, aceites, sulfuros, sulfatos y para los conteos de microorganismos. Esto debido a que el proceso inicial de colecta, manipulación y transporte de muestras, pueden alterar el resultado final del análisis. Además, debido a que estas sustancias y los microorganismos son menos densos que el agua, y por tanto tienden a acumularse en la película superficial, pues las muestras se tomaron desde la superficie.

Por otro lado, existen diversas pruebas analíticas que deben hacerse rápidamente en el laboratorio, como los análisis microbiológicos y aquellas que se requieren fijar mediante la adición de un reactivo tales como los sulfuros y oxígeno disuelto por medio del método de Winkler. Esto hace que resulte inviable la determinación de estos análisis en muestras compuestas o integradas, debiendo tomarse para su determinación muestras simples o directamente in situ cuando sea posible.

La toma de la muestra se debe realizar en el centro de la corriente, o en el punto donde se observe una total mezcla de las aguas, cuando el ancho de la misma no supere los 10 metros.

5.6.2 Muestras puntuales integradas

Estas consisten en la mezcla de muestras puntuales recogidas simultáneamente en una misma estación pero en distintos puntos de muestreo de la sección del cauce de la corriente. Son apropiadas para evaluar la calidad media de matrices (agua y sedimento) en las que existe heterogeneidad en el espacio, aunque con ellas se pierde parte de la información sobre dicha heterogeneidad. La contribución de cada muestra a la mezcla

puede ser similar, o proporcional a parámetros como volumen, caudal o la magnitud del espacio del que son representativas. La mezcla de las muestras puntuales para dar la muestra integrada deberá realizarse de manera que se evite la alteración de sus componentes. Estas muestras se recolectan a 1/4, 1/2 y 3/4 de las márgenes de la corriente cuando ésta sea lo suficientemente ancha (aplicable a corrientes de 10 a 100 metros de anchas).

5.6.3 Muestras compuestas

Las muestras compuestas (en el tiempo) consisten en la mezcla y homogeneización, realizada con suavidad y con movimientos de la mano que sostiene el frasco con la muestra, girando la muñeca de 90° hacia arriba y 90° hacia abajo, de muestras puntuales recogidas en un mismo punto a lo largo de un período de tiempo, el cual generalmente es de 12 o de 24 horas. Estas muestras son apropiadas para evaluar la calidad media de matrices (agua y sedimento) cuya composición presenta variabilidad temporal, reduciendo el número de muestras a analizar, pero también la información obtenida. La contribución de cada muestra a la mezcla debe, por lo general, ser proporcional al caudal; no obstante, se pueden presentar varias modalidades de muestreos compuestos, dentro de las cuales se destacan:

- Fijación del intervalo de tiempo y obtención del volumen de muestra constante.
- Fijación del intervalo de tiempo y obtención de un volumen de muestra proporcional al caudal.

La muestra compuesta más utilizada, debido a su amplio uso dentro de este estudio, es aquella que abarca un período de 12 horas, integrando temporalmente la variabilidad diaria de la matriz mediante la toma de cantidades iguales de muestra cada cierto intervalo de tiempo. En ese sentido debe tenerse en cuenta que debido a los ciclos productivos asociados a la actividad humana pueden existir marcadas diferencias entre los días laborables y los fines de semana o períodos vacacionales.

5.7 PROCEDIMIENTO EN LA TOMA DE MUESTRAS

Como guía general sobre las precauciones en la toma de muestra se debe consultar la norma ISO 5667-1 (NTC-ISO 5667-1), sin embargo, se recomienda prestar particular atención a los siguientes aspectos:

El acceso razonable a sitios de muestreo rutinarios es particularmente importante, el incumplimiento de este criterio descartará un sitio dado, por tanto la toma de muestra deberá realizarse preferiblemente desde un puente tanto en estaciones sobre el río como en quebradas, dado que el acceso al punto representa en muchos casos un riesgo para la persona que está efectuando el muestreo. Si las muestras se van a tomar vadeando la corriente, deberá tenerse en cuenta la posible presencia de barro, arenas movedizas,

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

hoyos profundos y corrientes rápidas. Mediante un sondeo de frente, la persona que hace el muestreo puede estimar la corriente y localizar hoyos, bancos, barro y arenas movedizas, un instrumento de sondeo es esencial para asegurar un vadeo. El procedimiento para la toma de los diferentes tipos de muestras se describe a continuación y es importante aclarar que el volumen final de cada muestra a recolectar debe ser consultado previamente con el personal del laboratorio que analizara las muestras.

5.7.1 Muestras simples o puntuales

El procedimiento para la toma de muestras puntuales se podrá desarrollar a través de la utilización de un balde. Luego de tomada la muestra se procede a la medición de los parámetros *in situ* (temperatura ambiente y del agua, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y potencial redox, según sea el caso), tratando de que la primera medida realizada sea la del oxígeno disuelto, dado que éste tiende a pasar del medio líquido a la atmósfera muy rápidamente, y para la cual la muestra tomada deberá ser agitada lo menos posible. Sin embargo, para los demás parámetros citados si se debe realizar una agitación constante con el fin de homogenizar la muestra. Posteriormente se deberá efectuar el envasado de la muestra en los diferentes recipientes que irán al laboratorio, teniendo cuidado en adicionar los reactivos de fijación según sea el caso y homogenizando en todo momento la muestra. Finalmente, y asegurándose de que el recipiente sea tapado de manera correcta, la muestra deberá ser almacenada lo antes posible en una nevera con hielo ubicada en la sombra.

5.7.2 Muestras integradas

Este procedimiento es similar al anterior, su diferencia radica en que la muestra definitiva se compone de tres tomas de igual volumen tomadas a 1/4, 1/2 y 3/4 de una de las márgenes de la corriente en profundidades similares. Cada toma se realiza utilizando un recipiente incluido dentro de un lastre con el fin de que este se sumerja y pueda captar el volumen de muestra requerido, una vez se haya llenado completamente el recipiente, la muestra se pasa a un balde donde se realizará la composición de la muestra integrada, de manera que el volumen captado sea vertido por las paredes del balde con el fin de no generar agitación ni re-aireación de la muestra. Este paso se efectúa en cada punto citado anteriormente de manera que al final se obtenga el volumen necesario para envasar en recipientes que serán llevados al laboratorio y el volumen necesario para la muestra compuesta. Luego de capturar el volumen deseado se procede a la medición de los parámetros *in situ* y a su preservación tal cual se describió en la toma de muestras simples o puntuales.

5.7.3 Muestras compuestas

Este tipo de muestras se compondrán tomando y mezclando, en un mismo recipiente, un volumen (alícuota) constante de muestra simple, puntual o integrada cada hora durante la

jornada de muestreo y será llevada a una nevera con hielo para su preservación durante toda la jornada. El fin de este procedimiento es obtener una muestra representativa de las condiciones presentes durante toda la jornada de muestreo. Al final del día, y una vez se haya completado el volumen total requerido, la muestra compuesta se homogeniza y se procede a la medición de pH y conductividad eléctrica para obtener un estimativo de su valor promedio a lo largo de la jornada de monitoreo. Luego, esta muestra será envasada y tapada adecuadamente en los respectivos recipientes.

5.8 ACTIVIDADES DURANTE EL MUESTREO EN CAMPO

El procedimiento de muestreo para análisis fisicoquímicos y microbiológicos es el siguiente:

Se tomarán tres muestras simples de dos litros cada una a lo ancho del río y de las quebradas con sección de más de 10m de ancho (1/4, 1/2 y 3/4 del ancho de la sección) siempre y cuando las condiciones de la estación lo permitan (Ideam, 2005), ya que hay puntos o estaciones de monitoreo donde no hay puentes y se dificulta la toma de muestra por lo que se tomarán los 6 litros en diferentes puntos dentro de la misma sección, de ser posible, o sólo en un punto; en los puntos de muestreo con anchos menores a 10 metros se tomará la muestra en el centro del cauce.

La medición de oxígeno disuelto y temperatura se realizará sobre la muestra tomada en el centro de la sección antes de esta ser integrada con las muestras de las márgenes, esto debido a que la muestra no se puede agitar porque se cambiarían las condiciones originales de la corriente en cuanto a este parámetro; para la medición de las demás variables se deberá tener en cuenta el procedimiento específico para cada tipo de muestreo, así:

- Estaciones puntuales

Luego de tomar las 3 muestras en los diferentes puntos sobre la corriente se mezclan y homogenizan en un balde, con el fin de realizar la medición de pH y conductividad eléctrica, y luego llenar dos recipientes de dos litros cada uno y preservarlos en hielo, destinados para los análisis de DBO₅, DQO, de los diferentes sólidos, nitrógeno total, nitritos, nitratos, fósforo total y fosfatos.

- Estaciones fijas

Al igual que en las estaciones puntuales luego de tomar estas tres muestras cada hora, se mezclan y homogenizan en un balde con el fin de realizar la medición de pH y conductividad eléctrica. De esta muestra integrada se toman alícuotas iguales de un volumen definido durante cada hora, para depositarlas en un recipiente de cuatro litros

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

con el fin de preparar una muestra compuesta a lo largo de todo el muestreo (el volumen de la alícuota dependerá del volumen final de muestra a componer y del tiempo de muestreo).

- Medición de los parámetros *in situ*

Existen algunas determinaciones que pueden (o en la mayoría de los casos deben) ser realizadas *in situ* por parte de la persona encargada del muestreo, siempre y cuando se disponga de los instrumentos adecuados.

La medición de parámetros en campo (pH, OD, conductividad eléctrica y temperatura, como mínimo) se realiza generalmente mediante la utilización de equipos portátiles tales como sondas multiparamétricas, pH-metros, oxímetros y conductímetros.

La realización *in situ* de estas medidas es opcional en el caso de algunos parámetros, pero obligada en el caso de otros, ya que el resultado se alteraría inevitablemente como consecuencia de la toma y transporte de la muestra. Incluso en el caso de no ser estrictamente necesario por exigencias analíticas, la realización en el campo de todas las determinaciones señaladas en este apartado resulta muy conveniente, pues evita alteraciones y permite disponer de una valiosa información para afinar el muestreo.

El instrumental utilizado para las determinaciones de campo debe mantenerse en buen estado de funcionamiento siguiendo las especificaciones del fabricante. Dado que muchos de estos equipos funcionan con pilas o baterías internas, debe prestarse especial atención al mantenimiento del buen estado de las mismas y comprobar su estado de carga antes de iniciar la campaña de muestreo. Otro aspecto importante es la calibración de los equipos, ya que de esta depende la recolección de información verídica; este procedimiento se realizará antes de cada campaña de muestreo utilizando las soluciones calibradoras correspondientes y suministradas por el fabricante siguiendo los protocolos establecidos en las instrucciones de cada equipo.

Antes de almacenar cada muestra será necesario medir y registrar *in situ* la temperatura ambiente, temperatura en el agua, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH y potencial redox, por lo que hay que hacer uso del frasco lavador con agua destilada para el lavado de los electrodos de los equipos antes de realizar un nuevo registro.

Llenar un recipiente de dos litros y preservar en hielo, destinado para el análisis de DBO₅ y DQO.

Llenar un recipiente de dos litros y preservar en hielo, destinado para el análisis de SST, ST, S sed, SVT, SFT, NO₂, NO₃, N org, NTK, PO₄, P total, P org, cloruros, Fe total, sulfatos y turbiedad.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Llenar un recipiente de dos litros y preservar en hielo, para el análisis de cromo, cobre, mercurio y plomo en agua.

Llenar un recipiente plástico de 500ml destinado para el análisis de sulfuros, uno de vidrio de 500ml para el análisis de grasas y aceites, y un recipiente estéril de 300 ml hasta las 3/4 partes, destinado para el análisis de coliformes totales y fecales. Esta toma se realizará de manera puntual a una hora establecida durante las campañas tipo completas y se preservarán todos los recipientes en hielo.

Se tomará la muestra de sedimentos con ayuda de una pala plástica, la parte gruesa de esta muestra será envasada en bolsa plástica para el análisis granulométrico, y la fracción fina en un recipiente plástico de boca ancha de cuatro litros, la cual se preserva en laboratorio con ácido nítrico, para la determinación de cromo, cobre, mercurio y plomo.

- Comunidades biológicas y bentos

Los seres vivos tienen unos requerimientos ecológicos, esto es, un rango de condiciones en el que pueden vivir y una necesidad de determinados recursos. Es de esta manera que si se conoce los requerimientos de determinados grupos de organismos vivos, así como la presencia y abundancia de estos seres vivos en determinado hábitat, estos se pueden utilizar para evaluar el estado ecológico del medio en el que viven, es decir, las comunidades biológicas viven en sus medios acuáticos de acuerdo con ciertas características físicas y químicas del agua, las cuales al cambiar dichas características desaparecen para aparecer otras adaptadas a las nuevas condiciones, de ahí que dichos organismos nos indican la calidad del agua.

La información que se obtiene con este tipo de determinaciones puede servir para:

- Ayudar a la interpretación de los análisis químicos.
- Identificar la naturaleza, alcance y efectos biológicos de la contaminación.
- Proporcionar datos sobre el estado de un sistema acuático de una forma regular.

Es importante por lo tanto, en el análisis de los ecosistemas acuáticos tener en cuenta no solo las características físicas y químicas, sino también las biológicas, ya que en todo ecosistema se presenta una interacción entre los factores físicos, químicos y biológicos.

La naturaleza concreta de un problema y las razones de obtención de las muestras indicarán que comunidades de organismos acuáticos deben ser examinadas así como la toma de muestras y las técnicas analíticas a emplear.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Para los muestreos que se realizarán en el río Aburrá-Medellín se tendrá en cuenta como criterio general la consideración de los grupos de organismos acuáticos perifiton y macroinvertebrados y el procedimiento para la toma de muestras se explica en el capítulo 4.

- Procedimiento de aforo líquido

Un aforo se define como el conjunto de actividades hidrométricas cuyo objetivo es determinar el caudal de una corriente de agua. Las principales actividades que se realizan durante esta práctica son: el levantamiento del perfil transversal de la sección de aforo y las mediciones de profundidades y velocidades del flujo en distintos puntos de dicha sección.

El conocimiento de la variación del caudal que fluye por una determinada sección de un cauce natural es de suma importancia en los estudios hidrológicos. De acuerdo con la calidad y la cantidad de los registros de caudales necesarios en un estudio hidrológico, las mediciones se pueden hacer de una manera continua o permanente, o de una manera puntual o instantánea. Las primeras requieren de la instalación de una estación medidora (limnimétrica) o registradora (limnigráfica), mientras que las segundas, se realizan en determinados momentos en que se desee conocer la magnitud de una corriente particular. (Marbello, 1997)

Con el fin de ampliar el rango de información y su confiabilidad sobre aspectos hidráulicos y dinámicos del río, conducentes a lograr paso a paso la modelación hidráulica del río, especialmente en lo que tiene que ver con caudales mínimos y máximos, se procederá con las siguientes actividades metodológicas:

Se hará un levantamiento topográfico altiplanimétrico de las secciones transversales del río en las diferentes estaciones establecidas, en una franja de 100 metros aguas arriba y aguas abajo de cada estación y/o acorde con las condiciones del lugar.

Se levantará información adicional sobre velocidad de la corriente en las diferentes estaciones establecidas.

Se utilizarán los medidores de niveles para el cálculo y facilidad en el proceso de calibración de la cantidad de agua en diferentes secciones y los balances de masa correspondientes. En el caso en que no pueda ser aplicado este instrumento se hará por la técnica de vadeo o similares y en otros casos se adquirirá, mediante la consecución de la información en Empresas Públicas de Medellín.

Con la información procesada y analizada de los datos físicos obtenidos, se alimentarán los modelos utilizados en la Fase 1 del proyecto REDRIO, que permitirán a la red de monitoreo estimar caudales medios, mínimos y máximos en el río.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Se tratarán de identificar los posibles fenómenos de transporte y transformación de los contaminantes a lo largo del río, con base en los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos obtenidos en la Fase 1 del proyecto REDRIO, para determinar la capacidad de asimilación y depuración correlacionada con la carga contaminante y el impacto generado, mediante modelos de simulación. Para el efecto se tomarán muestras de calidad de parámetros que posibiliten explorar estos fenómenos como la temperatura, el pH, la conductividad, la DBO, la DQO, OD y sólidos, entre otros. En cada caso se medirán parámetros que expresen el fenómeno en estudio acorde con el tipo de descarga y variables significativas.

- Almacenamiento y transporte de las muestras

Todas las muestras en campo deberán ser almacenadas en una misma nevera. Los recipientes deberán ser colocados en posición vertical, con suficiente hielo e intercalados de tal manera que alcancen una temperatura cercana a los 4°C. Se deberá verificar que los recipientes no se caigan, ni se abran, ni se les desprenda el rótulo.

Después de recolectadas las muestras, conviene transportarlas lo más pronto posible al laboratorio. Estando en el laboratorio deben ser conservadas a la mayor brevedad dentro del cuarto frío, donde se tomarán para su posterior análisis.

- Alteraciones potenciales de la muestra durante el almacenaje

Los cambios que se pueden producir en la muestra son de naturaleza múltiple. Una serie de parámetros analíticos sufren un cambio rápido una vez obtenida la muestra, ya sea por procesos fisicoquímicos o biológicos, por lo que su análisis debe realizarse *in situ*. Tanto la temperatura del agua y el pH pueden cambiar rápidamente en la muestra, por ello deben determinarse directamente utilizando medidores portátiles. En algún caso, alternativamente, se puede iniciar el análisis *in situ* dejando la muestra en un estado en el que el parámetro se encuentre fijado para evitar su alteración hasta la llegada al laboratorio, como sucede en el análisis de oxígeno disuelto mediante el método de Winkler.

Diversos cationes pueden adsorberse al recipiente si éste es de vidrio. Entre ellos se encuentran el aluminio, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, plata y zinc. Además, el vidrio puede liberar a la muestra boro, sílice y sodio; por esto, para la determinación de metales pesados el recipiente deberá ser siempre de plástico.

- Métodos de conservación

El método de conservación más generalizado consiste en mantener la muestra refrigerada en torno a 4°C y en oscuridad. Con ello se retrasan los cambios químicos y, sobre todo,

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

biológicos, activados o acentuados por la temperatura o por la luz. En consecuencia, las muestras siempre se refrigerarán y mantendrán en la oscuridad, salvo especificación.

En cuanto a la refrigeración, durante el muestreo en campo se utilizará una nevera de camping con hielo en su interior y las muestras serán almacenadas allí hasta culminar trabajo de campo, donde luego serán llevadas a un refrigerador eléctrico a una temperatura constante durante la toda la noche. Al día siguiente y durante su transporte hacia los diversos laboratorios las muestras serán nuevamente almacenadas en neveras de camping con hielo.

El refrigerador o contenedor utilizado deberá estar libre de contaminantes que puedan alterar las muestras, especialmente en el caso de compuestos orgánicos volátiles en los que la atmósfera de almacenamiento deberá estar totalmente libre de disolventes orgánicos.

Las neveras de camping deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura.

La adición de conservantes químicos se limitará a las muestras en cuyas determinaciones no interfiera dicho conservante, eligiéndose el mismo en función de los análisis a realizar, ya que un producto conservante puede ser conveniente para un análisis, pero no para otro.

En general, en el manejo de cualquier conservante se tomarán las precauciones adecuadas para evitar riesgos derivados de su posible peligrosidad. La adición de conservantes se realizará siempre a partir de soluciones concentradas de los mismos usando volúmenes pequeños, de manera que se reduzca al mínimo su efecto de dilución.

En ocasiones el proceso de análisis puede comenzarse inmediatamente después de la recolección de la muestra mediante la adición de un reactivo. Este reactivo reacciona con la sustancia a analizar, dando lugar a un compuesto más estable que permite el transporte de la muestra al laboratorio para proseguir con su análisis. Éste es el caso de la adición de una sal de manganoso para el análisis de oxígeno disuelto mediante el método de Winkler. No puede considerarse esta práctica como la adición de un conservante, ya que en realidad el compuesto químico añadido corresponde a uno de los reactivos del proceso analítico.

La adición de conservantes o reactivos deberá realizarse utilizando generalmente un material específico (pipetas u otros) para cada uno de ellos. La adición se realizará generalmente sin tocar la muestra con la pipeta o cualquier otro dispensador, tapando y homogeneizando suavemente el compuesto añadido con la muestra. Si fuera necesario realizar alguna medida para determinar la cantidad de conservante o reactivo a añadir, esta medida se realizará sobre una alícuota de la muestra dispuesta en otro recipiente.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Los conservantes o reactivos se deben preparar antes de cada campaña de muestreo, salvo aquellos cuya conservación sea prolongada, debiendo asegurarse de que no se encuentran contaminados. La pureza de los productos utilizados para preparar los conservantes será la misma que la de los reactivos a utilizar en el análisis.

La adición de conservantes o de reactivos a las muestras deberá realizarse de acuerdo con el analista, mientras que la refrigeración y el mantenimiento en la oscuridad son normas generales de aplicación.

La conservación con reactivos a las muestras obtenidas, se lleva a cabo por parte del personal de laboratorio una vez ingresadas al mismo.

5.9 RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA EN EL MUESTREO

Es importante considerar las etapas que se deben dar en todo proceso de muestreo, con la finalidad que la muestra sea lo más representativa posible y así asegurar la integridad desde su recolección hasta el reporte de los resultados, por ello se deberá tener en cuenta lo siguiente:

La localización de los puntos de muestreo será establecida previamente, verificándose la ubicación con una salida de reconocimiento la cual debe incluir el personal coordinador y de muestreo.

Para la toma de muestras en el río se deberán evitar las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente, y la distancia de separación entre ambas orillas. Si se dispone del equipo adecuado, se hará una toma integral de un lado a otro a una profundidad media, de forma que la muestra esté integrada en relación con el ancho de la sección. Si sólo puede hacerse una toma pequeña, se hará en el centro de la corriente a una profundidad media.

El recipiente muestreador se colocará en dirección opuesta al flujo e independientemente del tipo de muestreo que utilice, se deberá enjuagar dos o tres veces con el agua que se va a recoger (a menos que el recipiente contenga un preservante), teniendo en cuenta que para la mayoría de los análisis de parámetros orgánicos, el llenado de los recipientes es completo, en tanto que para los análisis microbiológicos se dejará un espacio para aireación y mezcla. En el caso de muestras que deban ser transportadas, lo mejor será dejar un espacio de alrededor del 1% de la capacidad del recipiente (espacio de cabeza) para permitir la expansión térmica.

Es conveniente revisar el tipo de recipiente a utilizar por parámetro a evaluar, así como el volumen mínimo de muestra necesario, los procesos y procedimientos de preservación y el tiempo que puede mantenerse la muestra preservada.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, los recipientes se rotularán con antelación al muestreo con la etiqueta correspondiente, en la que se indicará claramente el origen y punto de muestreo, los parámetros a medir, la fecha, la hora, el tipo de muestra, el responsable de su toma y el tipo de preservación.

Posteriormente a la toma de la muestra se efectuarán las lecturas de los parámetros de campo (temperatura ambiente y del agua, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y potencial redox).

Las muestras colectadas deberán conservarse en neveras a una temperatura de refrigeración alrededor de los 4°C, disponiendo para ello hielo como preservante, además los recipientes deberán ser colocados en forma ordenada a fin de evitar los daños, quebraduras o derrames.

Registrar toda la información referente a las mediciones y observaciones de campo en un formato de registro de datos apropiados. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, será esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo sin tener que confiar en la memoria de los encargados.

Para una guía general sobre el transporte, estabilización y almacenamiento de muestras, consulte la norma ISO 5667-3 (NTC-ISO 5667-3) sin embargo, se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

Se tendrá un cuidado especial en el transporte de los recipientes con muestra, equipos y reactivos, por lo que se sujetará en el interior del vehículo a fin de evitar los efectos de las vibraciones durante el transporte, impidiendo así que se deslicen o vibren. La logística del transporte, así como el modo de embalar los frascos será determinada antes de iniciar los trabajos de campo.

Las muestras se deberán entregar al laboratorio en el menor tiempo posible, preferiblemente dentro de las 24 horas luego de realizado el muestreo.

- **Normas de seguridad, protección personal y salud**

A continuación se presentan unas sugerencias generales y algunas recomendaciones puntuales sobre el trabajo de campo y normas de seguridad, protección personal y salud de las personas principalmente durante la toma de muestras.

Se sugiere antes de cada campaña realizar una charla o taller con el personal de muestreo en la que se discuta, recuerden, analicen e implementen protocolos de seguridad durante los monitoreos. Es importante que los integrantes de las comisiones retroalimenten la discusión porque son ellos quienes mejor identifican las situaciones de riesgo.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

El personal de trabajo portará en todo momento chaleco, gorra y carné para su plena identificación, indicando visiblemente el nombre de la autoridad ambiental para la cual se realiza dicho trabajo.

Según el tipo de transporte requerido y las vías de acceso al sitio de muestreo, será necesario verificar el estado del vehículo, contar con los implementos de carretera y seguridad vial, y con la identificación personal (como mínimo el documento de identificación, el carné de la EPS y el carné de la ARL); además será deseable portar un documento que indique el tipo de sangre y los permisos y autorizaciones relacionadas, en caso de ser necesarias.

Una información previa a tener en cuenta será el estado de orden del público de la región, por ello, en ciertos lugares de monitoreo en los cuales se detecten con anterioridad episodios de alteración del orden público se requerirá del acompañamiento de la autoridad competente, en este caso un miembro de la policía ambiental, el cual acompañará durante toda la jornada de trabajo en campo al equipo encargado de realizar la toma de muestras fisicoquímicas.

Además, para brindar protección y buenas condiciones de salud al personal, en la toma de las muestras se utilizará en todo momento guantes de látex para la manipulación de recipientes y equipos, guantes de carnaza para la manipulación del lastre y la manila, guantes de caucho para la homogenización de la muestra, tapabocas cuando la muestra presente olor desagradable y capa impermeable para los eventos de lluvia. Se contará también con un botiquín de primeros auxilios, especialmente en los sitios donde se opere con equipos automáticos, ya que la instalación y manipulación de estos requiere en ocasiones la utilización de herramientas cortopunzantes, lo que representa un mayor riesgo para el equipo de trabajo.

Como norma de higiene personal se recomendará la utilización del jabón antibacterial y del alcohol, suministrados a cada equipo de trabajo, luego de cada toma de muestra así como el cambio y descarte de guantes de látex cuando se observe deterioro en los mismos.

El procedimiento de la toma de las muestras se deberá realizar, en la medida de lo posible, desde superficies seguras que dispongan de apoyos para que el personal de muestreo no deba realizar maniobras peligrosas que representen riesgo para su salud e integridad personal. El momento de la toma de muestra es determinante, por ello el grupo de trabajo debe estar atento y presto a cualquier situación que se presente. (No perder de vista al compañero durante la toma de muestra) y tener presente que el lugar de toma de muestra debe ser tal que quien accede a él es capaz de salir por sus propios medios. No es recomendable tomar muestras en un lugar de donde no se puede salir fácilmente.

5.10 ACTIVIDADES POSTERIORES AL MUESTREO

Elaboración de memorandos para la devolución de equipos y la entrega de muestras: dirigido a los coordinadores de laboratorios (análisis fisicoquímicos, microbiológicos y granulométricos) solicitando la recepción de muestras, en este se deben especificar los parámetros a analizar; además de los memorandos para la devolución de los equipos.

Organización de equipos e implementos de muestreo: todos los equipos e implementos utilizados durante el muestreo deben ser limpiados, lavados e inventariados inmediatamente finalice el muestreo, además se deberá organizar el laboratorio y/o el sitio donde se guarden los implementos utilizados durante el trabajo de campo y donde se almacenen las muestras transitoriamente.

Entrega de muestras al laboratorio: las muestras deberán ser llevadas al respectivo laboratorio a más tardar el día siguiente del inicio del muestreo, estas deberán estar conservadas, ya sea por medio de refrigeración o por adición de sustancias preservantes suministradas por el laboratorio antes de iniciar los muestreos.

Análisis de resultados: los análisis se realizarán luego de recibir los resultados de laboratorio de los diferentes parámetros fisicoquímicos; los datos deberán ser organizados y digitalizados en la base de datos del proyecto.

5.11 ENTREGA DE MUESTRAS AL LABORATORIO

Todas las muestras de un mismo sitio de muestreo deberán ser almacenadas en una misma nevera, para evitar posibles confusiones con muestras de otros sitios. Los recipientes deberán ser colocados en posición vertical, con suficientes bolsas de hielo intercaladas de tal manera que se alcance una temperatura cercana a los 4°C, se deberá verificar que estos no se caigan, ni se abran, ni se les desprenda el rótulo.

Las neveras deberán ser entregadas al laboratorio por alguna de las personas que hicieron parte de la comisión de muestreo. Las muestras deberán ser radicadas y colocadas a la mayor brevedad posible dentro del cuarto frío, donde las muestras se conservarán para su posterior análisis.

Para garantizar el cumplimiento de los requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración especificados en la norma NTC 17025 y normas ambientales afines, se deben llevar las muestras a laboratorios acreditados por el IDEAM con lo cual se garantizará que cumplen los requisitos generales para establecer la competencia para efectuar los ensayos y/o calibraciones, incluyendo el protocolo de muestreo. Comprendiendo estos ensayos y calibraciones métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el laboratorio.

6. PARÁMETROS BIOLÓGICOS

6.1 PERIFITON

Se denomina perifiton a las algas microscópicas que crecen adheridas a substratos sólidos en el medio acuático, ya sean piedras, palos, vegetación acuática, etc. Dado que estas algas permanecen unidas al sustrato de forma permanente, su utilidad como testigo de los procesos ocurridos en el medio acuático es incluso mayor que la del propio plancton, sirviendo igualmente y por las mismas razones como indicadores de la calidad del agua en función de su ausencia o presencia y, en su caso, abundancia. Dentro del perifiton, la tendencia actual es la de utilizar a un grupo de algas, las diatomeas, como indicadores de calidad ya que al conocerse de manera precisa los requerimientos ecológicos de una gran cantidad de especies se han propuesto índices de calidad del medio acuático basados en la determinación de las diatomeas que viven adheridas al sustrato.

6.2 MACROINVERTEBRADOS

Se consideran macroinvertebrados bénticos a los invertebrados acuáticos que habitan en el sustrato de lagos, ríos, estuarios y aguas marinas y son apreciables a simple vista.

El tamaño límite inferior suele ser de 0,5 mm, pero habitualmente son mayores de 3 mm. La composición y número de individuos por unidad de superficie (densidad) suele ser estable de un año a otro en medios no alterados.

Puesto que lo que se busca es que los organismos muestreados sean característicos de la zona de muestreo con el fin de poder determinar el grado de saprobiedad de un sitio, debe por tanto evitarse su traslado entre puntos de monitoreo. En consecuencia, no sólo no deben liberarse en otras zonas, sino que el material utilizado en el muestreo deberá estar suficientemente limpio como para garantizar que no se están trasladando organismos de unos lugares a otros. También deberán cumplirse estrictamente todos los requisitos establecidos por la legislación para evitar estas alteraciones y, de forma especial, se deberá ser respetuoso con los seres vivos que habitan la zona de muestreo.

La mayor parte de los ecosistemas acuáticos soportan diversas comunidades de macroinvertebrados en las que se suele dar un equilibrio de distribución de las especies entre el número total de individuos presentes. Estas comunidades responden a la calidad cambiante del hábitat por ajustes de la estructura comunitaria.

Las respuestas de la comunidad de macroinvertebrados a las perturbaciones ambientales son útiles para evaluar el impacto de residuos y vertidos, así como de otros usos del suelo, sobre los cursos de agua superficiales.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

A partir de los datos obtenidos se pueden caracterizar y comparar las comunidades de acuerdo con la estructura comunitaria, densidad, biomasa, diversidad y otros análisis.

Antes de realizar un estudio deben determinarse los objetivos del mismo, así como la información que se desea hallar. El procedimiento de muestreo dependerá de las características de la estación a muestrear.

Como paso previo a la obtención de las muestras, es preciso identificar los diferentes micro hábitats que aparecen en el tramo objeto del muestreo, estos ambientes se definen con base a diferentes combinaciones de profundidad (somero-profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato (grandes piedras, piedras disimétricas, gravas, arenas y limos) y presencia o ausencia de vegetación.

6.3 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

La primera distinción a realizar aquí es si el muestreo se va a realizar sobre sustratos naturales o sobre un sustrato artificial colocado para tal efecto.

6.3.1 Selección del lugar de muestreo

Es siempre necesaria una visita previa al lugar del muestreo. Esta visita debe preceder a la recolección de las muestras y servirá para determinar el lugar exacto de recolección, esto sin perder de vista las condiciones cambiantes del río por los regímenes hidrológicos los cuales pueden alterar las secciones de monitoreo haciendo necesaria la reubicación de ciertos puntos el día que se realice el monitoreo. Para la ubicación del punto de monitoreo pueden considerarse los siguientes criterios generales (NTC-ISO 5667-6):

Evitar pozas y tomar las muestras en zonas de excesiva corriente y rápidos del río.

Evitar tramos muy sombreados, a no ser que ésa sea una característica distintiva del punto a evaluar.

Evitar zonas emergidas o que presumiblemente lo hubieran estado en algún momento reciente.

Evitar áreas demasiado cercanas a las orillas y obtener las muestras principalmente del punto medio del río, en zona de corriente donde sea posible.

Evitar zonas debajo de puentes o recientemente afectadas por obras de ingeniería o de alteración del lecho fluvial.

6.3.2 Selección del tipo de sustrato en el área de estudio

Es importante determinar el tipo de sustrato en el que se efectuará la recolección de muestras para el análisis de perifiton, puesto que el resultado que se pueda obtener está muy relacionado con este factor. Como criterio general, es recomendable efectuar la recolección de comunidades que se desarrollen sobre sustratos rocosos (rocas, piedras, cantos rodados, gravas). En caso de duda, pueden establecerse los siguientes criterios:

Determinar cuál es el sustrato más abundante en el punto de muestreo (rocas, piedras, arena, limo, plantas acuáticas).

Si las rocas o piedras son el sustrato más abundante, éste será el material en el que se efectuará la recolección.

Si las arenas o los limos son los más abundantes pero existe aproximadamente más de un 10% del total del sustrato que sea roca o piedras, se escogerán preferentemente las rocas o piedras.

Si no existen más que arenas, limos o plantas acuáticas, se recogerán las muestras de aquellos que sean característicos del punto de muestreo.

Algunos puntos de monitoreo presentan sustratos artificiales que son característicos de este punto como lo son por ejemplo costales, sobre los cuales se va formando una biopelícula.

6.3.3 Recolección de muestras sobre los sustratos determinados

Una vez seleccionado el punto de muestreo y determinado el tipo de material sobre el que se efectuará la recolección, se podrá proceder a la recolección propiamente dicha.

6.3.4 Recolección sobre piedras, rocas, cantos rodados o grava

Seleccionar piedras de morfología similar en el punto exacto de muestreo, no sospechosas de haber sido giradas recientemente.

Si se trata de rocas, con tres es un número suficiente; si son cantos rodados, deberán ser cinco; si se trata de gravas, el número debe ascender hasta siete.

Las piedras han de ser seleccionadas al azar, pero deben tener una cobertura alga semejante.

Si sobre el sustrato del punto de monitoreo se observan diferentes bloomsalgales deberá tomarse muestras de todos estos.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Rascar profundamente una parte significativa de la cara superior (es decir la expuesta al sol), de cada uno de los substratos tomados del punto de muestreo.

La parte a rascar puede ir desde la totalidad de la superficie superior en el caso de las gravas, hasta una pequeña fracción en el caso de las rocas. Es importante en las observaciones del punto de muestreo anotar qué fracción se ha obtenido y de qué material.

Poner el material obtenido en un único frasco para cada estación.

Marcar adecuadamente en el frasco la fecha y la estación de muestreo.

Tener en cuenta la cantidad de gotas utilizadas con el fijador lugol en el gotero; estas gotas se miden de acuerdo al color de la muestra al ir agregando el lugol en el tarro, por lo general se utilizan de 5 a 10 gotas.

Anotar el tipo de substrato muestreado (rocas, cantos rodados, gravas) y el número de unidades muestreadas.

6.4 TOMA DE MUESTRAS

Para la toma de muestras de algas perifíticas en el río Aburrá-Medellín, se realiza un muestreo cuantitativo en el cual se efectúa una remoción del material adherido a sustratos inmersos en la corriente como piedras, troncos y hojarasca, utilizando cepillos plásticos. Como unidad de área se utilizaron 240 cm² por estación y para la fijación de las muestras se utiliza una solución de lugol al 10% (0.5 ml por cada 100 ml de muestra).

La toma de muestras de macroinvertebrados se puede realizar de varias formas dependiendo de la profundidad del cauce, la velocidad de la corriente y la composición del lecho fluvial. Si la profundidad es inferior a un metro y el lecho es arenoso, rocoso o con gravas, se utiliza habitualmente la red de mano, por ser el método más versátil. En el caso de cauces más profundos, con corriente rápida o con lechos fangosos se deben utilizar muestreadores o artefactos para colonizar o sobre las orillas en los sitios donde halla acceso.

Los equipos deben estar bien limpios antes de iniciar el muestreo con el fin de asegurar la no contaminación de las muestras entre los diferentes puntos, por lo cual hay que enjuagarlos inmediatamente después de tomar la muestra y repetir la operación con el agua del nuevo punto antes de tomar la muestra siguiente.

Los procesos y procedimientos que a continuación se detallan son aplicables al muestreo de todos los hábitats acuáticos tanto en ríos como en arroyos, estanques, estuarios y lagos.

6.5 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN

Existen diferentes métodos de recolección los cuales varían de acuerdo al sustrato (arena, piedras, fango, vegetación) o al tipo de investigación que se desee realizar (cualitativa o cuantitativa). De acuerdo al tipo de sustrato, éstos se dividen en varias clases, a saber:

6.5.1 Aguas Corrientes Poco Profundas

- **Red de mano o Red de Pantalla (método cualitativo)**

La Red de Pantalla es la forma más utilizada para el muestreo de macroinvertebrados bénticos en aguas poco profundas (menos de 1 m); está concebida, pues, para tramos vadeables.

La red consiste en un mango y un bastidor que sostiene una redecilla en la que quedan retenidos los organismos. Los mangos (de 1,5 a 2 m de longitud) son de metal, madera o plástico reforzado.

Los bastidores, de forma rectangular, son de metal. Las dimensiones del bastidor deben estar comprendidas en los siguientes rangos:

Ancho w: 200 - 400 mm

Altura h: 200 - 300 mm

Una vez identificados los microhábitats presentes, la persona encargada (Ingeniero, biólogo, auxiliar, etc.) se introducirá en el cauce. En aguas someras y rápidas, se removerán y voltearán las piedras del sustrato, raspándolas a mano; se debe disponer de un salobre de forma que todos los organismos que se vayan despegando, o vayan siendo arrastrados por la corriente, se introduzcan en él. En aguas más profundas esta misma operación se realizará con las botas.

El tiempo de muestreo por microhábitat es variable en función de la abundancia de material y del método empleado; a título orientativo, cada muestreo necesita de unos 5 min.

El contenido de la red se introduce en un recipiente de plástico donde previamente se ha puesto agua del punto de muestreo; se da la vuelta a la red y se enjuaga con el agua del recipiente hasta que ésta quede libre de organismos. Antes de fijar la muestra y tapar el recipiente se pueden retirar piedras, ramas y otros materiales gruesos para facilitar el examen en el laboratorio.

- **Muestreador tipo red Surber (método cuantitativo)**

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Este muestreador está constituido por dos marcos de latón cuadrados de 30,5 cm de lado unidos por bisagras, un marco actúa como delimitador de la superficie a muestrear mientras que el otro soporta la red en la que quedarán retenidos los organismos. En posición de funcionamiento los dos marcos están en ángulo recto mediante dos fijaciones (ver Figura 3). La red debe tener aproximadamente 70 cm de longitud y un cuello de material más pesado (p. ej., de lona) para protegerla de la abrasión. La forma de la red puede ser en bolsa o cónica.

Una vez colocada la red y las bridas laterales fijadas, se debe elegir el punto de muestreo, luego se procede a sumergir la red en el agua dirigiendo la extremidad abierta aguas arriba para que quede dispuesta contra corriente. Se fija bien sobre el fondo asegurándose de que no se agita el sustrato corriente arriba, hay que asegurarse de no dejar huecos bajo los bordes del marco inferior para evitar que pase agua por debajo de la red.

Es necesario raspar con cuidado todas las piedras y gravas grandes incluidas en la superficie delimitada por el marco interior para desprender a los organismos adheridos a ellas. Remover la arena restante con la mano o un pequeño rastrillo hasta una profundidad de 5 - 10 cm, dependiendo del sustrato. Cuando las aguas presenten una corriente elevada, la red debe ser usada por dos personas, una para mantenerlo fijo en su sitio y otra para remover el sustrato.

Una vez completada la recolección de los organismos, se retira la red con el lado abierto de la red dirigido aguas arriba. Se lava la red dentro del agua pero sin sumergir la abertura superior para impedir la entrada o salida de organismos. Una vez fuera del agua, se da la vuelta a la malla y se recogen los organismos.



Figura 3. Red Surber

6.5.2 Aguas Lentas o Corrientes con Vegetación Marginal

La red triangular (“D-net”), sujeta a un mango de madera o aluminio, es una de las más usadas para hacer un “barrido” a lo largo de las orillas con vegetación (ver Figura 4). Este es un muestreo cualitativo en el cual se atrapan insectos nadadores o que viven adheridos a los tallos y hojas de la vegetación sumergida. El material recolectado se deposita en una bandeja para la recolección de los organismos, tal como se explicó anteriormente.

El método anterior puede complementarse tomando con las manos piedras y rocas, hojas o sustratos similares y con una pinza de punta fina, se van tomando los organismos uno por uno y se depositan en un frasco pequeño de alcohol, si se desean fijar en el campo, o en frascos de mayor capacidad (cerca de 1 litro) si se desean llevar vivos al laboratorio para su cultivo y seguimiento hasta adultos.



Figura 4. Red triangular (D-net")

6.5.3 Conservación y transporte

Se recolectan los organismos uno por uno y se depositan en un frasco pequeño de alcohol ("Vials") si se desean fijar en el campo, o en frascos de mayor capacidad cerca de 1 litro, si se desean llevar vivos al laboratorio para su cultivo y seguimiento hasta adultos.

En todos los casos descritos anteriormente es conveniente depositar primero el material recolectado en una bandeja clara, pues allí se pueden observar mejor los organismos capturados.

En una estación de monitoreo se deben combinar todos los tipos de muestreos que sean posibles, es decir, manual, red triangular, red de pantalla, etc., con el fin de recolectar una muestra representativa del sitio monitoreado.

6.6 CONSERVACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

6.6.1 Perifíton

La muestra se preserva con agua destilada en una solución de lugol y transeú, se almacena y transporta al laboratorio para su identificación en recipientes plásticos (previamente rotulados) opacos para evitar su exposición a la luz directa.

6.6.2 Macroinvertebrados

Estos organismos se preservan en recipientes plásticos con alcohol al 70% y son debidamente rotulados. Posteriormente se transportan al laboratorio para su identificación.

7. BIBLIOGRAFÍA

Área Metropolitana del valle de Aburrá. Diseño y Puesta en Marcha de la Red de Monitoreo Ambiental en la Cuenca Hidrográfica del Río Medellín en Jurisdicción del Área Metropolitana. Fase I y Fase II. 2005-2007.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Bogotá, 2005.

MARBELLO, Ramiro. Fundamentos para las prácticas de laboratorio de hidráulica. Medellín 1997. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

NTC-ISO 5667-1. GESTIÓN AMBIENTAL. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO DE AGUAS. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC

NTC-ISO 5667-2. GESTIÓN AMBIENTAL. CALIDAD DEL AGUA. TÉCNICAS GENERALES DE MUESTREO. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC

NTC-ISO 5667-3. GESTIÓN AMBIENTAL. CALIDAD DEL AGUA. GUÍA PARA LA CONSERVACIÓN Y LA MANIPULACIÓN DE MUESTRAS. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 19ed., New York, 1995.

NTC-ISO 5667-6. GESTIÓN AMBIENTAL. CALIDAD DEL AGUA. GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS DE RÍOS Y CORRIENTES. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

ANEXOS

ANEXO 1. MÉTODOS DE AFORO

De acuerdo a la dificultad de medición y a la disponibilidad de equipos en el sitio de aforo, se emplearán dos técnicas de medición que se describen a continuación.

Vadeo: Medición de velocidades y geometría de la sección en la cual el personal de aforo mide dentro del cauce. La técnica es adecuada en secciones donde las profundidades no superan 0.60 m y las velocidades son menores de 1.0 m/s, pues de no cumplirse estas condiciones, es más adecuado implementar la técnica de suspensión.

Suspensión: Medición de velocidades y geometría de la sección sin ingresar a la corriente. Esto se logra dotando el equipo de un lastre que permita aforar la sección desde puntos estratégicos como puentes.

Aforo por vadeo

Se continuará con el procedimiento descrito en el capítulo “campañas de aforo” del proyecto Red Río Fase I y II, el cual sugiere la metodología que generalmente se aplica para medición de aforos.

Cada sección de aforo se escoge siguiendo criterios de estabilidad hidráulica y flujo uniforme, evitando secciones que se localicen en curvas de la corriente principal o que tengan obstáculos (puentes, controles geológicos) que perturben el perfil de velocidades. Una vez escogida la sección, se hace el levantamiento batimétrico, midiendo generalmente desde la orilla izquierda (orilla localizada a mano izquierda de un observador que mira la corriente en dirección aguas abajo) la abscisa y la profundidad tal como se ilustra en la Figura 5. Las abscisas se obtienen al dividir el ancho de la corriente en un número dado de secciones. Esta división permite discretizar la sección transversal en una serie de trapecios. Para cada uno de estos trapecios o secciones se mide la velocidad a diferentes profundidades en el centro de cada uno de los segmentos en que fue dividido el ancho de la sección (líneas rojas punteadas en la Figura 5).

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

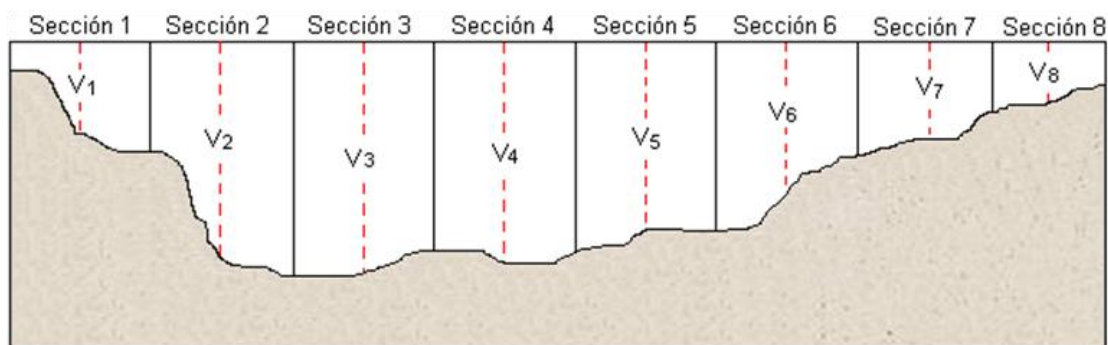


Figura 5. Esquema de la sección transversal para el cálculo del caudal, método área - velocidad

De acuerdo al tipo de correntómetro utilizado, se dispone de una ecuación característica obtenida de una previa calibración del mismo. Dicha ecuación traduce las revoluciones de la hélice del instrumento, obtenidas en cada medición, en un dato que representa la velocidad del flujo a esa profundidad. Luego se procede al cálculo de la velocidad media en cada vertical de acuerdo a la expresión del método que se utilice.

La velocidad media en una vertical se obtiene por uno de los métodos siguientes:

Curvas de variación vertical de la velocidad.

Velocidad a 0.6 de la profundidad. Adecuado cuando se tienen profundidades entre 0.1m y 0.75m.

El promedio de las velocidades a 0.2 y 0.8 de la profundidad. Más exacto que el anterior y es aplicable para profundidades mayores a 0.75m.

Método de los tres puntos, tomando velocidades a 0.2, 0.6 y 0.8 de la profundidad, aplicable para profundidades mayores a 0.75m y cuando la velocidad del flujo es alterada por objetos en el cauce. La velocidad media se obtiene promediando las velocidades a 0.2 H y a 0.8 H y luego el resultado se promedia con la velocidad a 0.6 H. Esta última sería la velocidad media. También se puede emplear la media aritmética a los tres resultados.

Una medición de la velocidad cerca de la superficie libre de la corriente, a la cual se aplica un coeficiente (0.80 - 0.95, siendo el promedio 0.85) para reducirla a la velocidad media. A veces se recurre a este método aproximado cuando la corriente es demasiado rápida para hacer medidas a las profundidades requeridas por cualquiera de los métodos. Se usa en los casos en donde el acceso a la corriente se vea afectado por objetos que pongan en peligro la vida del aforador o la integridad instrumental o debido a la excesiva velocidad de la corriente. El estimativo de caudal líquido se obtiene por el método área – velocidad que consiste en determinar, a partir de medidas de velocidad y geometría de la sección, el caudal de la corriente como el producto

$$Q = \sum A_i V_i$$

Donde:

Q: Caudal [m^3/s]

V: Velocidad [m/s]

A: Área [m^2]

Aforo por suspensión

Para el caso de realizar un aforo por suspensión, este se ejecuta desde un puente o cualquier otra estructura. La profundidad se determina deslizando una plomada o lastre en cada una de las verticales definidas hasta que entre en contacto con la superficie del agua obteniendo así la primera medición H1, una vez obtenido H1 se sigue deslizando la plomada o lastre hasta llegar al lecho del río o canal tratando de que el lastre se mantenga de forma perpendicular obteniendo así H2, de la diferencia entre estas dos alturas H1 y H2 se obtiene el tirante del agua en esta línea de control; de acuerdo al método de cálculo de la velocidad media se toman medidas con el correntómetro (suspendido con un cable o cuerda desde una estructura adecuada) en las profundidades necesarias. Del mismo modo se procede para todas las verticales.

El cálculo del caudal por cualquiera de los métodos descritos (vadeo o suspensión) será realizado en el sitio de aforo para hacer su respectiva revisión y corrección de posibles errores.

ESTIMATIVO DE ERRORES EN EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES

El estimativo de errores obedece a las leyes de propagación y son función de cada una de las correlaciones utilizadas en el cálculo de las diferentes variables que intervienen en el cálculo de caudales:

$$A = bh$$

$$\delta A = \frac{\partial A}{\partial b} \delta b + \frac{\partial A}{\partial h} \delta h$$

Donde δb y $\delta h = 0.01 \text{ m}$

$$Q = VA$$

$$\delta Q = \frac{\partial Q}{\partial V} \delta V + \frac{\partial Q}{\partial A} \delta A$$

Donde $\delta V = 0.001 \text{ m/s}$ y δA se calcula como se indicó anteriormente

TOMA DE DATOS CON EL SENSOR DE NIVEL KALESTO

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

La característica de este equipo es que mide los niveles mediante el envío de ondas radáricas que se reflejan en la superficie del agua, sin necesidad de estar en contacto con ella, por tanto, para su montaje se emplearán unos soportes en aluminio para cada equipo.

Tal soporte consta de un contrapeso y un brazo móvil tanto en vertical como en horizontal, sobre el cual se suspende el Kalesto e irá apoyado sobre la baranda de los puentes que se encuentran en las estaciones de aforo Figura 6. En caso de que no sea posible apoyar el brazo articulado, el sensor se suspenderá mediante una cuerda desde donde sea posible. En el momento de la instalación se debe tener en cuenta que el rango de medición del sensor es entre 1.5 – 30 m, por tanto se debe verificar a la hora de instalar que la distancia mínima cumpla dicho requerimiento.



Figura 6. Soporte y montaje de Kalesto

El sensor Kalesto requiere una alimentación de 12 V, suministrada por una batería que proporciona tal voltaje, y que por el bajo consumo del equipo, es suficiente para realizar mediciones durante todo el tiempo que dure la campaña, registrando datos de nivel cada minuto como está estipulado desde las anteriores fases del proyecto.

Para la obtención de datos, se cuenta con un controlador LogoSens, que se comunica con el Kalesto mediante una interfaz RS 485. Este controlador permite guardar, leer, programar, importar y exportar una configuración para la recolección de los datos, y mediante el software HYDRAS3 se reciben y procesan los datos. Cabe mencionar que el sensor Kalesto mide la distancia entre el sensor y la superficie de agua, por tanto para conocer la profundidad se

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

debe escalar el rango de medición del sensor, que por defecto tiene como 100% una distancia de 30 m, de acuerdo a la profundidad medida durante los aforos.

INFORME DE OPERACIÓN DE LOS SENSORES DE NIVEL KALESTOS

- Generalidades

En la realización de diferentes campañas de monitoreo del río Aburrá-Medellín, la componente hidrológica tiene por objetivo estimar la variabilidad espacial y temporal de los caudales líquidos; por ello se ha implementado el uso del equipo de medición de niveles tipo radar, Kalesto.

El sensor de radar Kalesto ofrece numerosas ventajas para las aplicaciones hidrológicas. Este sensor se usa para medición del nivel de aguas superficiales, es un sensor de nivel que no entra en contacto con el agua. Su diseño compacto, así como el principio de medición sin contacto, facilitan el montaje sencillo y rápido, sin necesidad de efectuar obras costosas y de larga duración. El proceso de medición con el sensor de nivel Kalesto no se ve afectado por inundaciones, lodo, maderas flotantes, algas, etc., lo cual facilita aún más los trabajos de mantenimiento. Las señales de medición se transmiten a través del interfaz a un recolector de datos que puede estar situado a una distancia de hasta 1000 m del Kalesto.

La alimentación de 12 V (por baterías, energía solar o corriente directa) facilita el servicio incluso en las regiones más aisladas. El sensor Kalesto también se puede acomodar para lugares donde sea difícil utilizar sistemas de medición convencionales, o bien donde sea preciso crear una estación de medición de forma rápida y económica.

Otra ventaja significativa que ofrece el equipo es la facilidad en el manejo y el poco personal que requiere para el mismo, pues solo se necesitan 2 personas para instalar el montaje del equipo lo cual puede tardar aproximadamente 10 minutos, y de una persona para la constante inspección en el correcto funcionamiento del mismo.

La implementación de los sensores de nivel Kalesto, permiten dar continuidad a las campañas de aforo sin importar la profundidad de la sección en el momento de la medición, ya que en las campañas el personal encargado de realizar el aforo, para las estaciones en las cuales éste se realizaba por “vadeo” (San Miguel (E1), Ancón Sur (E3) y Aula Ambiental (E8)), debía ingresar directamente al cauce, lo cual limita el desarrollo del aforo en los días que se registraban niveles elevados, pues no se daban las condiciones necesarias de seguridad para el personal. Estos equipos han permitido observar hidrógrafas de hasta el doble de la profundidad normal logrando identificar el paso de un caudal normal a un caudal más alto (debido a lluvias en la cuenca) en solo 15 minutos.

- Especificaciones técnicas

El sensor de nivel Kalesto tiene las siguientes dimensiones (ver Figura 7):

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Diámetro: 160 mm.

Longitud: 560 mm Incl.

Rosca de sujeción: M 16 X 60.

Peso: 8 Kg.

El sensor de nivel Kalesto mide desde el aire sin contacto con la corriente, principio de medición absoluto. El Kalesto envía microondas verticalmente a la superficie del agua, combinándolas con las señales que se reflejan allí. El sensor de nivel Kalesto tiene una precisión de ± 1 cm. en todo el margen de medición bajo la condición de referencia, el material que lo compone es de aluminio / plástico resistente al envejecimiento y el tipo de protección es de IP 68.

El margen de medición es de 1.5 a 30 metros y su resolución temporal es de 1 min, con un ángulo de radiación de $\pm 5^\circ$ y una zona muerta de 1,5 m. Distancia de montaje mínimo 1 m y con una duración del ciclo de medición de 17 s (40 valores medidos, creando valor medio, filtrando). Para las campañas de medición se programaron los ciclos de medición cada 90 segundos.



Figura 7. Especificaciones técnicas del radar Kalesto

- Funcionamiento del radar Kalesto:

Mediante un procesador digital de señales (DSP). El controlador Logosens calcula exactamente la distancia “x” entre el sensor y la superficie del agua. Tomando el valor de

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

medición “x” y la longitud del sistema “b”, el recolector de datos calcula el nivel del agua “y”, (ver Figura 8) poniendo los valores almacenados a la disposición para su procesamiento anterior.



Figura 8. Funcionamiento del radar Kalesto

La consulta de los valores de medición digitales, los valores de estado y los posibles mensajes de error se efectúa mediante un recolector de datos externo a través de la interfaz RS 485.

La obtención de datos se realiza mediante el software LogoSens el cual también posee las opciones de guardar, leer, programar, importar y exportar una configuración y el software HYDRAS3 para la recepción de datos.

ACTIVIDADES PREVIAS, DURANTE Y DESPUES DEL MUESTREO

Actividades previas a la salida de campo

Son básicamente las descritas anteriormente en el numeral 5.1 pero adicionalmente se debe tener en cuenta que:

Se deben elaborar e imprimir los formatos de campo que se utilizarán en el aforo (dos copias por estación) y luego se colocan en las tablas de apoyo. Ver anexo II.

Se debe realizar el lavado de los trajes que se usarán para los aforos, principalmente por vadeo.

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Actividades durante el muestreo

- Procedimiento de aforo líquido

Con el fin de ampliar el rango de información y su confiabilidad sobre aspectos hidráulicos y dinámicos del río, conducentes a lograr paso a paso la modelación hidráulica del río, especialmente en lo que tiene que ver con caudales mínimos y máximos, se procederá con las siguientes actividades metodológicas:

Se hará un levantamiento topográfico altiplanimétrico de las secciones transversales del río en las diferentes estaciones establecidas, en una franja de 100 metros aguas arriba y aguas abajo de cada estación y/o acorde con las condiciones del lugar.

Se levantará información adicional sobre velocidad de la corriente en las diferentes estaciones establecidas.

Se utilizarán los medidores de niveles para el cálculo para facilitar el proceso de calibración de la cantidad de agua en diferentes secciones y los balances de masa correspondientes. En el caso en que no pueda ser aplicado este instrumento se hará por la técnica de vadeo o similares y en otros casos se adquirirá la información en Empresas Públicas de Medellín.

Actividades posteriores al muestreo

- Elaboración de memorandos

Luego del trabajo de campo se elaborarán los memorandos para la devolución de equipos, en este se deben especificar la condición de llegada de los equipos después de las campañas de aforo, el cual es de suma importancia para trámites posteriores de préstamo de equipos.

- Organización de equipos e implementos de muestreo

Todos los equipos e implementos utilizados durante el trabajo de campo deben ser limpiados, lavados e inventariados inmediatamente finalice el muestreo, además se debe organizar el laboratorio y el sitio donde se guarden los implementos como los Kalestos, sacos de insumos, manilas y solicitar insumos faltantes para la próxima campaña de aforo.

- Entrega de resultado de los aforos

Después de cada día de aforo realizado los datos obtenidos por medición de vadeo o suspensión de las comisiones encargadas, deben ser organizadas y entregadas al encargado de cargar la información a las hojas de cálculo donde se realizarán los procesos y procedimientos para conocer el caudal en cada estación y realizar las respectivas gráficas de aforo y sección de las mismas.

- Análisis de resultados



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

Los análisis se realizan luego de recibir los resultados de los aforos los datos deben ser organizados y digitalizados en la base de datos del proyecto, recopilando así la información para modelar estos datos en City Drain, ArcGis o HIDROSIG, de acuerdo a lo requerido.

ESTRATEGIA DE TRABAJO

Para un óptimo desempeño tanto de los equipos como del personal en el desarrollo de las actividades se dividirá el grupo de trabajo en 2 comisiones, cada una con mínimo 4 integrantes. A cada comisión se le asignará con previa organización los sitios en los que se realizarán las mediciones programadas.

En los sitios de aforo se contará con el equipo necesario para la salubridad, la seguridad y la toma de datos propios de la campaña; además, se contempla tener en cada comisión un correntómetro extra para tener mayor certeza de que las mediciones se realizarán completas en caso de que un instrumento se deteriore.

Se deben realizar los procesos y procedimientos adecuados para el préstamo de equipos con el propósito de tenerlos a disposición como mínimo 2 días antes a la campaña de aforo.

Los integrantes de las comisiones mencionadas se rotarán constantemente entre una y otra, y a la vez, cada comisión cambiará de sitio de aforo a medida que avance el proyecto.

Los aforos se realizarán con correntómetro y medidores de nivel en los mismos sitios que se tomarán muestras de agua para la caracterización de la calidad de la misma.

Las secciones del río deben ser calibradas periódicamente debido a las variaciones que pueden sufrir a lo largo del tiempo por el arrastre de material en el lecho.

DIANA FERNANDA CASTRO HENAO
Líder Programa Gestión Ambiental
Revisó

MARÍA DEL PILAR RESTREPO MESA
Subdirectora Ambiental
Aprobó.



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

ANEXO 2. FORMATOS DE CAMPO

- A. Estaciones mixtas**
- B. Estaciones manuales**
- C. Comisiones móviles**
- D. Formato de aforo**



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA MEDIR EN CAMPO - ESTACIONES MIXTAS.

A



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN EN JURISDICCION DEL ÁREA METROPOLITANA								UdeA UNALMED UPB U de M	
Fecha:		Responsable:							
ESTACIÓN ANCÓN NORTE									
HORA	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Agua (°C)	pH (U. de pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Potencial Redox	Turbiedad (NTU)	Voltaje batería	voltaje IQ
6:00									
7:00									
8:00									
9:00									
10:00									
11:00									
12:00									
13:00									
14:00									
15:00									
16:00									
17:00									
18:00									
Compuesta									
OBSERVACIONES GENERALES									



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN EN JURISDICCION DEL ÁREA METROPOLITANA		
Fecha:		
ESTACIÓN ANCÓN NORTE		



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA MEDIR EN CAMPO ESTACIONES MANUALES.

RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL
RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN EN JURISDICCION DEL ÁREA METROPOLITANA

UdeA UN UPB U de M

B

Fecha:

Responsables:

ESTACIÓN SAN MIGUEL

HORA	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Agua (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (μs/cm)	pH (U. de pH)	Descripción Color
6:00						
7:00						
8:00						
9:00						
10:00						
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

18:00						
OBSERVACIONES GENERALES						
RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN EN JURISDICCIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA						
Fecha:						
ESTACIÓN SAN MIGUEL						



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

C

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA MEDIR EN CAMPO EN LAS ESTACIONES PUNTUALES REDRIO.						
RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN EN JURISDICCION DEL ÁREA METROPOLITANA					UdeA UNALMED UPB U de M	
Fecha:			Comisión:			
Responsable:						
ESTACIÓN	HORA	Temperatura °C		pH (U. de pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm.)
		Ambiente	Agua			
OBSERVACIONES GENERALES						



MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN EN JURISDICCION DEL ÁREA METROPOLITANA		UdeA UNALMED UPB U de M
Fecha:	Comisión:	
Responsable:		

MANUAL PARA EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

D

RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN EN JURISDICCION DEL ÁREA METROPOLITANA							UdeA UNALMED UPB U de M		
Estación	Abscisa	b (m)	h (m)	hi (m)	Vi (m/s)	Vi _{prom} (m/s)	Ai (m ²)	Qi (m ³ /s)	± δQ
				0.2					
				0.4					
				0.8					
				0.2					
				0.4					
				0.8					
				0.2					
				0.4					
				0.8					
				0.4					
				0.8					