

*E*standarización de *M*étodos de estudio
para un **sistema lótico**
de la **Orinoquía**





UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

OSCAR DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ

Rector

OMAR YESID BELTRÁN GUTIÉRREZ

Decano

Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería

MARCO AURELIO TORRES MORA

*Director -Maestría Gestión Ambiental Sostenible
Coordinador y enlace convenio Unillanos – Ecopetrol*

ECOPETROL S.A

JAVIER ENRIQUE GONZÁLEZ BARBOSA

Superintendente Castilla la Nueva – Chichimene

EUCARIS ÁLZATE PARRA

Administradora Convenio

WILSON YOVANNI DE LA CRUZ

Gestor convenio

Estandarización de Métodos de Estudio para un Sistema Lótico de la Orinoquia

Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería
Posgrados en Gestión Ambiental Sostenible
Universidad de los Llanos

La presente edición se publica en el marco del proyecto
*“Determinación y formulación de las medidas de manejo
socioambientales asociadas a la recuperación del río Orottoy,
en el área de influencia de la superintendencia de operacio-
nes central ECOPETROL, municipios de Acacías y Castilla
la Nueva”*, del convenio de cooperación DHS 169-09,
suscrito entre la Universidad de los Llanos y Ecopetrol S.A.

1000 ejemplares

ISBN 978-958-8594-55-2

Universidad de los Llanos y Ecopetrol
Villavicencio, Noviembre de 2011

Derechos reservados según la ley, la información contenida
puede ser usada y reproducida con propósitos educativos,
comunitarios, no comerciales, siempre y cuando se den los
créditos correspondientes.

Cítese como:

Osorio-Ramírez, D.P., Caro-Caro, C. I., Gutiérrez-Bohórquez,
L. M., & Oliveros- Monroy, A. M. (Ed.). 2011. Estandarización
de métodos de estudio para un sistema lótico de la Orinoquia
Colombiana. “Tipificación de ambientes acuáticos e
identificación de bioindicadores presentes en el río Orottoy - clave
ambiental ilustrada”. Posgrados en Gestión Ambiental Sostenible,
Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. 96 p.



Marco Aurelio Torres Mora

Coordinador y enlace convenio DHS 169-09

Clara Inés Caro Caro

Coordinadora Académica convenio DHS 169-09

Consultoría de convenios

Revisión de textos

Archivo fotográfico del proyecto

Fotos

Deiby Alexander Contento

Dibujos

Digitos y Diseños Industria Gráfica Ltda.

Impresión

Bernardo Arias

Diseño Editorial

Gabriel A. Pinilla

Marlon Serrano

Juan David Gutiérrez

Comité científico y editorial



Contenido

Agradecimientos	10
Presentación	12
Introducción	15
1. Generalidades sobre ecosistemas lóticos tropicales	17
2. Monitoreo para la calidad del agua	21
2.1 Diseño de muestreo	23
2.1.1 Muestreo:	23
2.1.2 Planificación del muestreo:	
2.1.3 Cuándo muestrear:	24
2.1.4. Ubicación de las estaciones de muestreo:	25
2.2 Recomendaciones generales al realizar un muestreo	28
3. Aforos	31
3.1 Método Área- Velocidad	32
3.1.1 Corrientómetro o Molinete	34
3.1.2 Flotador	35
4. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	37
4.1 Muestreo de aguas	38
4.1.1 Parámetros in situ	38
4.1.2 Parámetros ex situ	42
4.2 Muestreo de sedimentos	47



5. Parámetros biológicos	53
5.1 Macroinvertebrados acuáticos	54
5.1.1 Métodos de colecta	55
5.2 Comunidad de Perifiton	58
5.3 Vegetación ribereña	60
5.3.1 Colección general de plantas	60
5.3.2 Descripción general de la vegetación	63
5.3.3 Índice de calidad de ribera	65
6. Procesamiento de la información	71
6.1 Revisión de los datos obtenidos	72
6.2 Elaborar informes	72
6.3 Socialización de la información	73
Anexos	77
Literatura consultada	91
Fotos portada	95

Índice de Figuras

Figura 1.1	Ejemplo de ecosistemas loticos. a) Río Orotoy-Cuenca media. b) Caño Lejía.	19
Figura 2.1	Etapas en la planificación del muestreo.	24
Figura 2.2	Confluencia del río Orotoy con el caño San Luis.	25
Figura 2.3	Vertimiento de aguas residuales domésticas a un cuerpo de agua.	26

Figura 2.4	Diferentes gradientes ambientales en el río Orotoy a) Cuenca alta: Acacías, Vereda San Juanito, altitud 692 msnm. b) Cuenca media: Acacías, Vereda EL Triunfo, altitud 419 msnm. c) Cuenca baja: San Carlos de Guaroa, Vereda Patagonia, altitud 249 msnm.	26
Figura 2.5	Diferentes épocas del año. Río Orotoy en la vereda la Cecilita - Acacías. a) época de lluvias, b) época de transición y c) época seca.	27
Figura 2.6	Aéreas importantes. a) Captaciones y b) movimientos de remoción en masa, en la cuenca media del río Orotoy.	27
Figura 3.1	Medición del área de la sección transversal del río (p=profundidad).	33
Figura 3.2	Molinete. a) Medidor de corriente, b) contador y c) equipo completo.	34
Figura 3.3	Medición de velocidad con flotador. Sección del río Orotoy 300 m. aguas abajo de la confluencia con el caño Carnicerías.	35
Figura 4.1	Equipos para la medición de parámetros in situ. a) Potenciómetro. b) Oxímetro. c) Conductivímetro.	39
Figura 4.2	Toma de datos in situ.	41
Figura 4.3	Muestreo de agua para análisis de parámetros físico químicos en laboratorio. a) Toma de la muestra de agua. b) envasar la muestra c) aplicar preservante.	43
Figura 4.4	Toma de muestra de aceites y grasas.	45
Figura 4.5	Toma de muestra de bacteriológicos.	46
Figura 4.6	Draga tipo Ekman	47
Figura 4.7	Muestreo de sedimentos: a) Toma de la submuestra b) Colecta de la muestra.	50
Figura 5.1	Red Surber	56
Figura 5.2	Red D-net	57
Figura 5.3	Muestreo de Perifiton	59
Figura 5.4	Muestreo general de plantas. a) toma de muestra vegetal b) trazado del transecto	61
Figura 5.5	Prensado de material botánico	62
Figura 5.6	Descripción gráfica la fisonomía de la vegetación.	63
Figura 5.7	Perfil de vegetación. Estación No 6- 300 m arriba de la confluencia con la quebrada San Francisco con el río Orotoy.	64
Figura 5.8	Calificación de los diferentes atributos del bosque de ribera para el Índice de calidad de ribera – QBR.	69

Índice de Tablas

Tabla 4.1	Toma y preservación de muestras de agua.	48
Tabla 4.2	Categorías de sustratos según los diámetros de partícula.	51
Tabla 5.1	Niveles de calidad según el QBR para la valoración del estado de calidad del bosque de ribera.	69

Índice de Anexos

Anexo 3.1	Formato para la toma de datos de aforos con el método área-velocidad.	78
Anexo 4.1	Formato para la toma de datos en campo de parámetros físico- químicos.	80
Anexo 4.2	Etiquetas para los frascos de los parámetros físico químicos a analizar en laboratorio	81
Anexo 4.3	Cadena de custodia	82
Anexo 5.1	Etiquetas de campo para muestras biológicas	83
Anexo 5.2	Formato para la toma de datos generales de vegetación en campo.	84
Anexo 5.3	Formato para la evaluación del índice de calidad de ribera – QBR	86

Agradecimientos

**El equipo ejecutor coordinado por la
Bióloga M.Sc., Clara Caro agradece a:**

- › A las directivas de la Universidad de los Llanos por el apoyo y respaldo que brindó a los líderes investigadores que estuvieron al frente del desarrollo del convenio.
- › A Ecopetrol S.A. por la oportunidad, credibilidad y confianza puesta en la Universidad de los Llanos.
- › A Oscar Domínguez González, rector de la Universidad de los Llanos por el manejo interinstitucional que permitió la firma del convenio.
- › A los ingenieros Mauricio Herrera, Rafael Castillo y Javier González, superintendentes de los campos Apiay y Castilla – Chichimene, por su voto de confianza.
- › A las profesionales, Wilson de la Cruz, Yenny Parra y Martha Yaneth Cárdenas, por su gestión en pro del trabajo interinstitucional.
- › A los profesionales Blanca Lupe Estupiñán Cruz, Hernando Ramírez Gil, Marco Aurelio Torres Mora con quienes se diseñó y fortaleció el convenio.
- › Al grupo de apoyo administrativo del posgrado de Gestión Ambiental Sostenible, a cargo del director Marco Torres Mora, en especial al profesional José David Moncaleano, por su trabajo eficiente y apoyo al desarrollo del proyecto.

- › A los profesionales Janeth Piñeros y Jorge Alberto Rangel, por su acompañamiento y participación activa en la fase inicial del convenio, muchas gracias.
- › A los líderes de la comunidad que hicieron parte del CRIO (comité pro recuperación del río Orotoy), entre ellos a Luis Eduardo Linares, Nelson Vivas, Julio César Rivera y Alirio Virgüez.

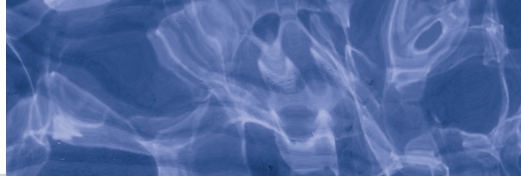
Mil gracias por su colaboración

Presentación

Parte de los resultados de la sinergia, surgida durante el desarrollo del convenio DHS - 169/09 Unillanos-Ecopetrol, es el presente documento, denominado “Estandarización de Métodos de Estudio para un Sistema Lótico de la Orinoquia Colombiana” que integra las experiencias metodológicas y plasma criterios técnicos, en términos de ajustes hechos en el marco de estándares de muestreo, del grupo experto de trabajo en campo del proyecto “Tipificación de ambientes acuáticos e identificación de Bioindicadores presentes en el río Orottoy - clave ambiental ilustrada (Biondicadores)”.

En ecología acuática y en general en estudios ecológicos, la rigurosidad de la información primaria generada por un proyecto, a partir de preguntas centrales de investigación, depende de aspectos fundamentales como lo son: la planeación, el diseño de muestreo, la colecta de datos y muestras en campo, su manejo y custodia hasta el ingreso al laboratorio, al herbario o a bases de información, según sea el caso, y su posterior análisis.

A pesar de que existen métodos ya estandarizados para la captura de información, colecta y procesamiento de muestras, tanto de variables fisicoquímicas como biológicas, las condiciones ecológicas de cada sitio o zona de trabajo presentan particularidades que conllevan a arreglos *in situ*, necesarios para el cumplimiento del muestreo según lo previsto. Este proceso se da a partir de los pre-muestreos o salidas de reconocimiento.



De otra parte, es importante tener en cuenta que la información generada a partir de los estudios mencionados, es esencial para el monitoreo; este proceso implica colecta, análisis e interpretación de datos físicos, químicos y biológicos, de un área definida, para caracterizar y comparar las condiciones y cambios en los indicadores elegidos, presentes en un tiempo determinado, con el fin de establecer si corresponden a variaciones propias del sistema o a variaciones producto de los impactos antrópicos generados.

Bajo este contexto, un componente esencial para el diseño y desarrollo del proyecto “Bioindicadores”, fue la metodología utilizada en el trabajo de campo, ajustada a las condiciones naturales de la cuenca hidrográfica, que varía altitudinalmente de los 1600 hasta los 250 msnm y presenta atributos de ríos de alta montaña y de ríos de planicie (Donato, 2008). Así se conformó este protocolo estandarizado para el muestreo de ríos similares al Orotoy.

Oscar Domínguez González
Rector Universidad de los Llanos

Javier Enrique González Barbosa
Superintendente de Castilla- Chichimene





Introducción

La cuenca del río Orotoy, objeto central de los estudios realizados en el marco del convenio Convenio DHS 169-09, abarca 24 veredas de los municipios de Acacías, Castilla la Nueva, Guamal y San Carlos de Guaroa del departamento del Meta en el piedemonte llanero. En concertación con los actores sociales, representados por el Comité de Recuperación del río Orotoy – CRIO-, se establecieron metas orientadas a la recuperación de la cuenca, sobre la base de la evaluación de su estado actual; en ese sentido, el proyecto “Tipificación de ambientes acuáticos e identificación de Bioindicadores presentes en el río Orotoy - clave ambiental ilustrada (Biondicadores)” generó un producto académico, de fácil lectura y aplicación, que permite seguir los procedimientos, métodos y técnicas de muestreo de variables ecológicas en sistemas acuáticos lóticos y por lo tanto llevar a cabo monitoreos.

Este protocolo contiene una descripción general de la metodología y las indicaciones fundamentales para el desarrollo del trabajo de campo; está diseñado para apoyar la capacitación a actores sociales, auxiliares de investigación y profesionales de ciencias, con el fin de orientar su labor; de su eficiencia, rigurosidad y responsabilidad depende la calidad de las muestras colectadas.

Así mismo, provee la metodología para llevar a cabo, durante un ciclo hidrológico, en forma confiable la toma y preservación de las muestras; proporciona fundamentos básicos de la importancia de la cuantificación de variables físicas, químicas y biológicas, primordiales en la verificación del cumplimiento de las normas y leyes vigentes en términos de la calidad de agua y sedimentos; también aporta elementos para calificar el estado de un ecosistema al determinar las comunidades biológicas presentes.

De esta manera, el desarrollo de proyectos como el de “Biondicadores” propician el cumplimiento de la función de proyección social de la Universidad de los Llanos y en consecuencia aportan a la gestión ambiental de Ecopetrol S. A.





1. Generalidades sobre ecosistemas lóticos tropicales

I. Generalidades sobre ecosistemas lóticos tropicales

Los ríos, riachuelos, arroyos y quebradas son ecosistemas acuáticos de aguas corrientes o lóticas, asociados comúnmente a lugares de erosión, de transporte y de sedimentación de materiales (Figura 1.1). Por otro lado los lagos, lagunas, ciénagas, planos inundables, estuarios y embalses, son sistemas lénticos relacionados con zonas que almacenan un volumen importante de agua que carece flujo unidireccional.

Los sistemas lóticos sólo cubren cerca del 1% de la superficie terrestre (Roldán & Ramírez, 2008). La mayoría de los ecosistemas lóticos se forman por la retención inicial de la lluvia en el suelo, en las partes más altas, favorecida por la vegetación que paulatinamente libera el agua, en movimiento hacia las depresiones a su alrededor, por la fuerza de la gravedad. Estos escurrimientos superficiales inician canales, generados por la excavación, originada a su vez por la fuerza de la corriente sobre el terreno. Si se remueve la cobertura vegetal en las cabeceras y en las riberas se sumará al cauce más material del suelo y la cantidad de sedimentos será mayor al llegar a las zonas de piedemonte (Sánchez *et al.*, 2007).

En los ríos se encuentran dos tipos de tramos claramente definidos:





Figura 1.1 Ejemplo de ecosistemas lóticos. a) Río Orotoy- Cuenca media. b) Caño Lejá.

- a. **Zona de rápidos:** se caracteriza por tener corrientes fuertes que mantienen el fondo limpio de aluvión y otros materiales flojos, suministrando así un sustrato firme. Esta zona está ocupada por organismos especializados que se unen con firmeza o se adhieren al sustrato, en el caso de los peces pueden nadar contra la corriente o adherirse al fondo.
- b. **Zona estancada o zona de remansos:** en esta franja la velocidad de la corriente es menor de modo que la arena y el aluvión se precipitan, lo que provee un fondo blando favorable para la formación de madrigueras.

Los ríos de montaña se caracterizan por tener una zona krenal (cuenca alta, nacimiento, pendiente elevada, dinámica canalizada), una zona ritral (cuenca media, pendiente moderada, dinámica trezada) y una zona potamal (cuenca baja, pendiente baja, dinámica meándrica). En general, los ríos experimentan erosión en las partes altas de su curso; cortan el sustrato de modo que predomina en ellos el fondo duro. A medida que llegan a su nivel basal en las zonas más bajas, los sedimentos se depositan y forman planicies aluviales y deltas que a menudo son muy fértiles (Odum & Barrett, 2006).





2. Monitoreo para la calidad del agua

2. Monitoreo para la calidad del agua

La necesidad de detectar los cambios que ocurren en el medio ambiente, causados de manera natural o por la actividad humana, incentiva la implementación de programas de monitoreo, con el fin de observar el comportamiento de uno o varios parámetros que provean información sobre las características del problema a tratar y sus cambios a lo largo del tiempo (Sánchez *et al.*, 2007).

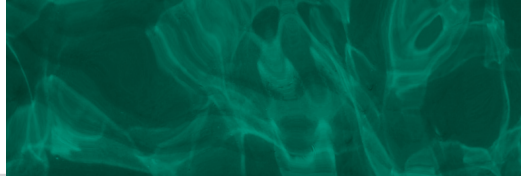
Con el monitoreo se coleccionan, analizan e interpretan datos físicos, químicos y biológicos, de un área definida, con los que se detectan y comparan las condiciones de los cambios en los indicadores elegidos, dadas en el tiempo, con el fin de determinar si corresponde a variaciones propias del sistema o a variaciones producto de los impactos antrópicos generados por los procesos de degradación por acción del hombre; a diferencia del muestreo, que es solo la toma de muestras puntuales que no permite ver diferencias en el tiempo y el espacio, por lo tanto no es significativo sacar conclusiones generales con un muestreo.

¿Por qué?

Es necesario controlar y mitigar los efectos negativos de eventos naturales y en especial de actividades humanas sobre la calidad y la cantidad del agua, para ello se debe conocer el grado y las posibles causas de las alteraciones; en este sentido se lleva a cabo un proceso continuo de observación, medición y análisis de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos, denominado *monitoreo*.

¿Para quién?

Este trabajo contiene una descripción general de la metodología y las indicaciones fundamentales para el desarrollo del trabajo de campo; está diseñado para apoyar la capacitación a actores sociales, auxiliares de investigación y profesionales de ciencias, con el fin de orientar su labor; de su eficiencia, rigurosidad y responsabilidad depende la calidad del muestreo y el manejo de las muestras colectadas.



¿Para qué?

El muestreo es una actividad compleja que requiere de la preparación aplicada y del cumplimiento estricto de las técnicas y procedimientos para la toma, preservación, transporte y custodia de las muestras.

Este protocolo provee la metodología para llevar a cabo, en forma confiable la toma y preservación de las muestras. Así mismo, se proporcionan fundamentos básicos de la importancia de la cuantificación de variables físicas, químicas y biológicas que permiten constatar el cumplimiento de las normas y leyes vigentes en términos de la calidad de agua y sedimentos; también aporta elementos para calificar el estado de un ecosistema, al determinar las comunidades biológicas presentes.

2.1 Diseño de muestreo

2.1.1 Muestreo: Un muestreo consiste en coleccionar una reducida cantidad de información que aporte suficiente conocimiento del sistema a estudiar, para inferir sobre él, sin la necesidad de su evaluación total (Ramírez & Viña, 1998).

En este sentido, identificar la ó las variables que están afectando un sistema permite hacer un diagnóstico de los impactos causados sobre la calidad del agua, la estructura del hábitat, las fuentes de energía y los factores de interacción bióticos y a la vez proponer medidas de control (Barbour *et al.*, 1999).

2.1.2 Planificación del muestreo: Para realizar un muestreo confiable es indispensable hacer la planificación del mismo; esto posibilita evitar errores y minimizar las posibilidad de invalidar los resultados a obtener. Tal como se detalla en la Figura 2.1, se debe tener claridad sobre aspectos como:

- › Qué se pretende lograr con los resultados (el objetivo);
- › Cuál es la cobertura geográfica y cuál es la escala de trabajo (unidad de estudio a abordar, diseño de muestreo en espacio y tiempo);
- › Qué expertos se requieren para la identificación de los organismos.
- › Qué se conoce sobre las variables (bióticas y abióticas) que se van a medir.
- › Cuál es el costo de la ejecución del muestreo del proyecto.

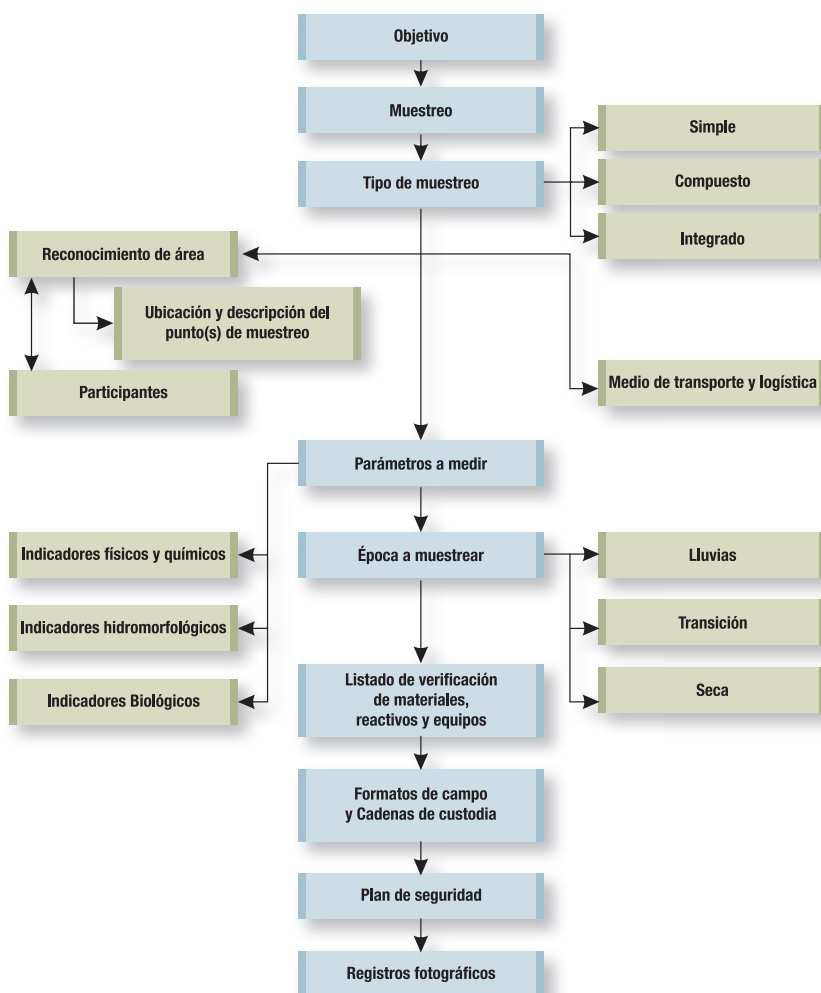


Figura 2.1 Etapas en la planificación del muestreo.

2.1.3 Cuándo muestrear: La duración de un trabajo de campo debe fijarse según los objetivos del proyecto y el concepto del investigador local, lo que permitirá decidir cuál es la mejor época el año y los días adecuados para el muestreo. En algunos casos es necesario realizar muestreo en cada época, para obtener mayor información sobre la dinámica del sistema. En general para los ecosistemas acuáticos se diseña el muestreo de forma que se cubra la variación asociada al año hidrológico épocas de aguas altas (inundación) y de aguas bajas (estiaje).

2.1.4. Ubicación de las estaciones de muestreo: La localización de las estaciones obedece primordialmente a los objetivos de la investiga-

ción. La estación corresponderá a un punto geográfico predeterminado que se establecerá como punto fijo para recoger los datos necesarios para el muestreo. Este debe ser de fácil acceso y ofrecer seguridad para los investigadores y no se puede ubicar en un lugar donde se confluyan ríos (Ramírez & Viña, 1998; Silva, 2008). Se recomienda realizar salidas de reconocimiento y registrar con un geoposicionador (GPS) cada estación donde se determina con precisión la ubicación de los puntos de muestreo y se identifiquen las vías de acceso potenciales que faciliten el trabajo de campo.

En los sistemas lóticos es importante localizar estaciones de acuerdo a las siguientes características; para los casos a y b, una manera de ubicar el punto de muestreo con respecto a una confluencia o a un vertimiento, es asegurarse de que haya mezcla completa en el río receptor. Existen varias formulaciones para determinar esa distancia de mezcla

- a. *Proximidades a los afluentes o tributarios:* se debe fijar un punto de muestreo a una distancia seleccionada por el grupo de investigación; así por ejemplo, en el río Orotoy se trabajó con 300 m aguas arriba y/o aguas abajo de la confluencia de los dos ríos (Figura 2.2).



Figura 2.2 Confluencia del río Orotoy con el caño San Luis.

- b. *Puntos de vertimientos:* se debe fijar un punto de muestreo, con la distancia ya establecida por el grupo investigador según sea el caso, así por ejemplo uno 300 m aguas arriba y otro 300 m aguas abajo de la confluencia de las aguas residuales al cuerpo receptor (Figura 2.3), que permita comparar el cambio en la composición del agua.



Figura 2.3 Vertimiento de aguas residuales domésticas a un cuerpo de agua.

- c. *Gradiente ambiental*: al definir un gradiente tal como la altitud, la humedad, la densidad poblacional, entre otros, como eje para el trabajo o planteamiento de las preguntas de la investigación, se pueden inferir los cambios asociados al mismo. Por ejemplo, si se trabaja con el gradiente de altitud (*altura sobre el nivel del mar*) se podrá establecer si se presentan cambios de la parte alta con respecto a la parte baja del sistema lótico (Figura 2.4).



Figura 2.4 Diferentes gradientes ambientales en el río Orotoy a) Cuenca alta: Acacias, Vereda San Juanito, altitud 692 msnm. b) Cuenca media: Acacias, Vereda EL Triunfo, altitud 419 msnm. c) Cuenca baja: San Carlos de Guaroa, Vereda Patagonia, altitud 249 msnm.

- d. *Épocas de muestreo*: se establecen una vez se tenga la caracterización del clima del área de estudio, en este caso el río o sistema lótico, y se realizan muestreos de forma que se cubran las diferentes épocas climáticas y reflejen la dinámica hidrológica, como época de lluvias, de transición y seca (Figura 2.5).



Figura 2.5 Diferentes épocas del año. Río Orotoy en la vereda la Cecilita - Acacías. a) época de lluvias, b) época de transición y c) época seca.

- e. *Áreas importantes*: si es necesario, en cumplimiento del objetivo planteado, se identifican las áreas importantes en términos de asentamientos humanos, condición geomorfológica (erosión, movimientos de remoción en masa), modificaciones del curso principal, captaciones y otras actividades que puedan influir en la dinámica natural del sistema (Figura 2.6).

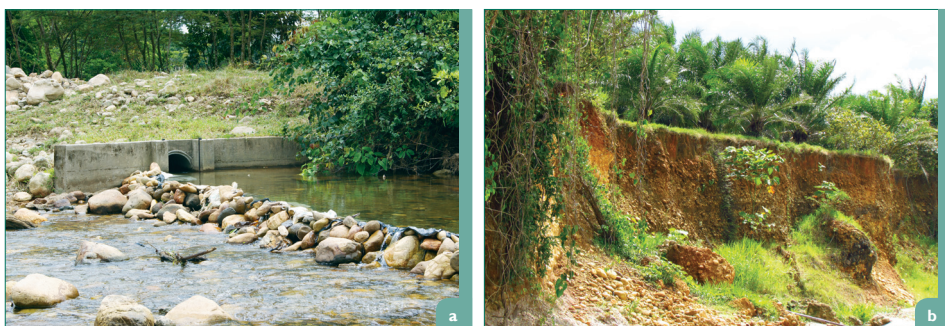


Figura 2.6 Áreas importantes. a) Captaciones y b) movimientos de remoción en masa, en la cuenca media del río Orotoy.

2.2 Recomendaciones generales al realizar un muestreo

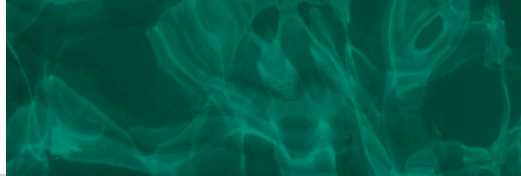
Un muestreo exitoso en términos profesionales y de bienestar para el grupo de trabajo de campo implica el cumplimiento de ciertas recomendaciones, entre ellas:

Seguridad personal:

- › Antes de iniciar el muestreo, hay que asegurarse que se cuenta con el equipo indispensable para garantizar la integridad de quien muestrea; por lo tanto es importante el uso de guantes de látex, tapabocas, lentes de protección, chaleco, botas de hule, entre otros.
- › No se debe beber, comer, masticar, ni fumar en los períodos en que se esté tomando la muestra.
- › Nunca salir solo al campo.
- › Informar a otros de su itinerario y ubicación.
- › Determinar la ubicación del hospital y/o clínica más cercana.
- › Llevar identificación, carnet de seguridad social y si es posible un teléfono.
- › Llevar un botiquín de primeros auxilios y de manera específica los medicamentos necesarios para garantizar la salud de cada persona (formulados según sea el caso, por ejemplo para reacciones alérgicas severas, migrañas u otros).
- › Extremar estas medidas durante los muestreos en épocas de inundación.

Integridad de las muestras:

- › Cuando realice el alistamiento de los materiales para el muestreo, procure llevar envases extras de muestreo previendo que existan roturas de los mismos.
- › Antes de llenar el envase con la muestra, enjuáguelo con el agua que va a recolectar, con excepción de los recipientes para aceites y grasas y microbiológicos.
- › Verifique que todos los materiales y herramientas a utilizar estén completamente limpios.
- › Diligencie adecuadamente la custodia de muestras y los formatos de manera que posteriormente se facilite la identificación de los puntos y la zona de muestreo.
- › Mantenga las neveras de almacenamiento de muestras debidamente protegidas del sol y la lluvia; así mismo, los equipos y materiales de muestreo se deben conservar adecuadamente para evitar su deterioro.
- › Los sensores de campo tales como oxímetros, potenciómetros y conductímetros deben estar adecuadamente calibrados.
- › Las neveras y embalajes se deben marcar con los datos del destinatario, indicando claramente la dirección, teléfonos, ciudad, municipio y empresa.



Otros:

- › Contacto previo con actores locales importantes para la logística y eventual acompañamiento del muestreo.
- › Obtención de permisos para colecta de organismos.
- › Obtención de permisos y cartas de presentación, en el caso de ser necesarios, para efectuar el trabajo de campo.
- › Hacer un premuestreo para ajustar la metodología para probar los equipos a implementar según las condiciones de cada área y para garantizar la formación de los auxiliares de campo.
- › Se debe establecer un *área de control* y un *área afectada*. En el área control, el río debe estar saludable, sin alteraciones, con buena vegetación en sus orillas; el agua debe ser transparente, con presencia de peces y otros animales. Los datos de esta zona servirán para compararlos con los de otras áreas afectadas, que por lo general muestran cambios evidentes como derrames, malos olores y falta de vegetación en la orilla.
- › A la hora de muestrear tanto parámetros hidrológicos, físicos, químicos o biológicos, no se debe muestrear en la confluencia de dos ríos, sino más abajo o más arriba de la zona de mezcla, dependiendo del objetivo del estudio.

Nota:

- › Dependiendo de la actividad industria o productiva que tenga lugar, se deben seguir normas de seguridad para el trabajo en campo, tal como exige cada una de ellas; por ejemplo Ecopetrol sigue una serie de reglas de seguridad definidas por DHS. Por ello se sugiere consultar y seguir las indicaciones dadas por la empresa pertinente que resultan complementarias a las ya descritas.





3. Aforos

2. Aforos

El caudal de un sistema lótico corresponde al volumen de agua que se desplaza por su cauce en un tiempo determinado; este se mide en litros o en metros cúbicos por segundo (l/seg o m³/seg); se puede calcular por aforos ó mediante el uso de una ecuación que relaciona precipitación, área de drenaje y escorrentía. El aforo corresponde a la medida del caudal circulante que pasa por una sección en un momento determinado; es una medida directa en sección transversal (Ramírez & Viña, 1998). Para ríos vadeables (que se pueden atravesar a pie) se utilizan aforos por el método área - velocidad y en grandes ríos se emplean otras técnicas como el aforo angular, el aforo con lanchas, la medición ultrasónica del efecto doppler o los trazadores químicos. Sin embargo se recomienda consultar el documento del IDEAM 2007, el cual tiene una serie de metodologías sobre medición de caudal.

3.1 Método Área- Velocidad

Para realizar el aforo se requiere que el área a trabajar cumpla con las siguientes características:

- Tener la sección o el ancho del río que presente *las condiciones promedio* y en la que se facilite la medición del área transversal.
- Situarse entre márgenes con taludes naturales sobresalientes de manera que no se permita desbordamiento durante las crecidas.
- Estar en una zona con pendiente constante, evitando secciones con sectores de altas velocidades, aguas muertas y contracorrientes o remolinos, que alteren los datos reales.
- Poseer lecho del río libre de obstáculos como grandes rocas, troncos de árboles, caídas de agua, turbulencias y evitar lechos fangosos.

» Materiales

- Dispositivo de medición
- Formato de campo
- Decámetro
- Tabla de apoyo

Procedimiento

- › Con la ayuda de un decámetro, se mide el ancho superficial del lecho. Se calcula el área transversal, dividiendo el ancho del río, al menos en tres partes, en las que se mide la profundidad en cada punto, para luego calcular el promedio (Figura 3.1).
- › Se procede hacer la medición de la velocidad ya sea con molinete o con flotador. En el Anexo 3.1 se sugiere el formato para el registro de los datos.

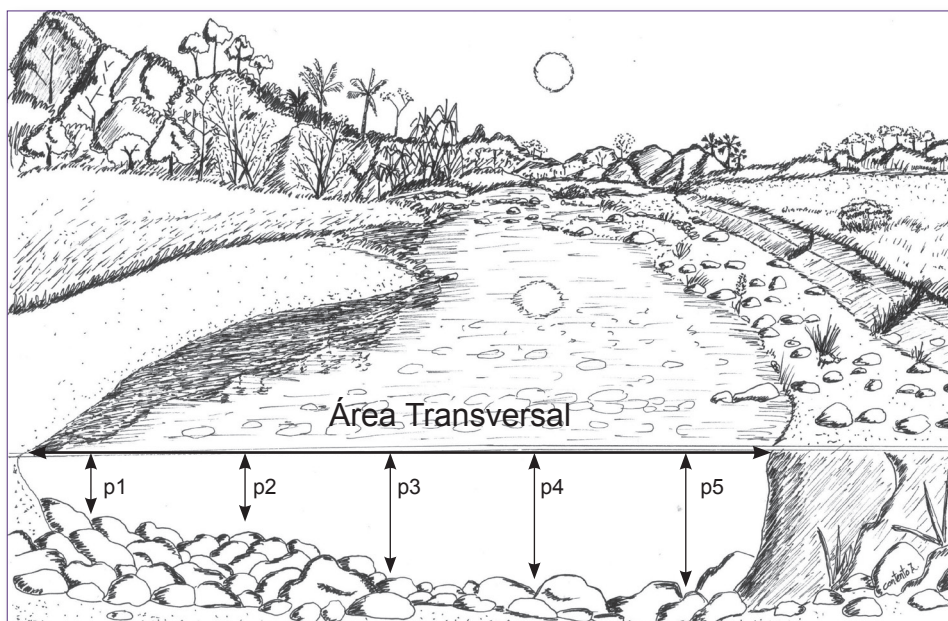


Figura 3.1 Medición del área de la sección transversal del río (p = profundidad).

3.1.1 Corrientómetro o Molinete

Con el equipo denominado molinete ó corrientómetro se mide la velocidad mediante un registro electrónico (Figura 3.2). Para calcular la corriente total se realizan varias mediciones de la sección transversal de la corriente. Posteriormente se calcula el área y se multiplica por la velocidad del caudal de cada sección y la sumatoria de las secciones, da como resultado el caudal de la estación seleccionada.



Figura 3.2 Molinete. a) Medidor de corriente, b) contador y c) equipo completo.

3.1.2 Flotador

Otro equipo usado para la medición de caudal por el método área/velocidad es el flotador (IDEAM, 2004). Para adelantar el procedimiento se requiere de un objeto flotante (p.e una bola de ping-pong), un cronómetro, un decámetro y una regla o tabla de madera graduada.

En el tramo seleccionado se ubican dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y se mide la distancia. Una persona se coloca en el punto A con el flotador y otra en el punto B con el reloj o cronómetro. Se mide el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B (Figura 3.3). Se recomienda realizar un mínimo de 3 mediciones y calcular el promedio.



Figura 3.3 Medición de velocidad con flotador. Sección del río Orotoy 300 m aguas abajo de la confluencia con el caño Carnicerías.

La velocidad de la corriente de agua del río (en metros por segundo, m/seg ó kilómetros por hora, km/h) se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$Velocidad = \frac{Distancia (A-B)}{Tiemporecorrido}$$

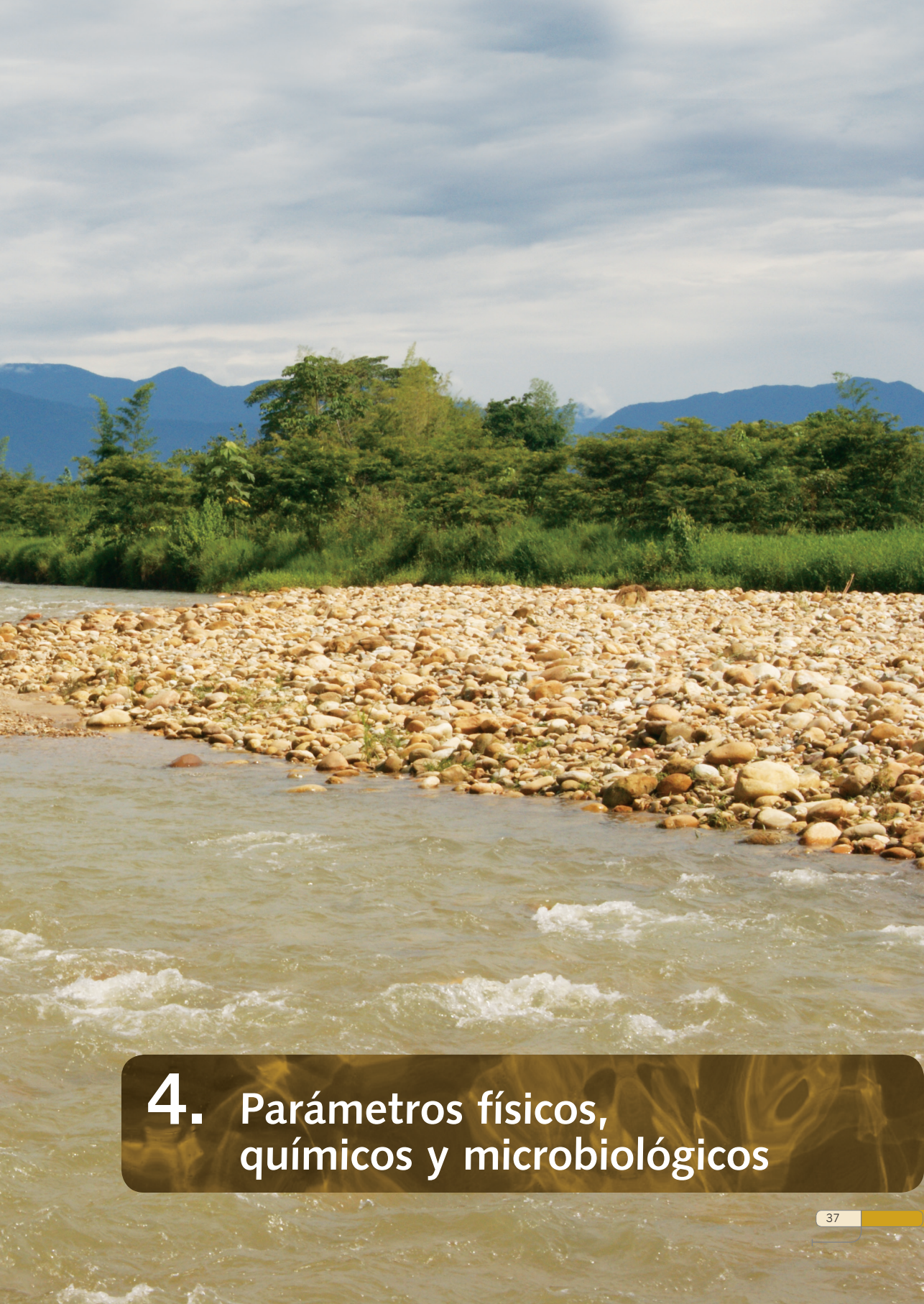
El caudal se estima como producto del área de la sección de un curso (profundidad media por ancho), y la velocidad

$$Q = Ancho \times profundidad \quad promedio \times Velocidad$$

No de personas requeridas: 3

Tiempo de muestreo estimado: ½ hora





4. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos

4. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos

La combinación de la información de las características físicas del agua y de la calidad del agua permite presumir cómo podría ser el estado de las comunidades acuáticas y evidenciar los factores de estrés químicos y no químicos de las corrientes de agua. La selección de las variables a analizar depende del objetivo del estudio; sin embargo, se deben tener en cuenta aquellas variables cuyas concentraciones están definidas en la legislación nacional para un determinado propósito (Decreto 475 de 1998).

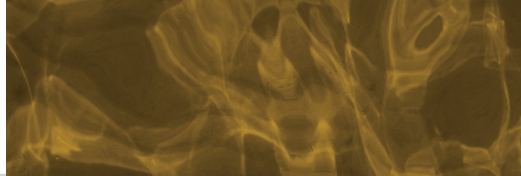
4.1 Muestreo de aguas

4.1.1 Parámetros *in situ*

Las principales mediciones que se hacen directamente en los puntos de muestreo seleccionados son pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. Según algunos autores (Ramírez & Viña, 1998; Arce, 2010; Gómez & Sánchez, 2010 y RAS, 2010) corresponden a:

pH: es la medida de la concentración de iones de hidrógeno $[H^+]$, o en defecto de los iones hidroxilo $[OH^-]$, en el agua. Cuando proliferan los iones de hidrógeno el valor del pH se ubica entre 0 y 7, y se dice que es ácido. Por otra parte, cuando los iones hidroxilo son los que abundan, el valor del pH se sitúa entre 7 y 14, y se dice que el agua es básica o alcalina. Las aguas ácidas pueden corroer los metales y degradar sustancias no metálicas, tales como el concreto; por su parte, las aguas alcalinas pueden tender a formar incrustaciones en las tuberías o provocar la precipitación de los metales.

Conductividad: La conductividad es la medida de la capacidad que tiene una solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. Se expresa en microsiemens/cm ó microhoms/cm.



Oxígeno disuelto: Normalmente se expresa en mg/l y es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua para un cierto momento; en general el principal factor de consumo de oxígeno libre es la oxidación de materia orgánica por respiración a causa de microorganismos descomponedores.

Temperatura: La temperatura determina el nivel de actividad de las poblaciones microbianas y altera la solubilidad de los gases. Estos factores están íntimamente ligados con la calidad del agua en los cuerpos receptores, a la presencia de oxígeno disuelto y a una actividad microbiológica adecuada. Por otra parte, la temperatura afecta los procesos químicos que ocurren dentro del agua, ya que la solubilidad de las sustancias sólidas e incluso el pH, se ven alterados por la temperatura.

Calibración de equipos

Antes de cada muestreo se deben calibrar todos los equipos con el fin de evitar errores (Figura 4.1); además se debe verificar el estado de las baterías o pilas para que operen apropiadamente. La calibración consiste en efectuar los ajustes necesarios para que las lecturas proporcionadas por el equipo sean las mismas que los valores de asignados a los patrones operacionales utilizados. Este procedimiento permite compensar las deficiencias de respuesta de los electrodos. Por lo general cada equipo tiene un manual de operaciones en el que se detalla según el modelo y la marca la calibración; sin embargo, a continuación se presenta la información general de la calibración de los equipos.



Figura 4.1 Equipos para la medición de parámetros *in situ*. a) Potenciómetro. b) Oxímetro. c) Conductivímetro.



A.

Potenciómetro: Se enciende la unidad y se sumerge el electrodo en la primera solución tampón de pH y se espera a que se estabilice la lectura del equipo, luego se ajusta la lectura del aparato hasta obtener el valor de pH de referencia. Se enjuaga el electrodo utilizando con agua destilada y se seca el electrodo con papel absorbente. Se sumerge el electrodo en la siguiente solución tampón, se espera a que se estabilice la lectura y se ajusta al valor de pH de referencia. Se enjuaga y se seca nuevamente el electrodo.

Nota: Se coloca cada una de las soluciones tampón a utilizar en recipientes plásticos con tapa hermética previamente identificados. Estas soluciones patrón no se regresan al frasco original para no contaminarlo. Estas soluciones pueden usarse por algún tiempo y se deben descartar cuando se observen turbias, con algún material precipitado.



B.

Oxímetro: Se ponen 5 gotas de agua limpia en la esponja que se encuentra dentro de la botella de calibración y se desliza la sonda hacia el interior de la botella de calibración asegurándose de que la membrana no haga contacto con la esponja. Se enciende la unidad y se espera hasta que se estabilicen las lecturas de oxígeno disuelto y temperatura. Para calibrar es necesario conocer la presión atmosférica local expresada en milibares.

Nota: La esponja humedecida crea para la sonda un ambiente de aire del 100% de saturación de agua, el cual es ideal para la calibración, transporte y almacenamiento de la sonda.



- Conductímetro:** Para este equipo el sistema de calibración es raramente requerido; no obstante, pasado el tiempo es necesario chequear el sistema de calibración. Para ello se debe tener una solución con una conductividad conocida. Se debe enjuagar bien la celda del conductímetro con agua desionizada. Luego con la celda fuera del agua se debe graduar en cero e introducir en la solución calibradora y graduar el
- C. Conductímetro.

Procedimiento

Para la determinación del pH, la temperatura, la conductividad y el oxígeno disuelto no se toma muestra, sino que se hace una lectura directa en la corriente.

Una vez calibrados los equipos se sumergen en forma vertical en la corriente objeto de estudio, se espera 1 o 2 minutos hasta que se establezcan las lecturas y se registra el dato (Figura 4.2; Anexo 4.1). Se deben hacer tres mediciones (una en cada orilla y una en el centro del lecho) para luego promediar y obtener la lectura definitiva.



Figura 4.2 Toma de datos *in situ*.

No de personas requeridas: 2

Tiempo de muestreo estimado: 20 minutos

4.1.2 Parámetros ex situ

Tipo de muestra

De acuerdo a algunos autores (ANDI, 1997; Ramírez & Viña 1998; IDEAM, 2004), los tipos de muestras se pueden agrupar en tres: puntual, compuesta e integrada.

Muestra puntual: Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento.

Muestra compuesta: Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras. Este tipo de muestra se compone, tomando y mezclando en un mismo recipiente un volumen (alícuota) de muestra determinado.

Muestra integrada: La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad.

Parámetros a tener en cuenta

Es necesario definir los parámetros físicos, químicos y biológicos que se van a tener como referencia, según la actividad que se desarrolle en la zona seleccionada para hacer el muestreo. Para ello se debe tener en cuenta el Decreto 475 de 1998.

Toma de muestra para parámetros químicos y microbiológicos en general

Para la colecta de muestras de agua donde se determinarán metales pesados y compuestos posiblemente derivados de condiciones naturales asociadas al origen geológico ó a actividades productivas e industriales, se sigue un protocolo ya estandarizado por diferentes laboratorios y que corresponde a la metodología a usar en su cuantificación. En la tabla 4.1 se sintetiza esta descripción.

» Materiales

- Envases colectores (ver tabla 4.1)
- Guantes de látex
- Hielo seco
- Neveras de poliestireno expandido
- Marcadores indelebles
- Papel absorbente
- Baldes
- Preservantes
- Micropipetas
- Etiquetas para los envases

Procedimiento

- › Teniendo en cuenta el ancho, muestree la sección transversal escogida, a nivel superficial y en la columna del cuerpo de agua, recolectando muestras en los puntos seleccionados a lo largo de la misma.
- › Efectúe la recolección en recipientes plásticos, tomando la misma cantidad de muestra en cada uno de los puntos. Integre o mezcle las muestras en un recipiente adecuado y limpio, para conformar una muestra representativa y puntual del cuerpo de agua en estudio.
- › Antes de llenar el envase con la muestra hay que lavarlo dos o tres veces con el agua que se va a recoger, a menos que el envase contenga algún tipo de conservante o decolorante. Envasadas las muestras en los recipientes adecuados de acuerdo con las determinaciones programadas (Tabla 4.1.) preserve, etiquete (Anexo 4.2) cada uno de los frascos (Figura 4.3), y diligencie la cadena de custodia (Anexo 4.3), para el posterior envío de las muestras al laboratorio. Como las muestras se han de transportar, lo mejor es dejar un espacio de alrededor el 1% de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica.



Figura 4.3 Muestreo de agua para análisis de parámetros físico químicos en laboratorio.

a) Toma de la muestra de agua. b) envasado de la muestra y c) aplicación del preservante

Toma de muestras de aceites y grasas

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como por hidrocarburos del petróleo. Se caracterizan principalmente por su baja densidad, poca solubilidad en el agua y baja o nula biodegradabilidad. Su presencia en el agua interfiere en el intercambio de gases entre esta y la atmósfera, pudiendo incluso llegar a producir la acidificación del agua, bajos niveles de oxígeno disuelto y la interferencia en la penetración de la luz.

La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica, sino un grupo de sustancias susceptibles de disolver en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano. Según Arce (2010) y Daphnia LTDA (2010) la metodología a seguir es:

» Materiales

- Frasco de vidrio, boca ancha de 1 litro
- Acido clorhídrico (HCL) 1:1
- Pipetas Pasteur
- Guantes de látex
- Papel aluminio

Procedimiento

Antes de coleccionar la muestra, NO enjuague el frasco en la corriente o descarga a muestrear.

La toma de la muestra debe ser puntual. Sumerja el frasco paralelo al cuerpo de agua y a contracorriente, cuidando de tomar la muestra de una sola vez una y evitando que se derrame para que no se pierdan las grasas y aceites presentes. Retírelo y proceda a realizar la fijación de la muestra agregando 2 ml de HCl 1:1. Luego coloque papel aluminio sobre la boca del frasco con el fin de evitar el contacto de la muestra con la parte interna de la tapa. Cierre el frasco y refrigere a 4 °C (Figura 4.4).



Figura 4.4 Toma de muestra de aceites y grasas.

Recomendaciones

- › En el caso de la presencia de aceites emulsionados en el cuerpo de agua considerado, tome la muestra a 20 o 30 cm de profundidad.
- › Cuando la corriente o descarga no es accesible para la toma de la muestra, utilice una cubeta con cuerda o un muestreador, introduciendo luego el envase de vidrio en la cubeta o muestreador para coleccionar la muestra.
- › En el momento de preservar la muestra, tenga especial cuidado con el manejo del ácido clorhídrico.

Toma de muestras bacteriológicas

Los coliformes se encuentran en las heces fecales del hombre, de otros mamíferos y de aves. Comúnmente llegan a las corrientes hídricas por el vertimiento de aguas residuales, lixiviados de rellenos sanitarios, infiltraciones de tanques sépticos, defecación a campo abierto y por la presencia de animales domésticos y silvestres que dejan agentes patógenos en las aguas corrientes. La presencia de estas bacterias indica que hay una gran posibilidad de que otros microorganismos dañinos para la salud humana estén también presentes en la corriente de agua (Tomasini, 2010 y Silva, 2008).

De acuerdo a diversas fuentes, entre ellas la Universidad de Buenos Aires (2004), Daphnia Ltda (2010) y Tomasini (*op.cit*), la metodología a seguir es:

Materiales

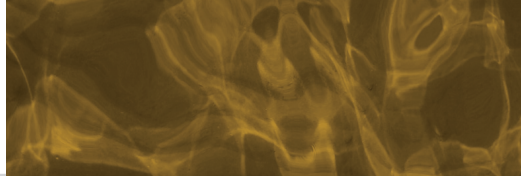
- Frasco de vidrio esterilizados
- Guantes de látex

Procedimiento

- › Todo el proceso se trabaja con protección, por esto es indispensable colocarse guantes plásticos (del tipo usado para cirugía). Se abre la tapa del envase estéril, bajo el agua para evitar contaminación por bacterias del aire y se llena con la muestra de agua a analizar, de forma que la boca del frasco se quede *aguas abajo* de la corriente, para evitar llenado brusco. El envase no se debe rebosar de agua. Se tapa rápidamente el envase estéril con la muestra (Figura 4.5).
- › Todas las muestras colectadas se refrigeran a una temperatura entre 2 y 8 °C, por no más de 24 horas antes del análisis para disminuir la actividad metabólica de la muestra.



Figura 4.5 Toma de muestra de bacteriológicos.



No de personas requeridas: 2

Tiempo de muestreo estimado: 30 minutos

A manera de síntesis se tiene lo siguiente: las variables más empleadas para la valoración físico-química del agua, en su condición de indicadores son: pH, conductividad, oxígeno disuelto (OD), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), nitratos, nitritos, amonio, fósforo total, sólidos suspendidos totales (SST), coliformes totales y fecales. De forma complementaria, la estimación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) amplía la gama de usos de ciertos indicadores (Samboni *et al.*, 2007 y Decreto 475 de 1998).

En la Tabla 4.1 (pag 48) se especifica el tipo de envase que se debe utilizar para cada uno de los parámetros a analizar, el volumen requerido para la colecta de la muestra y el reactivo y la cantidad necesario para la preservación, al igual que la temperatura a la que se debe conservar las muestras.

4.2 Muestreo de sedimentos

De acuerdo a Herranz y colaboradores (2007), los sedimentos se pueden definir como “materia que, habiendo estado suspendida en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad”. Estos representan la acumulación de material - mineral y orgánica- arrastrado o producido en la misma masa de agua; se pueden considerar como memoria sedimentológica del sistema, que pueden abarcar tiempos relativamente cortos o largos. La composición de estos sedimentos y la velocidad con que se acumulen expresan la actividad tanto del afluente como del receptor. Los sedimentos pueden resultar contaminados por cualquiera de las siguientes vías: descargas líquidas directas, deposiciones húmedas o arrastre debido a suelos contaminados, como resultado de diferentes interacciones físicas y químicas (como precipitación, adsorción, intercambio iónico, entre otros).

En sistemas lóticos, los sedimentos presentes están integrados por dos tipos: los transportados en suspensión y los depositados en el lecho; los últimos pueden dividirse en sedimentos de fondo (aquellos que permanecen siempre cubiertos por las aguas) y sedimentos de orilla (son los que han estado o pueden haber estado parte del tiempo sin ser cubiertos

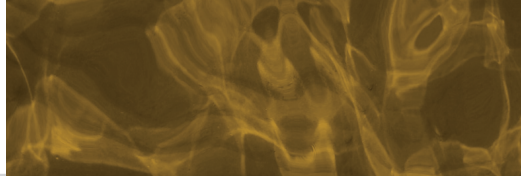


Figura 4.6 Draga tipo Eckman

Tabla 4.1. Toma y preservación de muestras de agua.

Parámetro	Tipo de envase	Volumen del recipiente	Preservación		
			Refrigerar a 4°C	Preservantes	Cantidad (ml)
Parámetros físicos y químicos					
Alcalinidad Calcio (Ca) Cloruros (Cl) Color Conductividad Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) Fluoruros (F) Nitrógeno amoniacal (NH ₃) Nitrógeno nítricos (NO ₂) Nitrógeno nítratos (NO ₃) pH Detergentes Sólidos disueltos (SD) Sólidos suspendidos totales (SST) Sólidos totales (ST) Sulfatos (SO ₄) Turbidez Sílice (Si)	Envase plástico	500 ml	X	No	-
Aceites y grasas e Hidrocarburos totales	Envase de vidrio	1L	X	HCl 1:1	2 ml
Demanda química de oxígeno (DQO)	Envase plástico	120 ml	X	H ₂ SO ₄ 6 N	1 ml
DQO, Fósforo total y NTK	Envase de vidrio	500 ml	X	H ₂ SO ₄ 6 N	1 ml
Dureza Total	Envase plástico blanco transparente		X	HNO ₃ 6 N	1 ml
Fenoles	Envase plástico	1L	X	H ₂ SO ₄ 6 N	1 ml
Hidrocarburos totales	Envase de vidrio		X	No	-
Nitrógeno total kjeldahl - NTK	Envase plástico	240 ml	X	H ₂ SO ₄ 6 N	1 ml
Ortofosfatos	Envase de vidrio ámbar	120 ml	X	No	-
Pesticidas		1L	X	No	-
Aluminio (Al) Bario (Ba) Berilio (Be) Cadmio (Cd) Cobalto (Co) Hierro (Fe) Magnesio (Mg) Mercurio (Hg) Níquel (Ni) Plomo (Pb) Potasio (K) Sodio (Na) Vanadio (V)	Envase plástico blanco transparente	500 ml X	X	HNO ₃ 6 N	1 ml
Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	Envase plástico	240 ml	X	No	-
Fosforo total (P)	Envase de vidrio	500 ml	X	H ₂ SO ₄ 6 N	1 ml
Parámetros microbiológicos					
Coliformes fecales y totales	Envase vidrio blanco transparente	120 ml	X	No	-
Aerobios mesófilos		500 ml	X	No	-

Sintetizado de: APHA, 1975; Universidad de Buenos Aires, 2004 & Daphnia Ltda, 2010.



por el agua) (Elliot, 2010). En ambos casos, pero sobre todo en el primero, las muestras que se obtengan serán no estacionarias e inestables.

El análisis de sedimentos depositados en el lecho es importante porque permite conocer sus condiciones físicas y químicas, factor del que dependen muchas de las características de la flora y fauna asociada y la estimación de la capacidad de transporte de las aguas corrientes asociadas (Universidad de Buenos Aires, 2004).

Dependiendo de la actividades que se desarrollen, los parámetros recomendados para el análisis de sedimentos son: acidez intercambiable, aluminio, arsénico, aceites y grasas, azufre, berilio, cadmio, conductividad, cobre, demanda béntica, hierro total, hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales, mercurio, potasio, molibdeno, materia orgánica, níquel, nitrógeno, pH, pesticidas organoclorados, pesticidas organofosforados, fósforo disponible, fósforo total, selenio, sulfatos y vanadio.

» Materiales

- Draga tipo Eckman
- Papel Aluminio
- Espátula
- Marcador permanente
- Frascos de vidrio, boca ancha y tapa rosca de 1000 ml
- Balde colector

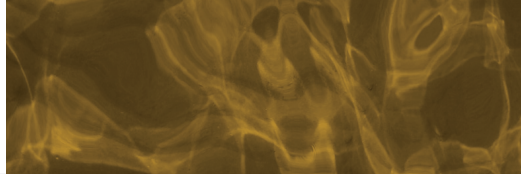
Procedimiento

- ▷ Determinar el área donde se va a tomar la muestra, delimitando imaginariamente una **X** (equis) en la superficie del agua de la zona a muestrear.
- ▷ Tome una submuestra en cada uno de los vértices de la **X** imaginaria, incluyendo el punto de intersección de las líneas que la forman (total de 5 submuestras). Para tomar cada una de las submuestras lance la draga, con las cubetas abiertas y cuando llegue al fondo hale la cuerda para que se cierre, recogiendo así el sedimento superficial (Figura 4.7a).
- ▷ Las cinco submuestras obtenidas con la draga se llevan a un solo recipiente (p.e un balde) del cual se toma la muestra con el frasco de vidrio de 500 ml, tápelo inmediatamente, colocando un papel aluminio en la boca del frasco antes de colocarle la tapa, para que el cierre sea hermético y no exista contacto entre la muestra y la parafina que poseen las tapas de los recipientes de vidrio (Figura 4.7b).

- › Marque cada frasco indicando que es una muestra compuesta, el sitio (georreferenciado), la hora y fecha de la toma de la muestra.
- › Con el fin de que la temperatura ambiente se mantenga en la muestra, colóquela en una cajita de poliestireno, séllela bien con cinta transparente y póngala en la nevera de poliestireno junto con el resto de las muestras. Mantenga la nevera de muestras a una temperatura de $\pm 4^{\circ}\text{C}$ con hielo.



Figura 4.7 Muestreo de sedimentos:
a) Toma de la submuestra b) Colecta de la muestra.



Posterior al muestreo de los sedimentos se debe realizar una categorización del lecho del río. La descripción del tipo de sustrato de un lecho es importante, ya que puede ayudar a explicar el tipo de flora marginal y de fauna béntica específica que se establecen en el río. Un río por lo general está conformado por distintos tipos de sustrato y los más frecuentes en los sistemas neotropicales se describen en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Categorías de sustratos según los diámetros de partícula

Categoría del sustrato	Diámetro de partícula (mm)
Roca o peña	> 256
Guijarro	64 – 256
Piedras	16 – 64
Cascajos	8 – 16
Arena muy gruesa	1 – 2
Arena gruesa	0,5 – 1,0
Arena mediana	0,25 – 0,5
Arena fina	0,125 – 0,25
Arena muy fina	0,0625 – 0,125
Aluvión	0,0039 – 0,0625
Arcilla	< 0,0039

Tomado de: Roldán & Ramírez, 2008.

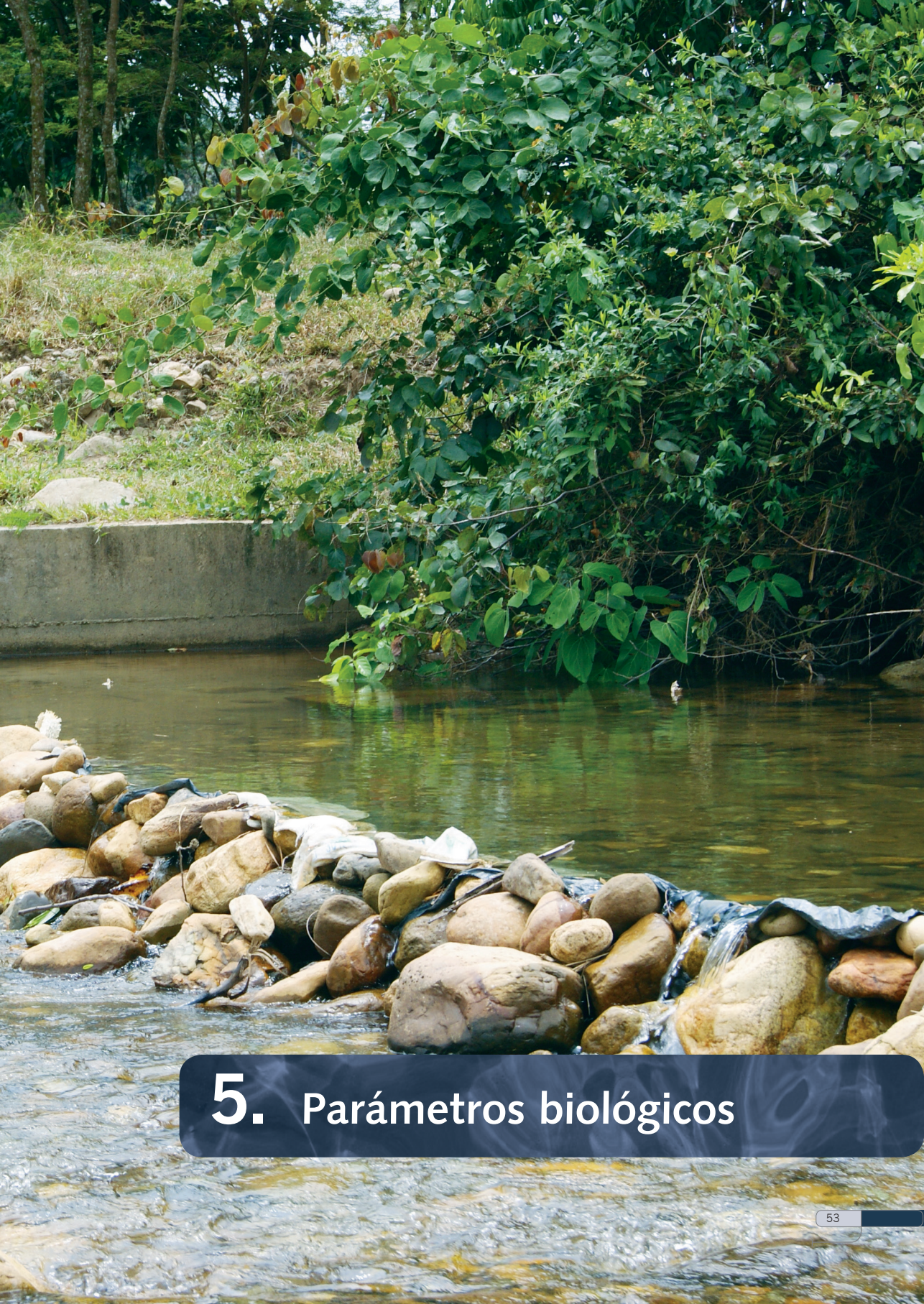
Recomendaciones

- En sedimentos un punto a resolver es la elección del sitio en que se va a realizar el muestreo. Dado el carácter inestable y estacional del depósito sedimentario, sobre todo en el caso de sedimentos de orilla, se recomienda hacer muestras compuestas para que haya una representatividad de la muestra a obtener.
- Dependiendo de las condiciones del lecho, se encontrarán casos en que no se pueda trazar la equis (X), para ello seleccione cinco (5) o diez (10) puntos al azar que cubran las dos márgenes del río en una longitud de 100 m y proceda a tomar las submuestras.

No de personas requeridas: 2

Tiempo estimado de muestreo: 30 minutos





5. Parámetros biológicos

5. Parámetros biológicos

El monitoreo de los ecosistemas acuáticos lóticos, como los ríos, se basa en el conocimiento de la composición, abundancia y dinámica de poblaciones y comunidades biológicas que habitan y forman parte de este; se tienen evidencias de que la contaminación provoca una serie de modificaciones físicoquímicas que repercuten en la composición y distribución de las comunidades de dichos ecosistemas (Ospina & Peña 2004).

Cada una de las “comunidades” o fracciones de las biocenosis de estos ambientes se obtiene y procesa por medio de métodos particulares, especializados y adaptados a los requerimientos y características de la “comunidad” dada (Universidad de Buenos Aires, 2004; Ramírez y Viña, 1998). Entre las más importantes a estudiar se encuentran el plancton, el perifiton, el bentos y el neuston. La forma más común de uso de las comunidades es la determinación y uso de los indicadores biológicos, la presencia o ausencia de ciertas especies, constituyen una forma de establecer las condiciones cualitativas de un cuerpo acuático, dan información de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de la muestra ya que la presencia y proporción de determinados individuos, puede indicar de manera directa y precisa concentraciones específicas de alguna sustancia contaminante (Carrera & Fierro, 2001 y Ospina & Peña *op.cit*).

De otra parte, es necesario mencionar que el muestreo de parámetros biológicos es complementario al muestreo de parámetros físico-químicos puesto que se precisa la caracterización ecológica de los hábitats y de las condiciones climáticas. La síntesis de estos tipos de información y su complementariedad dan mayor robustez a los análisis y conclusiones de cualquier estudio ambiental.

5.1 Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados son todos aquellos organismos que se pueden observar a simple vista y que no poseen un esqueleto óseo. En el hábitat

acuático unos viven enterrados en el sustrato y otros sobre él, adheridos a rocas, piedras y restos de vegetación; unos nadan sobre la superficie del agua y otros sumergidos; unos prefieren corrientes rápidas y otros lentas y por último unos prefieren fondos lodosos, en cambio otros fondos arenosos o pedregosos (Roldán & Ramírez, 2008).

Según Barbour *et al.*, (1999) y Roldán (2003), las características que hacen de los macroinvertebrados un grupo ideal para el estudio de calidad de aguas son:

- › Son buenos indicadores de condiciones localizadas; muchos macroinvertebrados tienen patrones de migración limitada o tienen modos de vida sésiles, ellos son muy apropiados para evaluar los impactos específicos del sitio.
- › Son abundantes y de amplia distribución por lo que el muestreo es relativamente fácil, tienen un mínimo de perjuicio sobre la biota residente y son relativamente fácil de identificar al nivel de familia.
- › Los macroinvertebrados bentónicos están compuesto por especies con un amplio rango de hábitos tróficos y tolerancias a la contaminación, por lo tanto proveen información para interpretar los efectos acumulativos.
- › Poseen ciclos de vida largos y en los estados de vida sensibles pueden responder rápidamente al estrés.

El estudio de la comunidad bentónica es importante en la determinación de los efectos ambientales de cambio asociados a impactos, a eventos naturales catastróficos y en general a alteraciones ocurridas en el ecosistema, porque en ella es más fácil identificar efectos de acumulación y de residualidad junto con respuestas biológicas adaptativas. Esto se debe a las características propias de los hábitats presentes, tales como, poco movimiento, depósito de sedimentos y trampa de materia orgánica y por lo tanto a los organismos que forman parte del bentos.

5.1.1 Métodos de colecta

Existen varias técnicas para coleccionar macroinvertebrados. Antes de elegir cualquier método se debe tener en cuenta las condiciones del río y el objetivo a seguir.

» Materiales

- Red
- Frascos plásticos de 500 ml
- Alcohol al 70%
- Bandejas plásticas de fondo blanco

- Etiquetas (Anexo 5.1)
- Pinzas entomológicas
- Pinceles

Red surber: es un método de recolección cuantitativo. La red consta de dos marcos metálicos unidos por bisagras, uno de los cuales se coloca sobre el fondo del sustrato, funciona como base y proporciona soporte de la trampa y el otro queda en posición vertical para sostener una red de con un ojo de malla de aproximadamente $250\ \mu\text{m}$ (Figura 5.1).



Figura 5.1 Red Surber

Procedimiento

El muestreo con la red Surber se realiza colocándola sobre el fondo, contra la corriente. Todos los micro-hábitats como hojarasca, troncos, ramas, fango, rocas, arena y piedras que se encuentren dentro del área de muestreo (el marco de la red es para este caso el área de muestreo), se frotan ligeramente, removiendo



Red usada para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos, especialmente bentos.

además la grava y arena, hasta una profundidad de 5 a 10 cm. Esta limpieza se hace durante un tiempo estándar (3 a 5 minutos).

La muestra se vierte dentro de un frasco plástico de boca ancha, con capacidad de 500 ml. Este procedimiento se hace tres veces, en las zona presentes en la corriente muestreada (corriente rápida, remanso, litorales y zona central). Todas las submuestras se unifican en el recipiente, al cual se le adicionan 20 ml de alcohol al 70%, con el fin de preservar la muestra.

Red D-net: Es un método de recolección cualitativa. Es una red triangular o en forma de arco que se adapta bien a las superficies irregulares de las orillas (Figura 5.2). La red D también es útil cuando la profundidad del sitio de muestreo no permite realizar el muestreo con la red Surber.



Figura 5.2 Red D-net

Procedimiento:

Con la red D- net se realiza un arrastre a una velocidad constante, a lo largo de las orillas con vegetación, en el cual se atrapan insectos nadadores o que viven adheridos a los tallos y hojas de la vegetación sumergida.

Su uso debe ser intenso hasta cubrir un área representativa del lugar de muestreo (10 metros a lo largo de ambas orillas). El material colectado se vacía sobre un cedazo, para lavar el exceso de lodos y se guarda en un recipiente plástico y se fija con alcohol al 70%.

No de personas requeridas: 1

Tiempo de muestreo: 30 minutos

5.2 Comunidad de Perifiton

La comunidad perifítica está constituida por todos los organismos que se encuentran en la superficie de troncos, rocas u hojas sumergidas en el agua de un río (Roldán & Ramírez, 2008). Uno de los componentes más importantes del perifiton corresponde a las algas presentes en las bio-películas de los ríos (el ficoperifiton). Este es uno de los productores primarios que, igual que las plantas, fija carbono por medio del proceso de fotosíntesis en el que toma agua y energía luminosa para transformarlos en compuestos orgánicos (Odum, 1972). Esta comunidad es importante porque contribuyen en un 80 % a la productividad total, presenta una alta tasa reciclaje de nutrientes y manifiesta de forma relativamente rápida cambios en su estructura y composición, en respuesta a los cambios físicos y químicos que ocurren en el agua, sirviendo como indicador de la calidad del agua (Pinilla, 1998; Roldán & Ramírez, 2008).

Según Barbour *et al*, (1999) las características que hacen del perifiton un grupo ideal para el estudio de calidad de aguas son:

- › Las algas se reproducen rápidamente y tienen ciclos de vida cortos, haciéndolos valiosos indicadores de impacto a corto plazo.
- › El muestreo es fácil, económico, requiere de pocas personas y crea un impacto mínimo en la biota residente.
- › Existen métodos estandarizados para la evaluación funcional, como son biomasa y medidas de clorofila.
- › Las comunidades algales son sensibles a algunos contaminantes que no pueden afectar a otras comunidades a menos que se presente altas concentraciones del contaminante.

» Materiales:

- Cepillo de dientes
- Espátula
- Frascos plásticos ámbar de 120 ml
- Solución Transeau.
- Etiquetas (Anexo 5.1)
- Pinceles
- Cuadros de diapositivas

Procedimiento:

Los muestreos de perifiton se hacen teniendo en cuenta las dos riberas u orillas y la zona media o centro. Para tomar la muestra se utiliza como unidad muestreadora un marco de diapositiva. En todas las unidades de

muestreo se toman triplicados y se integran para obtener una muestra. El marco de diapositiva se coloca sobre el sustrato a muestrear (que varía dependiendo del lugar de muestreo entre rocas, troncos y hojas) y con ayuda de una navaja o cepillo de dientes, se raspa cuidadosamente la superficie y se colecta en un recipiente oscuro con capacidad de 120 ml, todo el material incluido dentro del marco muestreador con un pincel. Cada una de las submuestras colectadas se homogenizará en un volumen conocido de agua (100 ml), dentro del frasco oscuro. Cada muestra colectada se preserva, agregando 20 ml de solución Transeau, la cual se encuentra constituida por una mezcla de agua, alcohol al 90% y formol concentrado, en proporción de 6:3:1, respectivamente.



Figura 5.3 Muestreo de Perifiton

No de personas requeridas: 1

Tiempo de muestreo: 30 minutos por estación de muestreo

Recomendaciones para macroinvertebrados y perifiton

- › Para cada una de las comunidades hidrobiológicas se deben hacer como mínimo tres colectas por estación y utilizar la misma técnica de recolección en todas las áreas seleccionadas.

- › Según Roldán (2003) al muestrear parámetros biológicos se debe tener en cuenta a) no muestrear después de lluvias intensas, ya que puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente y b) muestrear en ambas orillas, ya que la fauna puede ser diferente debido a la sombra, meandros, composición del fondo y eventual contaminación.

5.3 Vegetación ribereña

La vegetación de ribera es importante porque mantiene la relación de enlace entre el río y el ecosistema terrestre; así mismo, tiene una función esencial como proveedora de energía de subsidio, vía materia orgánica (frutos, semillas, hojas, restos de ramas, bejucos, entre otros) al ecosistema acuático lótico. De otra parte, se reconoce la importancia de las relaciones que se presentan entre el flujo natural de agua y su variabilidad anual, con la estructura y organización de la vegetación ribereña. Así, el estudio de sus funciones constituye un excelente indicador de la gestión del territorio. De ahí que se incluya como elemento clave para la calificación del estado ecológico de los ríos (Suárez et al., 2002). Para conocer su estado, se hace una evaluación de sus características y del “suelo” en donde se sustenta; para ello se describen cada uno de los estratos presentes, las posibles causas de deterioro o pérdida del ecosistema, con énfasis en las evidencias de perturbación asociadas a las diferentes actividades antrópicas (ganadería, cultivos, tala, entre otras) y su estado de conservación (Caro et al., 2011).

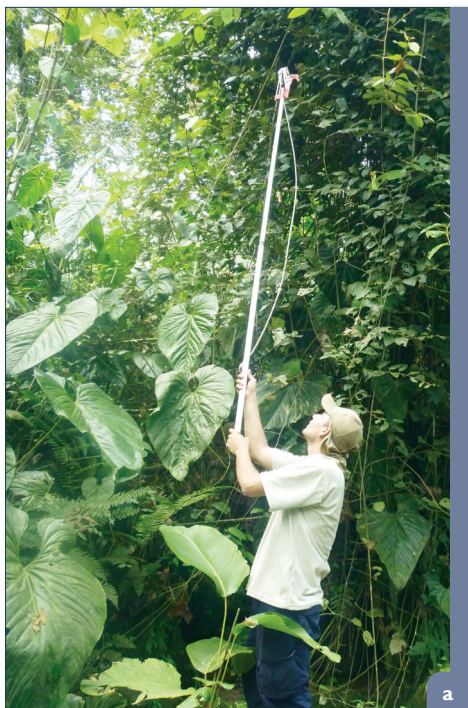
5.3.1 Colección general de plantas

Se colectan todas las especies de la zona de estudio que estén con flores y/o frutos, con el fin de hacer una aproximación a la composición florística de la localidad de estudio en general. Esto permite identificar especies con algún interés taxonómico o de conservación. Además se debe coleccionar otra información sobre las características generales del área en la que se hará la colecta, como el estado general de conservaciones, entre otros (Sobrevila & Bath, 1992) (Anexo 5.2).

» Materiales

- Periódicos
- Prensas botánicas
- Machete
- Tijeras podadoras
- Tijera desjarretadora
- Decámetro
- Bolsas plásticas grandes
- Marcadores indelebles

- Alcohol al 70%
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Cinta de indicación (peligro)



Procedimiento

Se deben coleccionar especies vegetales representativas que estén con flores y frutos, en un transecto de 100 m de largo x 2 m de banda, para cada estación.

Figura 5.4 Muestreo general de plantas.
a) toma de muestra vegetal. b) trazado del transecto.



Recomendaciones

- › La evaluación de la vegetación requiere de información precisa y puntual. Por ello es importante que la haga un experto en este tema.
- › Diligenciar todos los formularios en cada estación de muestreo.
- › Realizar una inspección de la zona a muestrear. Anotar las especies arbóreas que se observan (género o familia). Anotar aproximadamente la altura de cada estrato y las familias que dominan; medir el diámetro a la altura del pecho (DAP) de varios árboles de las especies dominantes.
- › Hacer colecciones generales de las plantas en flor o fruto del lugar y poner una etiqueta en cada muestra con el número de colecta correspondiente; cada planta colectada debe depositarse en bolsas plásticas transparentes; posteriormente pueden transportarse en un costal o bolsa común.
- › Pensar una vez al día y en condiciones cómodas, el material botánico en hojas de papel periódico (Figura 5.5); en la libreta de campo anote los números de colecta, siempre se debe llevar una secuencia única de números de colección y las características de la muestras. Posteriormente se preservan las muestras, rociando el espécimen ya montado con alcohol al 70%.



Figura 5.5 Prensando de material botánico

- › Tome fotografías a cada una de las especies colectadas y de las comunidades naturales con personas como referentes, para tener una idea de la escala gráfica.
- › En la libreta de campo es importante escribir: el número de colección, el tipo de hábito - estrato, el nombre de la familia botánica, el nombre

común, el uso dado, las notas descriptivas tales como formas, colores, olores, sabores, presencia de exudados, tipo de textura y otros de la corteza, la altura del individuo, el DAP y si hay evidencias de material complementario como frutos y flores.

No de personas requeridas: 2 a 4.

Tiempo de muestreo: 2 horas por estación de muestreo

5.3.2 Descripción general de la vegetación

Para entender la estructura de la vegetación es importante elaborar el perfil de su organización vertical (Figura 5.6); este describe de forma escrita y gráfica la fisonomía de la vegetación. Así se obtiene, como productos, el número de estratos, la altura, la cobertura, las especies más comunes o abundantes y los esquemas de las copas de los árboles y arbustos de una franja del bosque. También sirve de marco descriptivo para hacerse una idea de las características de la vegetación del área estudiada (Villareal *et al.*, 2004) (Figura 5.7).



Figura 5.6 Descripción gráfica de la fisonomía de la vegetación.

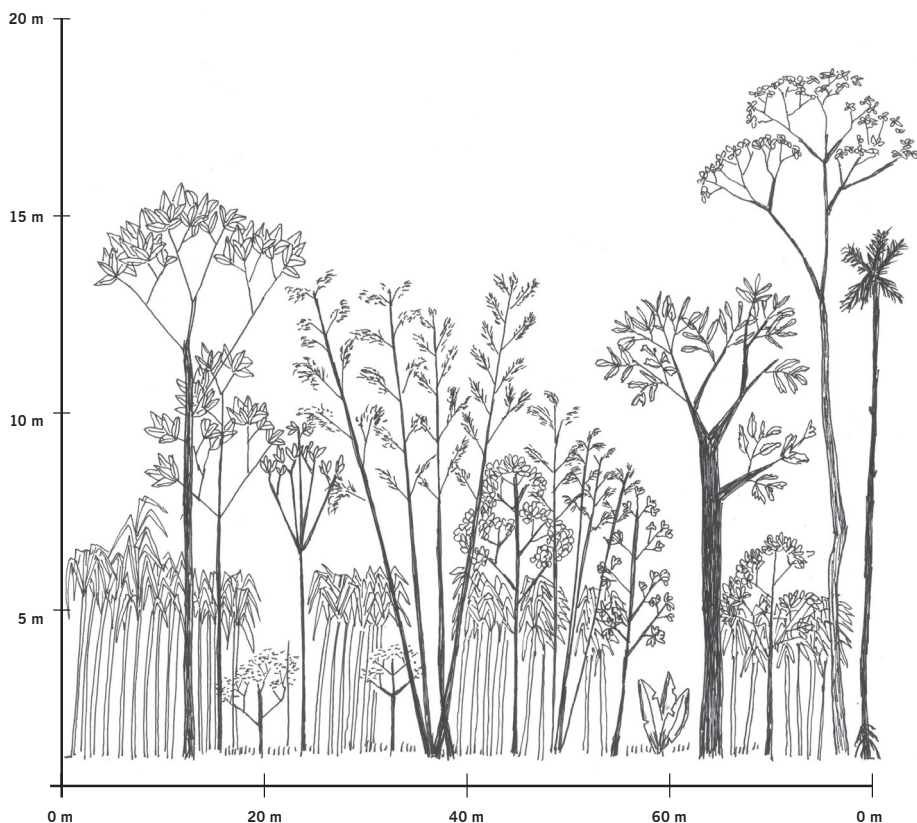


Figura 5.7 Perfil de vegetación. Estación No 6- 300 m arriba de la confluencia con la quebrada San Francisco con el río Orotoy.

» **Materiales**

- - Tabla de apoyo
- - Papel milimetrado
- - Lápices
- - Decámetro
- - Binoculares
- - Cámara fotográfica

Procedimiento

En el sitio de muestreo se realiza una descripción de las plantas que componen la franja de estudio mediante un perfil esquemático a escala que ilustre los estratos, la altura y cobertura.

Caracterización de los estratos de la vegetación: El número de estratos y su descripción se han utilizado ampliamente para definir la distribución vertical de la vegetación. Según Rangel & Lozano (1986) en los ecosistemas andinos se contemplan los siguientes estratos:

- Rasante <0.3 m
- Herbáceo 0.3-1.5 m
- Arbustivo 1.5-5 m
- Subarbóreo o de arbolitos 5-12 m
- Arbóreo inferior 12-25 m
- Arbóreo superior >25 m.

Con base en lo anterior se define:

- △ *Altura aproximada de cada uno de los estratos: estimación visual de la altura promedio (también puede ser un rango) de los individuos que hacen parte de cada estrato; y*
- △ *Cobertura de los estratos: estimación visual de la proyección vertical sobre el suelo de las copas de los individuos de cada uno de los estratos; la cuantificación se establece como el porcentaje del área de muestreo cubierto por cada uno de los estratos. Esta medida es una aproximación que pretende determinar la densidad de cada estrato.*

No de personas requeridas: 1

Tiempo de muestreo: 1 hora por estación de muestreo

5.3.3 Índice de calidad de ribera

Este índice, conocido con la sigla QBR, muestra la valoración del estado de ribera en los ríos permanentes, es decir, establece la calidad del estado de conservación del bosque de ribera, ya que refleja de una manera ponderada sus características, su calidad y el estado de cada tramo en relación con las presiones e impactos existentes. También facilita el diagnóstico de los principales problemas de las riberas y contribuye al diseño de estrategias para su restauración y conservación (González *et al.*, 2006).

Cada temática o bloque que hace parte del índice califica diferentes atributos del sistema de ribera, intentando cuantificar de manera separada grupos de variables que indican el estado natural del sistema; la puntuación máxima total a asignar es cien puntos (Munné *et al.*, 2003). Los bloques a analizar son:

- Grado de cobertura riparia
- Estructura del bosque
- Grado de naturalidad del lecho del río
- Calidad de la cobertura

Enseguida se describe la manera como se califican cada uno de los bloques que se analizan para el QBR:

Grado de cobertura riparia

Se contabiliza el porcentaje de cobertura de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se consideran ambos lados del río de forma conjunta y se tiene presente la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente, para sumar o restar puntos.

En este bloque se destaca el papel de la vegetación como elemento estructurador del ecosistema de ribera, por lo tanto interesa dar puntaje al cubrimiento vegetal del terreno, sin tener en cuenta su estructura vertical.

Es necesario aclarar que los caminos sin asfalto de menos de 4 m de ancho no se consideran como elementos de aislamiento con el ecosistema adyacente.

Estructura del bosque

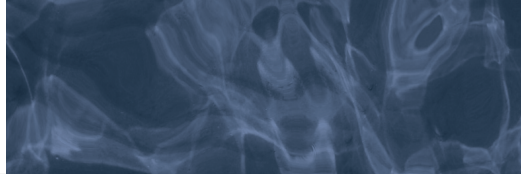
En este bloque se evalúa la complejidad de la vegetación, lo que a su vez puede estar determinando una mayor biodiversidad animal y vegetal en la zona. La puntuación se realiza según el porcentaje de cubrimiento de árboles y, en ausencia de estos, de arbustos, sobre la totalidad de la zona a estudiar.

Es necesario considerar las riberas de ambas márgenes del río; enseguida se califican elementos como la linealidad al pie de los árboles (síntomas de plantaciones), o coberturas distribuidas no uniformemente y que forman manchas, se penalizan en el índice, mientras que la presencia de helófitos en la orilla y la interconexión entre árboles y arbustos en la ribera, se potencian.

Grado de naturalidad del lecho del río

Los campos de cultivo cercanos al río y las actividades extractivas presentes producen modificaciones de las terrazas adyacentes al río. Esto puede reducir el cauce y aumentar la pendiente de los márgenes y la pérdida de sinuosidad en el río.

Cuando existan estructuras sólidas, como paredes, muros, entre otros, los signos de alteración son más evidentes y la puntuación disminuye. Los puentes o los pasos para cruzar el río que nos permiten acceder a la estación de muestreo, no se consideran.



Calidad de la cobertura

El paso inicial es determinar el tipo geomorfológico. En esta parte se asigna puntuación al margen izquierdo y derecho en función de su desnivel y forma. La puntuación final se obtiene sumando los valores de ambos márgenes y complementando este valor con las restas y las sumas de los apartados inferiores (si es necesario). La presencia de islas en el río disminuye la puntuación, mientras que la presencia de un suelo rocoso y duro con baja potencialidad para enraizar una buena vegetación de ribera, la incrementa. Después de haber seleccionado el tipo geomorfológico se cuenta el número de especies arbóreas autóctonas presentes en la ribera.

Los bosques en forma de túnel a lo largo del río aumentan la puntuación, dependiendo del porcentaje de recubrimiento a lo largo del tramo estudiado. La disposición de las diferentes especies arbóreas en galería, es decir, en grupos que se van enlazando, desde la zona más cercana al río hasta el final de la zona de ribera, también aumentan el valor del índice.

Tipo geomorfológico: para determinar el tipo geomorfológico hay que tener en cuenta las siguientes características:

- › Se asigna puntuación a la margen izquierda y a la margen derecha, en función de su desnivel y forma de la zona riparia (La puntuación final se obtiene sumando los valores de ambas márgenes y complementando este valor con las restas y las sumas de los apartados inferiores “si es necesario”).
- › La presencia de islas en el río disminuye la puntuación, mientras que la presencia de un suelo rocoso y duro con baja potencialidad para enraizar una buena vegetación de ribera, la incrementa.

El resultado de la operación indica el tipo de geomorfológico del canal del tramo a estudiar y se usa para seguir por una u otra columna de este mismo bloque.

Las especies introducidas en la zona y las especies naturalizadas se penalizan en esta parte del índice.

Procedimiento

Para diligenciar el formato del índice de calidad de ribera (Anexo 5.3) se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones generales:

1. Trabajar longitudes de 10 m en áreas altamente modificadas.

2. En el área de trabajo se debe incluir la totalidad de la anchura potencial del bosque de ribera para calcular el QBR. En ella se diferencia y delimita visualmente la orilla y la ribera, considerando ambos márgenes del río como una sola unidad.
3. Los cuatro bloques en los que está basado el QBR son totalmente independientes y la puntuación de cada uno de ellos no puede ser negativa ni superior a 25.
4. Hacer cálculos para cada bloque (grado de cobertura.....calidad de cobertura), de la siguiente manera: se inicia con una de las cuatro opciones principales, asignando el valor de 25, 10, 5 ó 0. Solamente se puede escoger una entrada: la que cumpla la condición exigida siempre leyendo de arriba abajo. La puntuación final de cada bloque será modificada por las condiciones expuestas en la parte inferior de cada bloque, tantas veces como se cumpla la condición (sumando o restando). En los siguientes apartados se detalla el procedimiento para cada uno de los cuatro bloques.
5. La puntuación final será el resultado de la suma de los cuatro bloques y, por lo tanto, varía entre 0 y 100.
6. Los puentes y caminos utilizados para acceder a la estación de muestreo no se tendrán en cuenta para la evaluación del índice QBR. Si es posible, el QBR debe ser analizado aguas arriba y aguas debajo de estos accesos. Otros puentes o carreteras (por ejemplo las paralelas al río) sí deben ser consideradas. Los tramos de ribera cercanos a la zona de acceso al río suelen estar perturbados y pueden hacer disminuir la puntuación.

De ser posible, se realizan varios transectos (cada 100-200 m) y evaluar el QBR en un tramo extenso para tener una puntuación más representativa de la zona.



Figura 5.8 Calificación de los diferentes atributos del bosque de ribera para el Índice de calidad de ribera – QBR.

En la Tabla 5.1 se presentan las categorías asociadas al resultado de la calificación resultante de la sumatoria del puntaje obtenido por cada uno de los bloques, así la puntuación máxima total a asignar es de cien puntos (Munné *et al.*, 2003).

Tabla 5.1 Niveles de calidad según el QBR para la valoración del estado de calidad del bosque de ribera.

NIVEL DE CALIDAD	QBR	Color
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥ 95	Azul
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-95	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración fuerte mala calidad	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25	Rojo

Fuente: Munné *et al.*, 2003

Recomendaciones

La información que ofrece este protocolo, no es del todo muy completa para determinar la estructura de la vegetación de ribera. Por lo tanto, es necesario realizar la descripción general de la vegetación. El objetivo de este parámetro es dar una idea general del tipo de vegetación en donde se desarrolla el índice.

No de personas requeridas: 1

Tiempo de muestreo: 1 hora por estación de muestreo

Revisión de los datos obtenidos





6. Procesamiento de la información

6. Procesamiento de la información

6.1 Revisión de los datos obtenidos

Para garantizar que la información sea correcta, se deben comprobar los datos obtenidos en el monitoreo de la siguiente manera:

Examinar las formatos de campo para comprobar que los datos estén completos, las sumas bien realizadas, los cálculos bien hechos y que los datos estén bien registrados y claros.

Comparar los resultados obtenidos con los de otros sitios de características parecidas (si están disponibles), y también con los resultados de estudios de años anteriores (si los ha realizado o conoce quién los hizo) para encontrar diferencias y/o parecidos entre ellos. De esta forma, podrá comprobar que los datos del muestreo son verdaderos y reflejan el cambio ocurrido en la calidad del agua y condiciones ecológicas del ecosistema lótico.

Elaborar bases de datos sistematizadas de la información que se va colectando en campo de forma que permitan hacer comparaciones rápidas entre muestreos.

6.2 Elaborar informes

Otra de las tareas que se debe realizar luego del monitoreo es elaborar informes para dar a conocer los resultados del estudio. Al redactar el informe se debe tener en cuenta que existen públicos diferentes. Para el público en general puede elaborar informes sencillos y cortos; y otros más detallados, amplios y técnicos para las organizaciones, instituciones y personas relacionadas con el tema.

6.3 Socialización de la información

Una vez que ha analizado los resultados y preparado los informes, se debe compartir la información con los miembros de la comunidad y con los representantes de instituciones o empresas presentes en la zona. Para ello se pueden utilizar los diferentes medios de divulgación y publicación de los resultados tales como páginas web, revistas científicas y revistas de interés general, artículos en periódicos, foros, talleres u otros eventos; el propósito es llegar al mayor número posible de personas.

La meta es que todos los actores entiendan cómo se afectan la calidad del agua, los seres vivos que dependen de ella y los ecosistemas acuáticos y también como se pueden monitorear estos procesos. De esta manera, será factible cambiar el comportamiento de las personas, instituciones o empresas que tienen relación directa o indirecta con la contaminación de los ríos. El conocer las causas que provocan la contaminación del agua debe motivar a la comunidad, empresas e instituciones a iniciar acciones que contribuyan a su solución.

GLOSARIO

Alóctono: Cualquier elemento mineral, vegetal o animal que se encuentran en un lugar distinto al de su origen.

Aluvial: Se aplica al terreno que se ha creado por el conjunto de materiales y sedimentos terrestres arrastrados por una corriente de agua y depositados en tierras emergidas.

Bentos: Conjunto de organismos que viven en el fondo de un cuerpo de agua, móviles, adheridos o enterrados en sustratos tales como lodo, arena, rocas, piedras, plantas acuáticas o residuos vegetales.

Comunidad: Conjunto de organismos de varias especies que coexisten en un sitio determinado e interactúan entre sí a través de relaciones de depredación o competencia.

Correntómetro o molinete: Instrumento apto para medir la velocidad de la corriente en los sistemas loticos.

Ecosistema: Sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos y por el medio físico, con el que se relacionan estrechamente.

Época de Transición: Durante el año hidrológico se presentan épocas intermedias entre el llenado máximo (época de lluvias – aguas altas) y la máxima disminución del caudal (época seca – aguas bajas); así, las épocas de transición se denominan “aguas en ascenso ó de transición bajas a altas” y “aguas en descenso ó de transición altas a bajas”.

Especies introducidas: Organismos no nativos del lugar o del área a los cuales que se les considera introducidos, ya que han sido accidental o deliberadamente transportados a una nueva ubicación por las actividades humanas.

Especies naturalizadas: Organismos animales o vegetales aclimatados en un ambiente que no es el suyo. Pero a diferencia de la simple aclimatación, la especie naturalizada se mantiene por ella misma, sin la ayuda del hombre, como si fuese una especie nativa.

Hábitat: Espacio que reúne las condiciones adecuadas para que ejemplares de una o varias especies puedan vivir y reproducirse a fin de perpetuar su presencia.

Helófitos: Planta vivaz anfibia, cuyos órganos persistentes están arraigados en el fondo sumergido, y cuyos tallos emergen y desarrollan hojas y flores en el medio aéreo.

Necton: Conjunto de organismos que nadan activamente en las áreas acuáticas, como peces y tortugas acuáticas.

Neuston: Se refiere a los organismos que viven en la superficie del agua caminando, patinando o brincando.

Perífiton: Corresponde al grupo de microorganismos (vegetales, animales, hongos, bacterias) que se fijan a sustratos sumergidos, como rocas y restos de madera y que están sometidos al influjo de la corriente del río.

Plancton: Comunidad conformada por los organismos microscópicos vegetales (fitoplancton) y animales (zooplancton) que se mueven a la deriva por acción de las corrientes y del viento.

Residualidad: Calidad de algo que queda o permanece al final de un proceso.

Ripario: Se refiere a todo lo que está a la orilla de un río, quebrada o masa de agua.



ANEXOS



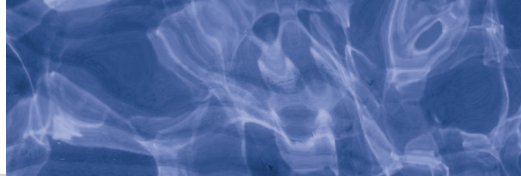
Anexo 3.1 Formato para la toma de datos de aforos con el método área-velocidad.

A. Formato para caudal con molinete

AFORO – MOLINETE						
Diseño: Proyecto río Orotoy. Convenio DHS 169-09						
Fecha		Coordenadas				
Ancho Total del cauce (m)		Ancho superficial (m)				
Profundidad		Velocidad (m/sg)		Tiempo (s)		Caudal m3/s
1		1		1		1
2		2		2		2
3		3		3		3
4		4		4		4
5		5		5		5
Observaciones:						

B. Formato para Aforo con flotador

AFORO - FLOTADOR					
Diseño: Proyecto río Orotoy. Convenio DHS 169-09					
Fecha	Coordenadas				
Ancho Total del cauce (m)	Ancho superficial (m)				
Distancia A-B	Profundidad (m)				Tiempo (s)
	1	6			1
	2	7			2
	3	8			3
	4	9			
	5				T. promedio
		Prof. promedio			
Observaciones:					



Anexo 4.2 Etiquetas para los frasco de los parámetros físico químicos a analizar en laboratorio.

Todos los frascos deben estar debidamente identificados. La información mínima que deben contener las etiquetas son:

Muestra No: Número asignado a cada frasco para hacer el registro en la cadena de custodia.

Sitio de muestreo: ubicación del lugar de la toma de la muestra.

Fecha: Día, mes y año en la que fue tomada la muestra.

Análisis a realizar: enunciar el parámetro a analizar.

Preservación: enunciar la solución aplicada como preservante.

Anexo 4.3 Cadena de custodia.

CADENA DE CUSTODIA

Proyecto:

Municipio / departamento:

Vereda:

Fecha de muestreo:[illegible]

<i>Clase de la muestra</i>	
Natural lótico	NLO
Residual doméstica	RDM
Residual industrial	RID
Potable	POT
Sedimento	SED

Observaciones:

Muestreo realizado por:
(Nombre del responsable del muestreo)

Modificado de: Daphnia LTDA 2010.



Anexo 5.1 Etiquetas de campo para muestras biológicas

Todas las muestras biológicas (Bentos, perifiton y vegetación ribereña), deben contener una etiqueta de papel pergamino, escritas en rapidógrafo, deben contener como la siguiente la información:

Localidad: Procedencia geográfica del registro, descrita hasta el mayor nivel de detalle posible. Contiene información perteneciente a la división político-administrativa (País, departamento, municipio, vereda), orografía, hidrografía y estación de muestreo.

Coordenadas: Valores de la latitud y la longitud del lugar de registro.

Altitud: Altitud en metros del sitio en el que se realizó el muestreo.

Fecha: Día, mes y año en la que fue tomada la muestra.

Colector: nombre de la persona o personas que colectaron la muestra.

Técnica de captura: nombre de la técnica utilizada para colectar la muestra.

No de colección: Número consecutivo asignado con base en las colecciones del colector principal- solo para vegetación.

Colombia, Meta, Municipio:	
Vereda:	Estación No:
Coordenadas:	Altitud:
Técnica de captura:	Fecha:
Col:	

Ejemplo de formato para las muestras biológicas.

Anexo 5.2 Formato para la toma de datos generales de vegetación en campo.

VEGETACIÓN

Diseño: Proyecto río Orotoy. Convenio DHS 169-09

COMUNIDADES NATURALES

Colectores: _____

Coordenadas: _____ Estación: _____ Fecha: _____

Municipio: _____ Vereda: _____

Nombre de la comunidad: _____

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estado sucesional de la comunidad _____ Estado reproductivo de la comunidad _____

Numero de estratos:

Estacionalidad de la vegetación:

Presencia de epifitas:

Presencia de musgo:

Presencia de bejuocos y liana:

Uno

Siempre verde

Abundante

Abundante

Abundante

Dos

Semideciduo

Presente

Presente

Presente

Tres

Deciduo

Escasa

Escasa

Escasa

Densidad de la cobertura:

- Denso

- Medio

- Ralo

Presencia de claros:

- Abundante

- Presente

- Escasa

- Ausente

Porcentaje de suelos desnudos:

- Alto

- Medio

- Bajo

Tipos de superficie sin vegetación:

- Piedras

- Suelo

- Capa de humus

- Roca madre

- Madera descompuesta

- Agua

Erosión:

- No visible

- Poco erosionado

- Erosionado

- Muy erosionado

Tipo de roca:

- Ignea

- Metamorfica

- No consolidada

- Ausente

Roccosidad:

- Sin roccosidad

- < 2%

- 2- 10 %

- 10- 28 %

- 28-50%

- 50 – 90 %

- >90 %

Textura del suelo:

- Arcilla

- Limo

- Arena

- Arcillo – arenoso

- Arcillo-limoso

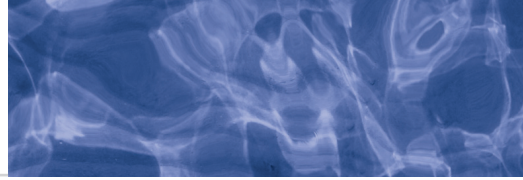
- Otra

Profundidad de la capa de humus:

Color del suelo:

Otras características:

Continúa Anexo 5.2 →



Causas de deterioro o pérdida del ecosistema

Pastoreo de ganado	Si	No	Construcciones turísticas	Si	No	Quemas	Si	No
Agricultura intensiva	Si	No	Construcciones de carreteras	Si	No	Sequia	Si	No
Asentamientos humanos	Si	No	Tala	Si	No	Erosión	Si	No

Vientos: Si _____ No _____ Nubosidad: _____ Neblina: _____ Temperatura: _____
Comentarios del clima _____

CONSERVACIÓN

Presencia de troncos quemados:	Si	No		
Tamaño de la comunidad:	Muy grande	Grande	Pequeña	Muy pequeña
Condiciones de la comunidad:	Excelente	Buena	Regular	Pobre
Evidencia de perturbaciones por:	Pastoreo de ganado	Construcción de carreteras o vías	Construcciones turísticas	
	Agricultura intensiva			
	Asentamientos humanos	Cacería	Corte de leña	

Anexo 5.3 Formato para la evaluación del índice de calidad de ribera – QBR
(Tomado de Munne *et al.*, 2003)

Estación: _____ Coordenadas: _____ Fecha: _____

GRADO DE LA COBERTURA

Puntuación		Puntuación
25	<i>>80% de cobertura vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan).</i>	
10	<i>50%-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera</i>	
5	<i>10%-50% de cubierta vegetal de la zona de ribera</i>	
0	<i><10% de cubierta vegetal de la zona de ribera</i>	
+10	<i>Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total</i>	
+5	<i>Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior a 50%</i>	
-5	<i>Si la conectividad ente el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25% y el 50%</i>	
-10	<i>Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior a 25%</i>	



Estación: _____ Coordenadas: _____ Fecha: _____

ESTRUCTURA DE LA COBERTURA

Puntuación		Puntuación
25	Recubrimiento de árboles superior a 75%	
10	Recubrimiento de árboles entre 50%-75% o recubrimiento de árboles entre 25% y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%	
5	Recubrimiento de árboles inferiores a 50% y el resto de la cubierta con arbustos entre 10% y 25%	
0	Sin árboles y arbustos por debajo de 10%	
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior a 50%	
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre el 25%-50%	
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque	
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque es >50%	
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas sin una continuidad	
-10	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque es <50%	

GRADO DE NATURALIDAD DEL CANAL FLUVIAL

Puntuación		Puntuación
25	El canal del río no ha estado modificado	
10	Modificaciones de la terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	
0	Río canalizado en la totalidad del tramo	
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	
-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río	

CALIDAD DE LA COBERTURA

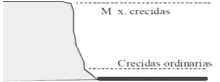
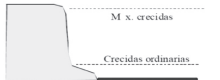
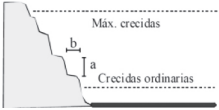
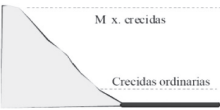
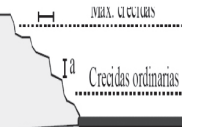
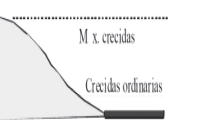
Puntuación		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Puntuación
25	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	>1	>2	>3	
10	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2	3	
5	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	0	1	1-2	
0	Sin árboles autóctonos				
+10	Si existe continuidad de la comunidad a lo largo del río, mínimo 3 m de ancho, uniforme y ocupando >75% de la ribera.				
+5	Si existe continuidad de la comunidad a lo largo del río (entre 50%-75% de la ribera)				
+5	Si existe una disposición en galería de diferentes comunidades				
+5	Si el número diferente de especies de arbustos es:	>2	>3	>4	
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre				
-5	Si existe alguna especie de árbol introducida (alóctana) aislada				
-10	Si existen especies de árboles alóctanas formando comunidades				
-10	Si existen vertidos de basuras				

PUNTUACIÓN FINAL QBR TOTAL

NIVEL DE CALIDAD	QBR	Color
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥95	Azul
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-95	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración fuerte mala calidad	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	≤25	Rojo

Continuación anexo 5.3

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera

Tipos de desnivel de la zona riparia	Puntuación			
	Izq.	Der.		
Vertical/cóncavo (pendiente >75°), con una altura no superable a las máximas avenidas.			6	6
Igual pero con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)			5	5
Pendiente entre el 45 y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con un ángulo formado por la horizontal y la recta que enlaza la orilla y el último punto de la ribera $\sum a < \sum b$			3	3
Pendiente entre el 20 y 45%, escalonado o no. $\sum a < \sum b$			2	2
Pendiente < 20, ribera uniforme y llana			1	1

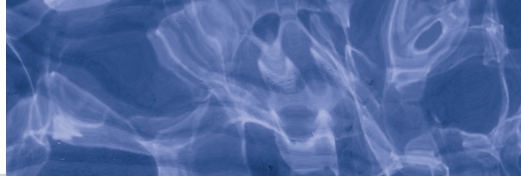
Continuación anexo 5.3

Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río		Puntuación
Anchura conjunta "a" > 5m		-2
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m		-1

Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.	>80%	No se puede medir
	60-80%	+6
	30-60%	+4
	20-30%	+2

PUNTUACIÓN TOTAL: TIPO GEOMORFOLOGICO

Tipo geomorfológico según la puntuación		
>8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera con baja potencialidad de un bosque de ribera.
Entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada tramos medios de los ríos
<5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso



Literatura consultada

- › ANDI - Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. 1997. Manual de caracterización de aguas residuales industriales. 2ª Edición. Medellín. Colombia. 41 pp.
- › APHA-AWWA-WPCF, 1975: Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington D.C. 1993 pp.
- › Arce, L. 2010. Muestreo y preservación de grasas y aceites y determinación en campo de pH, temperatura y materia flotante. Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua. Comisión Nacional del Agua - Instituto Mexicano de Tecnología del Agua- IMTA. México. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Parametros_en_campo.pdf.
- › Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D. & Stribling, J. B. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second edition EPA 841-B-99-002. U. S Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 339 pp.
- › Caro, C., Osorio, P., Gutiérrez, M. & y Oliveros, A. (comp). 2011. Balance Hídrico Asociado a la Cobertura Vegetal - cuenca del río Orotoy. Proyecto "Tipificación de ambientes acuáticos e identificación de bioindicadores presentes en el río Orotoy - clave ambiental ilustrada". Posgrados en Gestión Ambiental Sostenible, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. 54 pp.
- › Carrera, C. & Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito. 55 pp.

Literatura consultada

- › Daphnia Ltda. 2010. Instructivos para muestreos de aguas y sedimentos. Bogotá. 20 pp.
- › Donato J. C. (Ed.). 2008. Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (Río Tota, Boyacá) p: 15-52. Primera edición. Colección textos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 240p.
- › Elliot, S. 2010. El río y la forma. Introducción a la geomorfología fluvial. Primera edición. RIL editores. Chile. 324 pp.
- › González, M., García, D., Lara, F. & Garilleti, R. 2006. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. Ingeniería Civil 143: 97-108.
- › Gómez, R. & Sánchez, M. 2010. Muestreo y preservación de parámetros físico químicos. Serie autodidactica de medición de la calidad del agua. Comisión Nacional del Agua - Instituto Mexicano de Tecnología del Agua- IMTA. México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Fisicoquimicos.pdf>
- › Herranz, M., Bolívar, J. P., Liger, E., Payeras, J. & Pinilla J. L. 2007. Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental. Colección informes técnicos 11.2007. Serie vigilancia radiológica ambiental. Procedimiento 1.10. Consejo de seguridad nuclear - CSN.
- › IDEAM- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. 2007. Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. 162 pp
- › IDEAM- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. 2004. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. 28 pp.
- › Ministerio de Salud- República de Colombia. 1998. Decreto 475 por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. Diario Oficial 43.259, Bogotá, Colombia, 16 de marzo de 1998.

- › Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada, N & Rieradevall, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*. 13: 147-163.
- › Odum, E. P. 1972. *Ecología*. Tercera edición McGraw-Hill Interamericana, tercera edición, México. 640 pp.
- › Odum E. P. & Barrett G. W. 2006. *Fundamentos de ecología*. Quinta edición. Cengage Learning Editores. 616 pp.
- › Ospina, N. & Peña, E. 2004. Alternativas de monitoreo de calidad de aguas: Algas como bioindicadores. *Acta Nova* (2:4): 513- 517. Bolivia.
- › Pinilla, G 1998. *Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales*. Compilación Bibliográfica. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Centro De Investigaciones Científicas. Santa Fe De Bogotá.
- › Ramírez, A y Viña, G. 1998. *Limnología Colombiana. Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis*. Ed Panamericana., Bogotá. 130 pp.
- › Rangel, J. & Lozano, G. 1986. Un perfil de vegetación entre la plata (Huila) y el volcán Puracé. *Caldasia*, 14(68-70): 53-547.
- › RAS - Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico. 2010. Dirección general de agua potable y saneamiento básico. Ministerio de desarrollo económico. Bogotá D.C.
- › Roldán, P, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia- uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Antioquia, Medellin. 165 pp.
- › Roldán, G, & Ramírez J. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2ª. Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Antioquia, Medellin. 421 pp.
- › Samboni, N., Carvajal, Y. & Escobar, J. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e Investigación* Vol. 27 No.3, Diciembre (172-181).

Literatura consultada

- › Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. & Zambrano, L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología. 294 pp.
- › Silva, L. 2008. Manual de monitoreo del agua para el investigador local. Proyecto Paramo no. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 31 pp.
- › Sobrevila, C. & Bath P. 1992. Evaluación ecológica rápida, un manual para usuarios de América latina y el Caribe. The nature Conservancy. 100 pp.
- › Suárez. M., Vidal-Abarca. M., Sánchez-Montoya. M., Alba-Tercedor. J., Álvarez. M., Avilés. J., Bonada. N., Casas. J., Jáimez-Cuéllar. P., Munné. A., Pardo. I., Prat. N., Rieradevall. M., Salinas. M., Toro. M. & Vivas. S. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica* 21(3-4): 135-148. España.
- › Tomasini, A. 2010. Muestreo y preservación para coliformes fecales y huevos de helminto. Serie autodidactica de medición de la calidad del agua. Comisión Nacional del Agua - Instituto Mexicano de Tecnología del Agua- IMTA. México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Bactereologicos.pdf>.
- › Universidad de Buenos Aires. 2004. Guía de Trabajos Prácticos. Limnología. Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- › Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, H. Mendoza, M. Ospina & A.M Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Fotos portada



1. Muestreo de bentos.
2. Toma de datos del cauce.
3. Muestreo de bentos.
4. Toma de datos del cauce.
5. Muestreo del cuerpo del agua.
6. Estación 15. 300 metros aguas arriba de la confluencia con el caño Carnicerías. Vereda San Lorenzo- Castilla la Nueva.
7. Estación 4. 300 mt aguas arriba de la confluencia con el caño Colepato. Vereda la Cecilita - Acacías.
8. Confluencia del Caño San Luis con el río Orotoy.

