

# Manejo del recurso hídrico y estrategias de gestión integral en la microcuenca del río Mijitayo, Colombia. 2. Fuentes de contaminación y calidad del recurso hídrico<sup>1</sup>

**Sandra Milena Madroño Palacios<sup>2</sup>;**  
**Francisco Jiménez Otárola<sup>3</sup>**

La microcuenca del río Mijitayo es una de las más importantes para el municipio de Pasto por los servicios ambientales que presta y por su potencial ecosistémico.

En la microcuenca se identificaron cuatro formas de contaminación: residuos sólidos, uso de agroquímicos, desechos orgánicos de animales y los tanques sépticos que colectan las aguas residuales de la población rural. La calidad del agua muestra una clara tendencia hacia el deterioro acelerado debido principalmente al incremento poblacional y la ausencia de sistemas de saneamiento y control que contribuyan a reducir la contaminación.

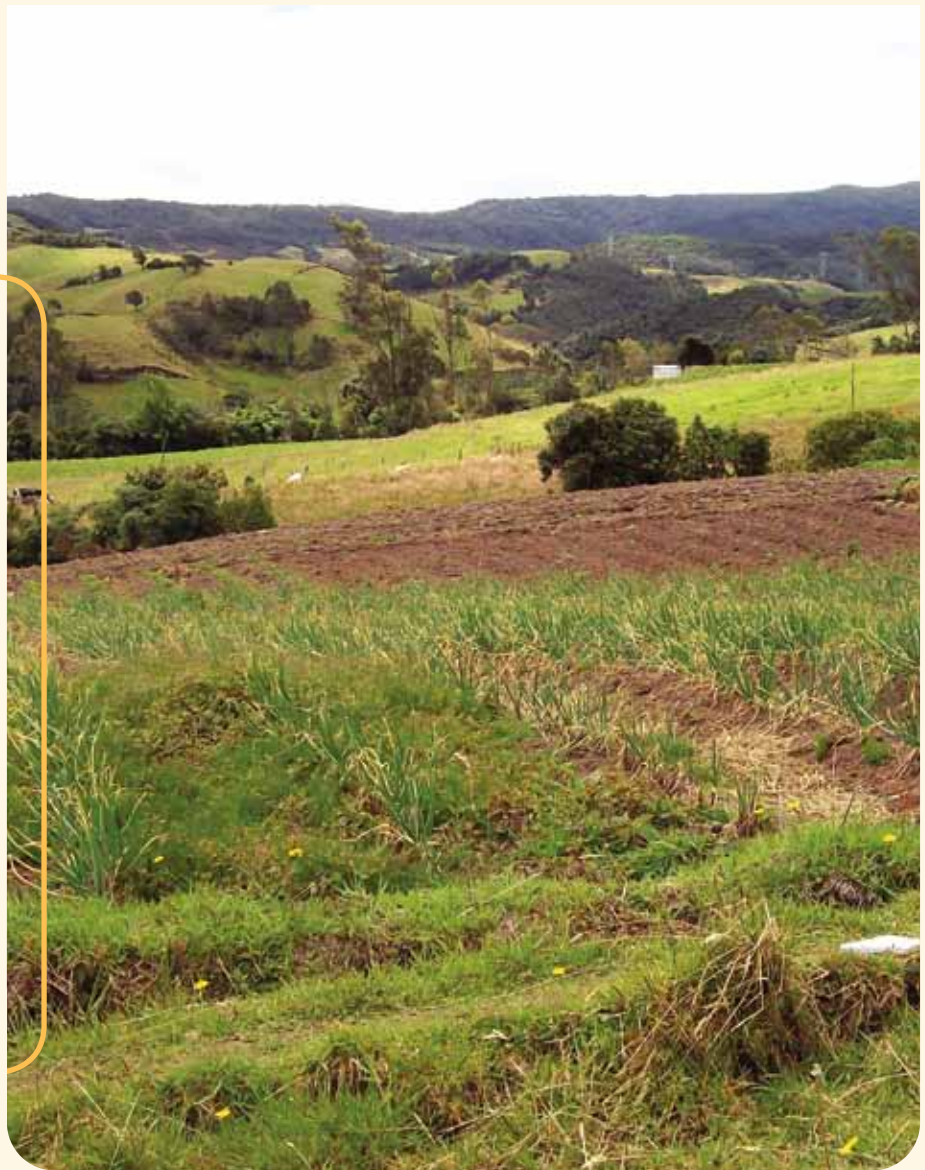


Foto: Sandra Madroño.

<sup>1</sup> Basado en Madroño (2006)

<sup>2</sup> Egresada del Programa de Maestría en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, CATIE. smadro@catie.ac.cr

<sup>3</sup> Programa Gestión Territorial de Recursos Hídricos y Biodiversidad, CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

## Resumen

El estudio se desarrolló en la microcuenca del río Mijitayo, municipio de Pasto, Colombia. El objetivo fue identificar las fuentes de contaminación y determinar la calidad del agua como elementos relevantes para la toma de decisiones. Se consideraron tres escenarios de análisis: el río Mijitayo y las quebradas Midoro y Juanambú, que son afluentes del río. Las principales fuentes de contaminación puntual identificadas fueron las descargas de los tanques sépticos, los lavaderos domésticos y los residuos sólidos. Las fuentes de contaminación difusa más importantes fueron la agricultura y la ganadería. El río Mijitayo presentó los valores más altos de contaminación debido, principalmente, al mayor grado de intervención humana, tanto en el ámbito rural como urbano. La calidad del agua disminuyó sensiblemente conforme se desciende de las partes altas a las bajas en los tres escenarios; asimismo, se evidenció un deterioro acelerado de la calidad del agua en los dos últimos años.

**Palabras claves:** Cuencas hidrográficas; ordenación de cuencas; recursos hídricos; gestión; contaminación del agua; calidad del agua; río Mijitayo; Colombia.

## Summary

**Water Co-Management Strategies in the Mijitayo Microwatershed, Colombia. 2. Water Quality and Sources of Contamination.** The study was carried out in the Mijitayo River micro-watershed, Pasto, Colombia. The objective was to identify sources of contamination and determine the quality of water as important elements for management decisions. Three scenarios were considered: the Mijitayo River and Midoro and Juanambú creeks. The main sources of contamination identified were discharges from septic tanks, domestic laundry and garbage. Diffuse contamination was mainly due to agriculture and livestock. Mijitayo River showed the highest levels of contamination caused by human action in both rural and urban communities. Water quality declined downstream in the three scenarios; water contamination has rapidly increased during the past two years.

**Keywords:** Watershed; watershed management; water resources; management; water pollution; water quality; Mijitayo River; Colombia.

## Introducción

Tanto la salud de la población, como la mayor parte de la vida animal y de los ecosistemas dependen del suministro adecuado de agua de buena calidad. Sin embargo, con el crecimiento urbano y el desarrollo de actividades socioeconómicas y productivas, los gobiernos nacionales, locales y las comunidades enfrentan cada vez mayores dificultades para mantener un buen abastecimiento de agua de calidad. Los efectos de este crecimiento se manifiestan en la degradación de los recursos naturales de las cuencas, el aumento de la deforestación, escorrentía superficial, erosión, sedimentación, aguas residuales y

contaminación y la alteración del ciclo hidrológico. Todo ello genera riesgos directos para la calidad del agua.

Las características físicas y químicas del agua de los ríos son elementos integradores que ayudan a diagnosticar el grado de calidad y a identificar las consecuencias de las prácticas de manejo en la cuenca (García y Jiménez 2006). El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos; asimismo, se reduce la disponibilidad efectiva y se incrementa la competencia por agua de calidad (GWP 2000).

La contaminación del agua puede provenir de fuentes difusas o puntuales. La contaminación difusa es causada por fuentes generalmente asociadas con infiltración, percolación y escorrentía agrícola, silvicultural y urbana. Dichas fuentes responden a las condiciones hidrológicas, presentan dificultades para la medición o control directo -por lo que son difíciles de regular- y se relacionan con las acciones de manejo de la tierra y otras afines (Ongley 1997). La contaminación puntual, en cambio, se da cuando el agua residual va a parar directamente a las masas hídricas receptoras a través de, por ejemplo, cañerías de descarga procedentes de actividades

industriales y domésticas; estas se pueden identificar, cuantificar y controlar más fácilmente (Ongley 1997).

Colombia, al igual que otros países de Latinoamérica, ha avanzado en el tratamiento de las aguas servidas (Jouravlev 2004). Sin embargo, estos avances se concentran principalmente en las grandes ciudades. San Juan de Pasto es una ciudad pequeña carente de un sistema de aguas residuales; allí el recurso hídrico presenta niveles altos de contaminación, con alteraciones físico-químicas, bacteriológicas y biológicas (Martínez 2003).

La microcuenca del río Mijitayo es una de las más importantes para el municipio de Pasto por los servicios ambientales que presta y por su potencial ecosistémico. La protección y manejo de la microcuenca debe ser una acción prioritaria y, en consecuencia, la identificación de fuentes difusas de contaminación y la caracterización de la calidad del agua son necesarias para fundamentar la toma de decisiones y generar indicadores de línea base para el monitoreo futuro. Este estudio se realizó con el fin de analizar la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en el río Mijitayo y en sus afluentes, e identificar los puntos de contaminación. Asimismo, puesto que la normativa legal sobre el recurso hídrico está desactualizada y presenta vacíos que afectan la actividad de las instituciones nacionales, locales y municipales, también se analizó el marco legal e institucional de manejo y gestión del recurso hídrico en la microcuenca. En un primer artículo, en este mismo número de la Revista (pag. 43), se ofrece el análisis del marco legal e institucional del manejo de agua para consumo humano; en esta segunda entrega se analizan las fuentes de contaminación puntual y difusa en tres fuentes y la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico.



Foto: Sandra Madroñero.

En la microcuenca Mijitayo, la identificación de fuentes difusas de contaminación y la caracterización de la calidad del agua son necesarias para fundamentar la toma de decisiones y generar indicadores de línea base para el monitoreo futuro.

Inicialmente se realizó un recorrido de observación por toda el área de estudio para identificar el río Mijitayo y sus afluentes, las quebradas Midoro y Juanambú, así como los corregimientos ubicados en la microcuenca, su población, las actividades productivas fácilmente reconocibles (agricultura y ganadería), los cultivos predominantes y su ubicación espacial. También se ubicaron y observaron las fuentes y tanques de almacenamiento de agua de los acueductos rurales y la planta de tratamiento que brinda servicio a una parte del área urbana. Posteriormente, se recorrió el sector urbano de la microcuenca con el fin de localizar las zonas residenciales, industrias y afines. Toda la información colectada sirvió como base para el análisis de la problemática del recurso hídrico en el área urbana y rural de la microcuenca.

### Identificación de las fuentes puntuales y difusas de contaminación

Para la identificación de los focos puntuales y difusos de contaminación en el río Mijitayo y en las quebradas Midoro y Juanambú, se hicieron recorridos a lo largo de las fuentes de agua y en su zona de influencia para identificar residuos sólidos, descargas directas de aguas residuales y desechos de la actividad agrícola. Los puntos de contaminación se georeferenciaron y se ubicaron en un mapa. Esta actividad se realizó en la parte media y baja de la microcuenca; la parte alta se excluyó porque se encuentra dentro del Santuario de Flora y Fauna Galeras, un área de protección de difícil acceso.

Se identificaron cuatro formas de contaminación: residuos sólidos, uso de agroquímicos, desechos orgánicos de animales y los tanques sépticos

que colectan las aguas residuales de la población rural. Además, se visitaron establecimientos en la zona urbana, como lavaderos de carros y una empresa de tubos, para conocer sus sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Determinación de la calidad del agua por medio de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos**  
**Toma de muestras.** Se tomaron nueve muestras compuestas (PRODIA 2000) en la parte alta, media y baja de las tres fuentes; tres en cada una de ellas. El muestreo se realizó en el mes de junio (2005), que corresponde al periodo seco (junio-setiembre) de la zona de estudio. Entre las precauciones observadas a la hora de tomar las muestras están: escoger sitios lo bastante profundos para evitar que el sustrato del fondo se levantara, utilizar recipientes esterilizados para las muestras destinadas a medir parámetros microbiológicos y bacteriológicos, abrir y cerrar los

recipientes dentro del agua para evitar la contaminación de la muestra por agentes ambientales. Las muestras se llevaron al laboratorio de la Universidad de Nariño, donde se realizaron los análisis siguiendo las especificaciones de APHA/AWWA/WEB (2005). Los parámetros analizados fueron: pH, color (UCP9), turbiedad (UNT), sólidos totales, sólidos suspendidos, alcalinidad, nitritos, cloruros, sulfatos, dureza, hierro (todos ellos en mg/l); coliformes totales, *Escherichia coli* y mesófilos (en UFC/100 ml). Los resultados de los análisis se compararon con las normas técnicas de calidad del agua para consumo humano establecidas para Colombia.

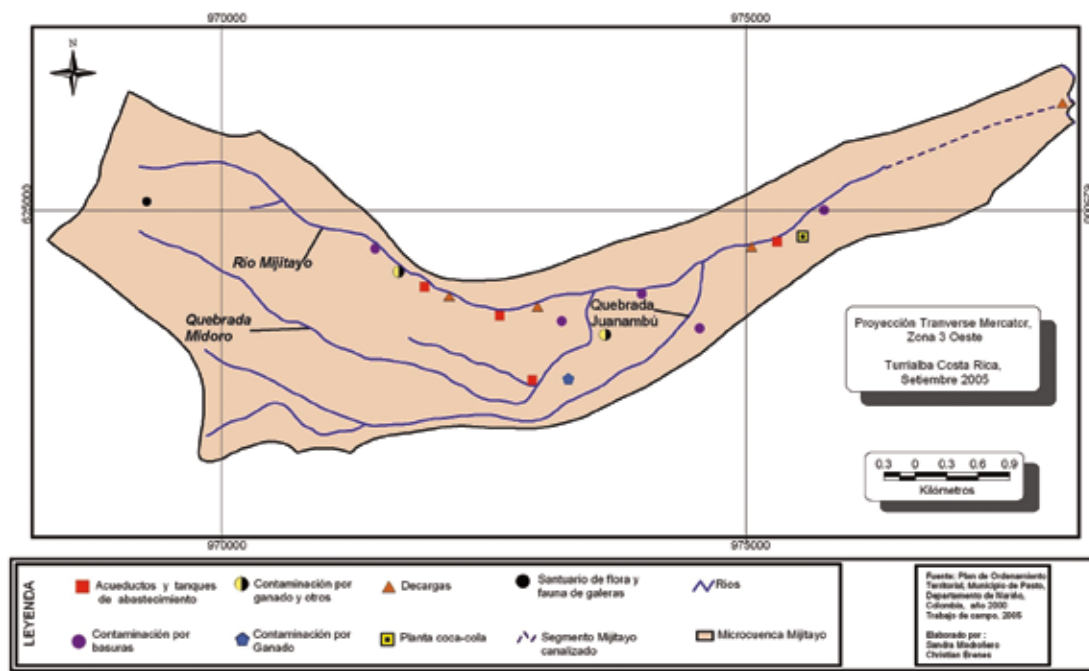
**Cambios en la calidad del agua a través del tiempo.** Se revisaron y compararon los resultados con algunos estudios parciales de calidad de aguas realizados en la microcuenca, con la finalidad de determinar la evolución de la calidad del agua a través del tiempo; así se logró iden-

tificar el incremento o disminución de contaminantes, tipo, cantidad y consecuencias producidas por esas alteraciones.

## Resultados y discusión

### Fuentes puntuales y difusas de contaminación

En el área de estudio se lograron identificar varios sitios de contaminación puntual y difusa, los cuales fueron geo-referenciados y ubicados en el mapa del área de estudio (Fig. 1). Entre los focos de contaminación puntual se identificaron descargas de tuberías domésticas y de tanques sépticos –principalmente en la vereda San Felipe – que descargan los residuos directamente en el río Mijitayo. Los lavaderos domésticos también son una fuente importante de contaminación; a pesar de que esta actividad se viene reduciendo con el pasar de los años, por las sustancias residuales que genera (como detergentes) aún representa un problema para la calidad del agua (Cuadro 1).



**Figura 1.** Ubicación de puntos de contaminación en la microcuenca del río Mijitayo

También es fuerte la contaminación del agua causada por los abrevaderos para el ganado en las acequias de la vereda San Felipe. La presencia de residuos sólidos (plásticos, basura, etc.), producto de las actividades de consumo de las comunidades urbano-rurales, es otro problema de contaminación en la microcuenca. La mayoría de los pobladores de las comunidades consideran que la presencia de residuos sólidos se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales en la microcuenca ((Fig. 2).

En cuanto a la contaminación difusa, se determinó que la ganadería y la agricultura son las principales actividades que generan este tipo de contaminación. La primera se desarrolla principalmente en San Felipe, con una población de 596 animales en la parte alta de la microcuenca, principalmente. Entre los problemas causados por la ganadería están la compactación del suelo, incremento de la escorrentía superficial y contaminación de las fuentes hídricas por los excrementos del ganado.

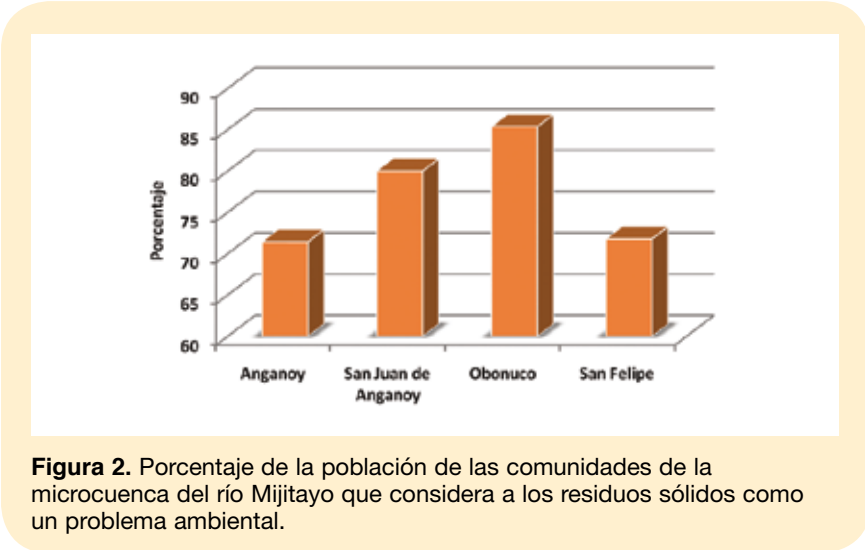
La agricultura se desarrolla con mayor intensidad en los otros poblados del corregimiento; debido a la baja productividad del suelo, se da un uso intensivo de fertilizantes y otros agroquímicos para mejorar los bajos rendimientos de los cultivos y reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Estos compuestos químicos se convierten en una fuente de contaminación del recurso hídrico. En general, la población tiene poca conciencia ambiental de los efectos perjudiciales de estas sustancias y consideran que la utilización de agroquímicos es necesaria para el mejoramiento de la producción, o al menos para reducir las pérdidas, ya que los suelos se han degradado y perdido su productividad a través de los años.

#### Calidad del agua

En la microcuenca del río Mijitayo no se cuenta con estudios que

**Cuadro 1.** Contaminación puntual en la microcuenca del río Mijitayo, municipio de Pasto, Colombia

Contaminación puntual	Fuente receptora afectada
Descargas de tuberías de construcciones domésticas	Mijitayo
Tanques sépticos	Mijitayo
Lavaderos domésticos ubicados en el río	Mijitayo
Contaminación de acequias por actividad ganadera	Mijitayo
Residuos sólidos provenientes de actividades humanas	Mijitayo, Juanambú y Midoro



**Figura 2.** Porcentaje de la población de las comunidades de la microcuenca del río Mijitayo que considera a los residuos sólidos como un problema ambiental.

permitan determinar cómo se ha ido transformando la calidad del recurso a causa de los cambios de uso del suelo y la intervención antrópica en áreas de protección. Los registros existentes datan de los años 1989 y 1995, para el río Mijitayo; en las quebradas Juanambú y Midoro se hicieron algunos muestreos a finales del año 2002 y principios del 2003.

Pese a que el **río Mijitayo** es una de las fuentes de agua más importantes para el municipio de Pasto, la calidad de la misma no es la mejor a causa de los altos índices de intervención humana, la descarga de aguas servidas y la acumulación de residuos sólidos del sector comercial y residencial. En la zona rural, el río y sus afluentes reciben contaminantes residenciales y agrícolas. Los resultados de calidad físico-química y bacteriológica del agua en el río Mijitayo muestran una clara tendencia de empeoramiento de la calidad conforme se avanza

desde la parte alta a la parte baja de la microcuenca (Cuadro 2); esto se debe, posiblemente, al efecto combinado de mayor pérdida de cobertura vegetal, incremento de la actividad agropecuaria, erosión, descarga de aguas residuales y otras actividades humanas que afectan negativamente la calidad del agua (Cuadra 2004). Los valores de color, turbiedad, sólidos suspendidos, alcalinidad, nitritos, hierro y sulfatos, así como la contaminación bacteriológica en la parte baja de la microcuenca fueron muy superiores a la norma establecida para Colombia (Ministerio de Salud 1984, 1998); esto evidencia el estado crítico de contaminación de la misma.

La alta contaminación biológica, aun en la parte alta de la microcuenca, evidencia la existencia de erosión, escorrentía superficial y actividad humana creciente; todo ello está afectando ya la calidad del agua y las zonas potenciales de recarga hídrica.

Cuadro 2. Calidad del agua en el río Mijitayo, municipio de Pasto, Colombia

Parámetro	Microcuenca del río Mijitayo			Norma para Colombia
	Alta	Media	Baja	
pH	7,17	7,83	7,17	5,6 - 8,5
Color (UCP)	20,0	11,3	276	0 - 15
Turbiedad (UNT)	1,87	10,3	67,3	0 - 5
Alcalinidad (mg/l)	26,4	54,4	111	0 - 100
Nitritos (mg/l)	0,05	0,36	3,81	0 - 0,1
Cloruros (mg/l)	4,00	8,25	27,5	0 - 100
Sulfatos (mg/l)	18,7	78,9	210	0 - 200
Dureza (mg/l)	36,0	33,6	74,8	0 - 160
Hierro (mg/l)	0,22	0,40	0,36	0 - 0,3
<i>Echerichia coli</i> (UFC/100 ml)	140	2320	incontable	0
Coliformes totales (UFC/100 ml)	480	780	incontable	*
Mesófilos (UFC/100 ml)	incontable	incontable	5760	*
Sólidos totales (mg/l)	82	169	382	0 - 500
Sólidos suspendidos (mg/l)	12	27	62	0

\*No están especificadas en la norma para Colombia

La **quebrada Midoro** es uno de los afluentes del río Mijitayo y abastece a la comunidad rural de la microcuenca. La calidad del agua, conforme se desplaza desde la parte alta hacia la parte baja, sufre un proceso de deterioro similar al encontrado en el río Mijitayo, aunque menos severo. Las mejores condiciones de calidad en la quebrada Midoro se deben posiblemente a que la intervención humana es menos intensiva, sin grandes

núcleos de población. Varios de los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados, como el color, la turbiedad, los nitritos, el hierro, los sólidos suspendidos y los indicadores biológicos presentaron niveles superiores a la norma establecida para Colombia (Cuadro 3). En ninguna parte de la quebrada la calidad del agua es apta para consumo humano, sin tratamiento químico.

Aun cuando los niveles de un parámetro estén dentro lo permisi-

ble, es conveniente prestar atención, ya que el incremento del valor influye en el carácter corrosivo y en el sabor del agua (Catalán la Fuente 1994, EPA 2000). Los altos niveles de nitritos encontrados en esta microcuenca se deben, posiblemente, a las descargas residuales domésticas (Buchelli 1992) ya que el nitrógeno orgánico amoniacal, al entrar en contacto con el oxígeno, se convierte en nitratos o nitritos (Castro 1987); otras posibles fuentes de contaminación son las excretas humanas y animales y el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola (Rojas 1999, Castillo 2006).

La contaminación biológica en los tres puntos de muestreo se explica por la existencia de actividades ganaderas y descarga de pozos sépticos en el área rural; en la parte baja se observa un incremento mayor por el efecto acumulado a lo largo del cauce y un mayor grado de intervención humana. Un aspecto preocupante es la reducción de la calidad del agua en un periodo de tan sólo dos años (2003 - 2005). Las Figuras 3 y 4 ilustran el caso de los nitratos y de los sólidos suspendidos, pero las tendencias fueron similares con otros parámetros evaluados en ambos años (Lara et ál. 2003, Madroñero 2006), como color del agua, turbiedad y alcalinidad, lo que evidencia el avance acelerado en la degradación de la calidad del agua en la microcuenca.

La **quebrada Juanambú** presentó la mejor calidad de agua de las tres estudiadas debido a su ubicación en la parte más alta de la microcuenca del río Mijitayo. Sin embargo, al igual que en las otras dos fuentes analizadas, la contaminación tiende a incrementarse conforme se desciende de la parte alta a la baja de la quebrada, debido al grado creciente de intervención, incremento de las actividades productivas y manejo inadecuado de las aguas residuales (Cuadro 4).

Cuadro 3. Calidad del agua en la quebrada Midoro, microcuenca Mijitayo

Parámetro	Quebrada Midoro, Microcuenca Mijitayo			Norma para Colombia
	Alta	Media	Baja	
pH	6,86	7,23	7,74	5,6 - 8,5
Color (UCP)	38	45	120	0 - 15
Turbiedad (UNT)	3,15	3,56	12,7	0 - 5
Alcalinidad (mg/l)	7,8	34,4	51,2	0 - 100
Nitritos (mg/l)	0,07	0,21	0,30	0 - 0,1
Cloruros (mg/l)	3,0	4,0	7,0	0 - 100
Sulfatos (mg/l)	29,5	60,4	75,6	0 - 200
Dureza (mg/l)	30,0	32,8	51,7	0 - 160
Hierro (mg/l)	0,26	0,31	0,47	0 - 0,3
<i>Echerichia coli</i> (UFC/100 ml)	Negativo	360	410	0
Coliformes totales (UFC/100 ml)	420	1200	1820	*
Mesófilos (UFC/100 ml)	230	1000	incontables	*
Sólidos totales (mg/l)	108	149	178	0 - 500
Sólidos suspendidos (mg/l)	15	27	58	0

\*No están especificadas en la norma para Colombia

Llaman la atención los altos niveles de turbiedad del agua, principalmente en la parte media y baja de la quebrada, lo que indica la presencia de gran cantidad de partículas disueltas y en suspensión (Castro 1987, Castillo 2006). Aunque no se conocen los efectos directos sobre la salud, estudios desarrollados por Catalán la Fuente (1994) han demostrado que en el proceso de eliminación de organismos patógenos mediante agentes químicos como el cloro, las partículas de turbiedad reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante.

La contaminación biológica es elevada en toda la quebrada y alcanza valores muy preocupantes en la parte media y baja. La falta de tratamiento a las aguas servidas provenientes de las casas, así como la actividad agropecuaria son los causantes principales de esta contaminación, la cual pone en riesgo la salud de la población, aumenta los costos de tratamiento y desinfección del agua y afecta la calidad de vida de las personas y de los ecosistemas. Los coliformes y bacterias que se encuentran en las deyecciones humanas y de otros animales de sangre caliente constituyen un serio riesgo de afecciones humanas por consumo de agua contaminada (WHO 1996, Ministerio de Medio Salud 1998).

La comparación de resultados de calidad del agua entre los muestreos realizados en el 2003 y en el 2005 evidencia resultados mixtos: disminuyeron los niveles de cloruros pero se incrementaron los sólidos suspendidos (Fig. 5) y sólidos totales. Esto sugiere un aumento en la escorrentía superficial, erosión y arrastre de sedimentos y, por lo tanto, mayor degradación del suelo y la cobertura vegetal.

### Conclusiones

- El río Mijitayo es el principal receptor de las aguas negras de las comunidades estudiadas, donde no se cuenta con un sistema de tra-

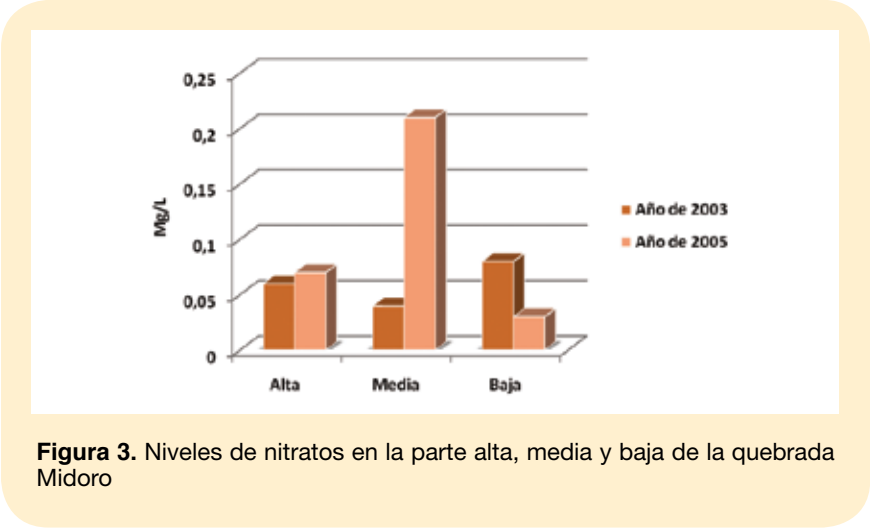


Figura 3. Niveles de nitratos en la parte alta, media y baja de la quebrada Midoro

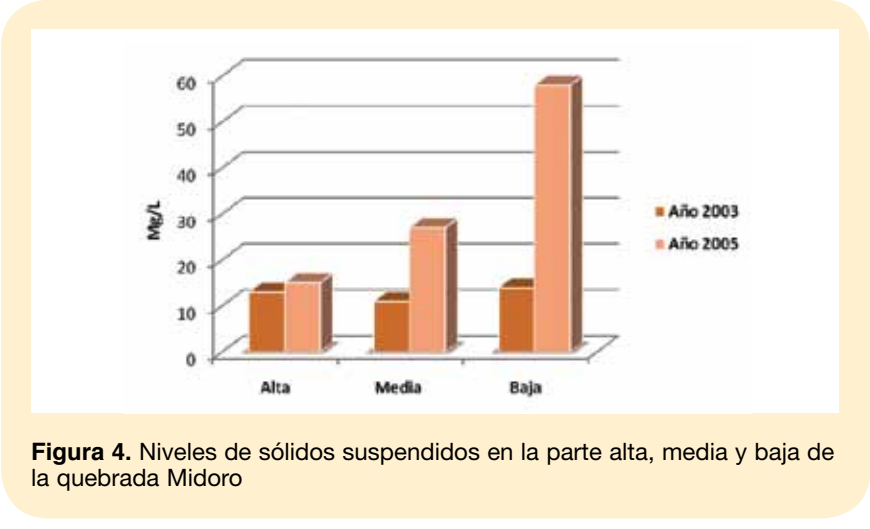
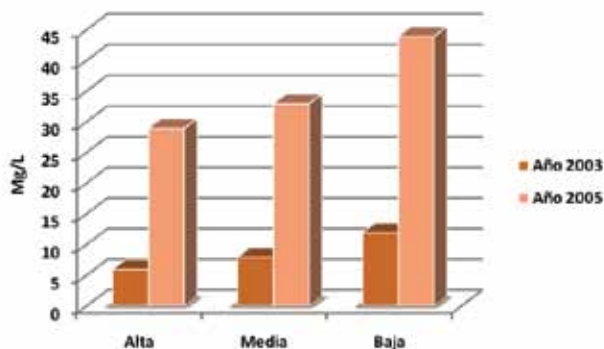


Figura 4. Niveles de sólidos suspendidos en la parte alta, media y baja de la quebrada Midoro

Cuadro 4. Calidad del agua en la quebrada Juanambú, microcuenca Mijitayo

Parámetro	Quebrada Juanambú			Norma para Colombia
	Alta	Media	Baja	
pH	7,09	7,28	7,76	5,6 – 8,5
Color (UCP)	15	4,8	51	0 – 15
Turbiedad (UNT)	2,5	4,9	5,4	0 - 5
Alcalinidad (mg/l)	37,2	38,4	82,8	0 - 100
Nitritos (mg/l)	0,09	0,15	0,21	0 - 0,1
Cloruros (mg/l)	3,5	3,25	4,75	0 - 100
Sulfatos (mg/l)	24,1	47,4	70,9	0 – 200
Dureza (mg/l)	36,0	33,6	74,8	0 – 160
Hierro (mg/l)	0,26	0,28	0,69	0 - 0,3
<i>Echerichia coli</i> (UFC/100 ml)	60	90	256	0
Coliformes totales (UFC/100 ml)	320	5760	6040	*
Mesófilos (UFC/100 ml)	720	3120	7280	*
Sólidos totales (mg/l)	146	161	194	0 – 500
Sólidos suspendidos (mg/l)	29	33	45	0

\*No están especificadas en la norma para Colombia



**Figura 5.** Niveles de sólidos suspendidos en la parte alta, media y baja de la quebrada Juanambú

tamiento y manejo de aguas residuales. El saneamiento básico es también deficiente en San Felipe

debido al sistema de pozos sépticos utilizado para la eliminación de las aguas residuales.

- En la microcuenca Mijitayo las descargas puntuales representan el foco de contaminación más importante debido a las descargas domiciliarias de la población rural y urbana.
- La calidad del agua del río Mijitayo y de las quebradas Midoro y Juanambú se ha deteriorado severamente; la contaminación se incrementa conforme se desciende de las partes altas a las bajas.
- La calidad del agua en la microcuenca muestra una clara tendencia hacia el deterioro acelerado debido principalmente al incremento poblacional y la ausencia de sistemas de saneamiento y control que contribuyan a reducir la contaminación. 🌱

## Literatura citada

- APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association); WEF (Water Environment Federation). 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. Maryland, US, United Book Press. 1368 p.
- Buchelli, L. 1992. Limnología del lago Guamués y sus posibilidades para la acuicultura. Pasto, CO, Universidad de Nariño, Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales. 143 p.
- Castro, M. 1987. Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. Lima, PE, CEPIS. 72 p.
- Castillo, G. 2006. Apuntes de limnología. Pasto, CO, Universidad de Nariño, Programa de Biología. 77 p.
- Catalán la Fuente, J. 1994. Química del agua. 2 ed. Madrid, ES, Talleres Gráficos Alonso. 102 p.
- Cuadra, W. 2004. Análisis de la calidad del recurso hídrico superficial y su relación con el uso actual de la tierra en la cuenca del río Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 150 p.
- EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos). 2000. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. Washington, US. 20 p.
- García, LA; Jiménez, F. 2006. Efectos del bosque ribereño y de las actividades antrópicas en las características físico-químicas y en poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del río Tascalapa, Honduras. Recursos Naturales y Ambiente 48:35-46.
- GWP (Asociación Mundial para el Agua). 2000. Manejo integrado de recursos hídricos. Estocolmo, SE. TAC Background Papers No. 4. 74 p.
- Jouravlev, A. 2004. Los servicios de agua potable en el umbral del siglo XXI. Santiago, CL, CEPAL. 66 p.
- Lara, C; Mora, M; Obando, L; Obando, P; Rosero, D. 2003. Cultura organizativa y participativa en el ordenamiento y manejo de microcuencas en los corregimientos de Genoy, Obonuco y Buesaquillo. San Juan de Pasto, CO, Universidad de Nariño. 38 p.
- Madroño, SM. 2006. Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo, Pasto, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 178 p.
- Martínez, P. 2003. Una aproximación a la transformación ecosistémica y dimensión ambiental del Valle de Atriz, municipio de Pasto. Pasto, CO, Universidad Nacional de Colombia, Alcaldía Municipal de Pasto, Secretaría del Medio Ambiente. 200 p.
- Ministerio de Salud. 1998. Decreto 475: Normas técnicas de agua potable. Bogotá, CO, Ministerio de Protección Social. 18 p.
- Ministerio de Salud. 1984. Decreto 1594: Calidad de agua para uso múltiple. Bogotá, CO, Ministerio de Protección Social. 54 p.
- Ongley, ED. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Roma, IT, FAO. Riego y Drenaje No. 5. 116 p.
- PRODIA (Programa de Desarrollo Institucional Ambiental). 2000. Control de la contaminación industrial. Metodologías para monitoreo del agua y sedimentos en cursos superficiales y suelos afectados por contaminación de origen industrial. Bogotá, CO. 122 p.
- Rojas, O. 1999. Análisis físico-químicos del agua en métodos normalizados. Cali, CO, Universidad del Valle, Programa Nacional de Calidad de Aguas. Mimeografiado. 54 p.
- WHO (World Health Organization). 1996. Guidelines for drinking-water quality. V. 2. Health criteria and other supporting information. 2 ed. Geneve, CH. 60 p.