



CORANTIOQUIA

**ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y RECOMENDACIONES PARA
LA ESTABILIZACIÓN DE CAUCES EN ALGUNAS CUENCAS DE
LA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA.**

INFORME FINAL



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA**

Convenio No. 1506-87 de 2015

DICIEMBRE DEL 2015

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	INTEGRANTES DEL EQUIPO DE TRABAJO	1
3	LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	2
4	DIAGNÓSTICO CANAL DEL RÍO MEDELLÍN, ZONA SUR.....	4
4.1	Sector reserva Alto de San Miguel – descarga quebrada La Salada.....	4
4.2	Sector descarga quebrada La Salada – quebrada La Miel.....	10
4.3	Sector descarga quebrada La Miel – Ancón Sur.....	14
4.3.1	Sector La Miel – Parque Industrial Sur.....	14
4.3.2	Sector Parque Industrial Sur – Ancón Sur.....	20
4.4	RESUMEN SITIOS DE INTERÉS EN LA ZONA SUR.....	25
4.5	RECOMENDACIONES ZONA SUR.....	25
5	DIAGNÓSTICO CANAL DEL RÍO MEDELLÍN, ZONA NORTE	29
5.1	Sector Bello (desembocadura de la quebrada La García) – Copacabana (Puente Machado)	31
5.2	Sector Copacabana – Girardota.....	42
5.3	Sector Girardota – Barbosa.....	46
5.4	Resumen sitios de interés en la zona norte.....	56
5.5	Recomendaciones Zona Norte.....	56
	REFERENCIAS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general río Medellín en el municipio de Caldas.....	2
Figura 2. Perfil longitudinal del río Medellín desde el Alto de San Miguel hasta la variante de Caldas.	3
Figura 3. Canal del río Medellín en el Ancón Sur, Caldas, Antioquia. Se aprecia la gran reducción en el ancho del canal, acentuada por la presencia de las rocas.	3
Figura 4. Localización de sitios de interés en la cuenca alta del río Medellín.	5
Figura 5. Terrazas aluviales, 200 m aguas arriba de la entrada a la reserva Alto de San Miguel (Sitio 1), valle encañonado.	5
Figura 6. Lecho acorazado, 200 m aguas arriba de la entrada a la reserva Alto San Miguel (sitio 2).	5
Figura 7. Terrazas aluviales en el canal ya alterado por extracción de material (Sitio 3).....	6
Figura 8. Talud de altura apreciable erosionado (sitio 4).....	6
Figura 9. Extracción de material aguas arriba de la presa 1.....	7
Figura 10. Presa 1 (sitio 5). Observe los gaviones de la traviesa parcialmente destruidos.....	8
Figura 11. Gaviones deteriorados en la traviesa de la presa 1.....	8
Figura 12. Presa 2 (sitio 6), con pozo de disipación deteriorado por la falla de la traviesa.	8
Figura 13. Presa 3 con su traviesa levemente deteriorada (sitio 7).....	9
Figura 14. Lecho aguas abajo vereda La Clara.....	9
Figura 15. Obras de protección de orillas.....	9
Figura 16. Entrega quebrada La Salada al río (sitio 10).	10
Figura 17. Segundo tramo de análisis entre las quebradas La Salada y La Miel.....	10
Figura 18. División y caída del flujo del río (a); aspecto del canal después de la caída (b)	11
Figura 19. Río Medellín aguas abajo de la vereda La Clara (sitio 11).	11
Figura 20. Lleno en la margen izquierda del canal (sitio 12).....	12
Figura 21. Terrazas aluviales aguas abajo del puente veredal (sitio 13).	12
Figura 22. Aspectos del canal del río Medellín en el sector de parqueadero Sofasa (sitio 14).	12
Figura 23. Descarga de aguas residuales al río Medellín cerca a la quebrada La Chuscala (sitio 15, municipio de Caldas).	13
Figura 24. Vista sobre puente de la calle 134 Sur (sitio 16).	13

Figura 25. Vista sobre el puente calle 130 Sur (sitio 17).	13
Figura 26. Quebrada La Miel, vista desde el puente de la variante de Caldas (sitio 18).	14
Figura 27. Tramo quebrada La Miel – Puente sobre la variante de Caldas (Ancón Sur)	14
Figura 28. Sitios de interés entre quebrada La Miel y el Parque Industrial Sur –PIS-.	15
Figura 29. Confluencia de la quebrada La Miel con el río Medellín (sitio 19).	15
Figura 30. Confluencia de la quebrada La Valeria con el río Medellín (sitio 20).	15
Figura 31. Estrechamiento del canal por muro fallado y barra de sedimentos (sitio 21).	16
Figura 32. Invasión del cauce del río Medellín en el barrio la Inmaculada (sitio 21).	16
Figura 33. Obras de protección artesanal al margen del río Medellín (sitio 21).	17
Figura 34. Cercha utilizada actualmente por los habitantes del sector para cruzar el río Medellín (sitio 21).	17
Figura 35. Descarga de tubería con aguas residuales sobre margen izquierda del río Medellín (sitio 22).	18
Figura 36. Caño con aguas residuales ubicado en el barrio La Inmaculada (sitio 22).	18
Figura 37. Descarga aguas contaminadas cerca a cl. 113 Sur con cra. 50 de Caldas (sitio 23).	18
Figura 38. Edificio de tres pisos con muro socavado (sitio 24).	18
Figura 39. Descarga quebrada La Raya en río Medellín (sitio 25).	19
Figura 40. Vivienda ubicada en una barra del río en el sector La Tablaza (sitio 26).	19
Figura 41. Viviendas en la margen derecha del río Medellín sector La Tablaza (sitio 27).	19
Figura 42. Río Medellín en el sector del Parque Industrial Sur (sitio 28).	20
Figura 43. Sitios de interés entre el Parque Industrial Sur y Ancón Sur.	20
Figura 44. Muro en gaviones (sitio 29).	21
Figura 45. Actividades de extracción de materiales en el sitio 30.	21
Figura 46. Problemáticas asociadas con disposición ilegal de materiales y vertimientos de aguas residuales (sitio 31).	22
Figura 47. Paisaje típico en el tramo intermedio entre los sitios 31 y 32.	22
Figura 48. Localización general sector industrial Sierra Morena, sitio 32.	23
Figura 49. Viviendas aledañas al canal del río, sitio 32.	23
Figura 50. Cauce de la quebrada La Bermejala (sitio 33).	24
Figura 51. Rocas de gran tamaño en el cauce (sitio 34).	24

Figura 52. Estrechamiento conocido como Ancón Sur, río Medellín (sitio 35).	25
Figura 53. Zona de estudio del canal del río Medellín, Bello – Barbosa.	29
Figura 54. Perfil altimétrico del río Medellín, zona Norte Bello – Barbosa.	30
Figura 55. Ubicación de los sitios visitados en el sector Bello - Copacabana.....	31
Figura 56. Barras de grava al final de la placa por la margen izquierda, cerca de la unidad deportiva Tulio Ospina (Bello)	31
Figura 57. Botadero de escombros en margen derecha del río, sector unidad deportiva Tulio Ospina (Bello)	32
Figura 58. Sitio 2, sector Bello-Copacabana, puente Niquía-Machado	32
Figura 59. Puente avenida 32 a) socavación en el estribo izquierdo del puente; b) socavación en margen izquierda aguas abajo del puente; c) descarga de aguas residuales y basuras, margen derecha del puente.	33
Figura 60. Conducción de la planta manantiales y descarga de aguas residuales.....	33
Figura 61. Placas en los alrededores del colector Manantiales; a) margen izquierda, b) isla adosada a la placa de la margen derecha.	34
Figura 62. Río Medellín, sector calle 46 x carrera 78 de Copacabana.....	34
Figura 63. Erosión margen derecha (a); descole sin protección de bancas (b).	35
Figura 64. Sitios críticos río Medellín, Sector Calorcol (Copacabana).	35
Figura 65. Problemas de erosión en el talud de la margen derecha (a). Observe la grieta en la corona del talud erosionado (b)	36
Figura 66. Puntos críticos margen derecha sector Calorcol – Copacabana; a) botadero de escombros y basuras, b) perforación para extracción de arenas.	36
Figura 67. Descarga de aguas industriales al río en las inmediaciones de la Empresa Gran Pisos. A la izquierda se ve la obra de paso de la vía donde las aguas aún no están contaminadas.	37
Figura 68. Río Medellín zona norte Liceo San Luis Gonzaga, Copacabana (Sitio 6).	37
Figura 69. Descarga de aguas residuales ubicada en la margen derecha, a) a un costado del liceo; b) 225 m aguas arriba del liceo.	38
Figura 70. Problemas de socavación en margen izquierda, cerca al puente de la carrera 48 de Copacabana.....	38
Figura 71. Proceso de socavación en margen izquierda del río Medellín, sector puente carrera 48, Copacabana. Se aprecia una estructura de descarga de aguas residuales con aletas y piso en el aire. A la izquierda se observa una mira limnimétrica.	39

Figura 72. Árbol inclinado en margen derecha del canal, con raíces descubiertas por el proceso de socavación.....	39
Figura 73. Río Medellín 500 m aguas abajo del puente carrera 48 Copacabana.....	40
Figura 74. Jarillón artesanal en el barrio de invasión aguas abajo del puente de la carrera 48 – Copacabana. A la derecha, botadero de retales de materiales de construcción.	40
Figura 75. Río Medellín 215 m aguas abajo del puente de acceso a San Juan de la Tasajera.....	41
Figura 76. Canal de la quebrada La Tolda a la izquierda y pozo de socavación en la descarga al río Medellín a la derecha.	41
Figura 77. Cascada de escalones aguas abajo del puente de acceso a San Juan de la Tasajera	42
Figura 78. Obras de protección marginal aguas arriba y aguas abajo del puente de Metromezclas.....	42
Figura 79. (a) Sitio durante las intervenciones (2013) y el estado actual (2015).....	43
Figura 80. Muro de contención aguas abajo del puente del antiguo Metromezclas.	44
Figura 81. Localización sitio Ancón Norte.....	44
Figura 82. Canal del río Medellín en el Ancon Norte – Girardota.	45
Figura 83. Perfil hidráulico del río Medellín en inmediaciones del Ancón Norte.	45
Figura 84. a) Vista aguas arriba del puente que comunica Girardota con la vía que lleva hacia Barbosa; b) Puente vehicular sobre la vía sin signos de socavación.....	46
Figura 85. Vista aguas abajo del puente vehicular sobre el río Medellín en las afueras del municipio de Girardota.	47
Figura 86. Localización obra de protección en margen izquierda, Parque de las Aguas.	47
Figura 87. (a) Obra de protección de orilla en margen izquierda y (b) Geocolchon recubierto en cierta medida con vegetación.....	48
Figura 88. Confluencia entre el canal de descarga de la Central Hidroeléctrica La Tasajera y el Río Medellín.	48
Figura 89. Puentes sobre el cauce del río cerca de la estación del ferrocarril en el corregimiento El Hatillo; a) puente antiguo (concreto) y puente nuevo en acero; b) aliviadero previsto en el puente antiguo.	49
Figura 90. Explotación de arenas junto a la vía que conduce de Hatillo a Barbosa, a unos 2 km del último.	50
Figura 91. Protección marginal sobre la margen derecha del río.....	50
Figura 92. Protección marginal sobre la margen derecha del río.....	51
Figura 93. Flujo direccionado hacia la margen derecha, antigua estación Férrea Barbosa.....	51

Figura 94. Puente metálico a la altura de la Estación Férrea Barbosa, (a) Estribos socavados y contracción del flujo, (b) Remolinos y corrientes aguas abajo del paso por el puente metálico.....	52
Figura 95. Recuperación de la margen derecha a la altura de la Estación Férrea Barbosa.	52
Figura 96. A) Vista aguas arriba de la quebrada Aguas Claras en el cruce con la vía que conduce a Cisneros; b) vista aguas abajo del mismo sitio.....	53
Figura 97. Cuenca de la quebrada Agua Fría. Fuente: Geoportal IGAC.....	53
Figura 98. Quebrada La Iracara. a) configuración del lecho y barra central, b) tamaño competente	54
Figura 99. Obra de cruce compuesta: 1.0 Box culvert y 2.0 Pontón	54
Figura 100. Socavación en el estribo de la margen derecha	54
Figura 101. Vista de la obra de cruce en la doble calzada Barbosa- Pradera.....	55
Figura 102. Quebrada Iracara. a) descarga de la quebrada Iracara en el río Medellín, b) dragados mecánicos en el río Medellín.	55

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CANAL DEL RÍO MEDELLÍN, ZONA SUR Y ZONA NORTE.

INFORME FINAL

1 INTRODUCCIÓN

Como parte del convenio interadministrativo No. 1506-87, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA y la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, la Universidad ha venido realizando visitas técnicas para evaluar el estado actual del canal del río Medellín en los municipios de jurisdicción de la Corporación en la zona sur de la cuenca del río Medellín.

El objeto de la evaluación es elaborar un diagnóstico de los problemas fluviales y procesos adversos que alteren las condiciones de estabilidad del canal, especialmente las acciones que pongan en riesgo las comunidades asentadas en la cuenca. En esa dirección, se han programado visitas técnicas para identificar puntos críticos y proponer, de ser necesarias, obras que contribuyan a la estabilidad del cauce del río, así como la seguridad de las comunidades e infraestructura asentada en la zona ribereña.

El presente informe contiene la diagnosis del primer tramo del río en la parte alta de la cuenca, desde la vereda La Clara hasta la variante de Caldas.

2 INTEGRANTES DEL EQUIPO DE TRABAJO

Coordinadora: Lilian Posada García

Ingeniero Asesor, Especialista Hidráulico: Javier Valencia Gallego

Ingenieros Auxiliares, candidatos al título de Magister en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos: María Ligia Blanco, Juan Esteban Giraldo, Daniel Ríos, Gabriel Rosado

Auxiliar de ingeniería candidato al título de Ingeniero Ambiental: James Steven Largo, Christian Pérez, Natalia Ruiz

Auxiliar de campo: Raúl Hernando Posada.

3 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio comprende la parte alta de la cuenca del río Medellín, en el municipio de Caldas, incluyendo un tramo de la reserva del Alto de San Miguel, lugar en el que nace el río Medellín hasta la variante de Caldas. La Figura 1 muestra la localización del canal en el municipio de Caldas, cuenca alta del río Medellín; el perfil longitudinal del río en el mismo tramo se muestra en la Figura 2.

La cuenca alta del río tiene un área de 121 km² y el canal tiene una longitud de 21 km desde su nacimiento en el Alto de San Miguel hasta la Variante de Caldas.

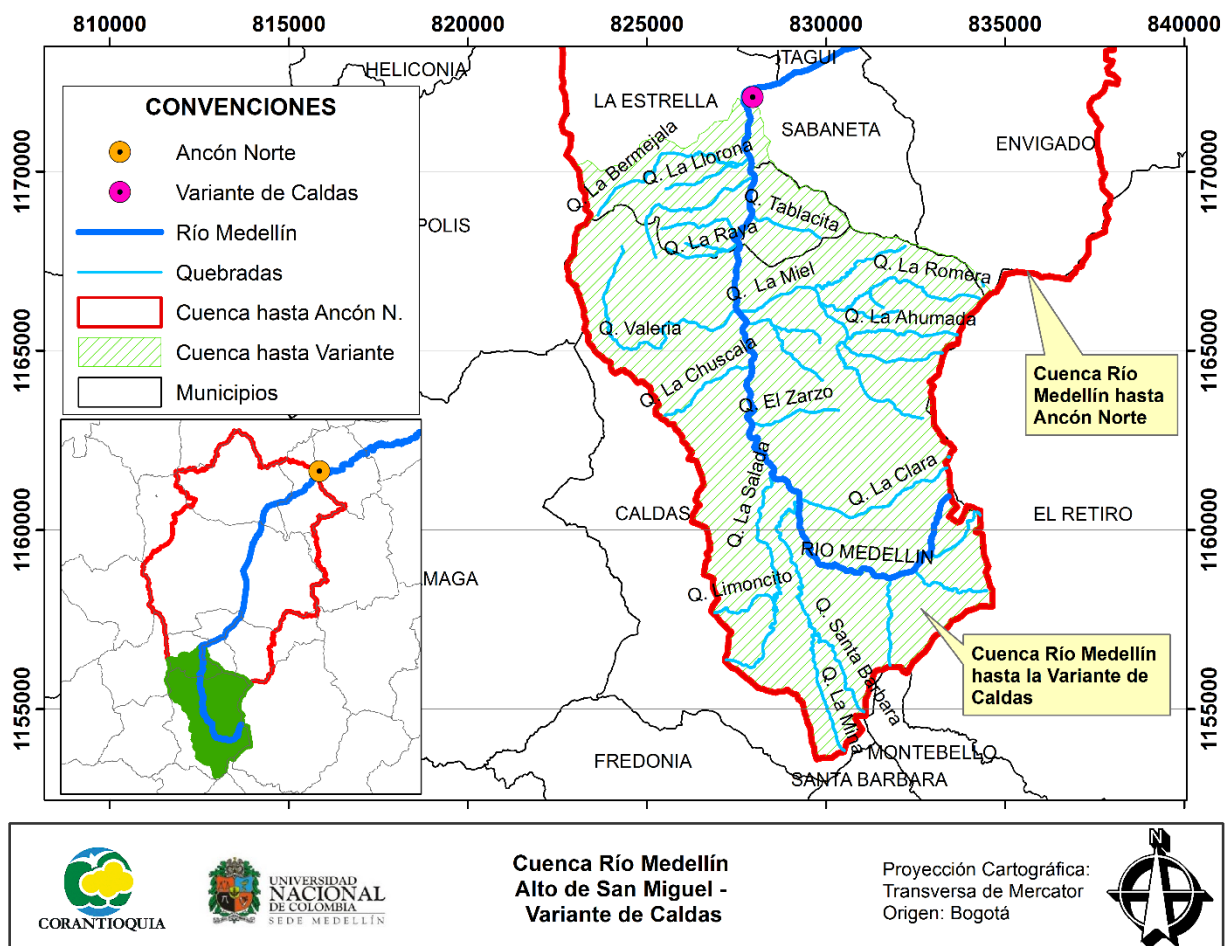


Figura 1. Localización general río Medellín en el municipio de Caldas.

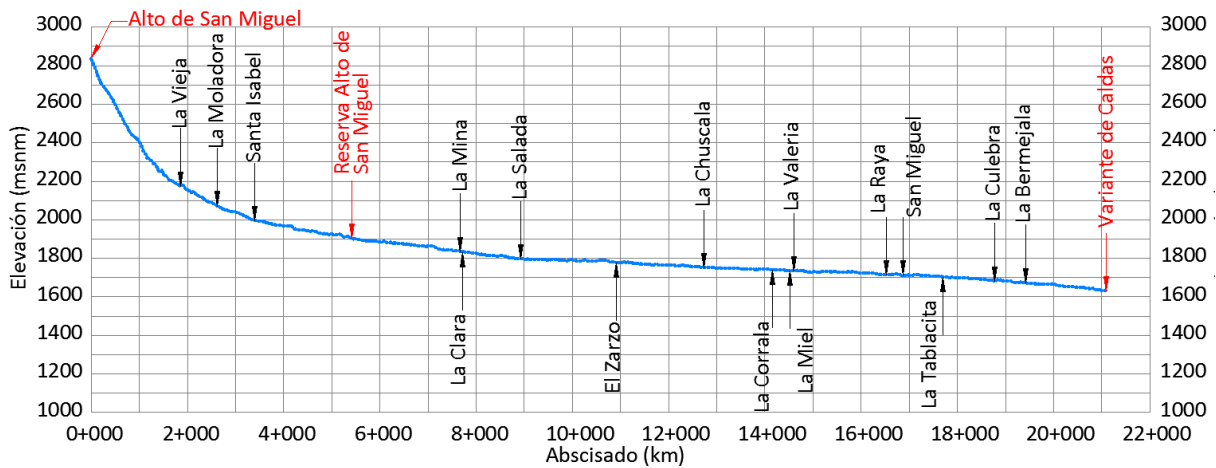


Figura 2. Perfil longitudinal del río Medellín desde el Alto de San Miguel hasta la variante de Caldas.

El canal tiene un alineamiento ligeramente sinuoso en la parte baja dentro de la reserva y aguas abajo adquiere un aspecto trenzado para luego volverse ligeramente sinuoso y todo el sector está controlado hidráulicamente por el Ancón Sur que es un estrechamiento natural del canal debido a la disposición de las rocas. En este punto el ancho de la garganta es de 8 m, pero el ancho efectivo para el flujo es aún menor debido a la ubicación de una roca de grandes proporciones (más de cuatro metros de diámetro) que se ubica en toda la garganta, obturando el flujo (Figura 3).



Figura 3. Canal del río Medellín en el Ancón Sur, Caldas, Antioquia. Se aprecia la gran reducción en el ancho del canal, acentuada por la presencia de las rocas.

4 DIAGNÓSTICO CANAL DEL RÍO MEDELLÍN, ZONA SUR

Para elaborar el diagnóstico del estado actual del canal del río Medellín, en los municipios de jurisdicción de la Corporación en la parte en la parte alta de la cuenca, se identificaron tres sectores:

1. Sector reserva Alto de San Miguel – descarga quebrada La Salada
2. Sector descarga quebrada La Salada – descarga quebrada La Miel
3. Sector descarga quebrada La Miel – Ancón Sur.

4.1 Sector reserva Alto de San Miguel – descarga quebrada La Salada.

El 22 de septiembre de 2015 se realizó la primera visita de reconocimiento a la parte alta de la cuenca del río Medellín en el municipio de Caldas. El grupo de trabajo de la Universidad estuvo acompañado por David Echeverry Posada, funcionario de CORANTIOQUIA, con quien se observaron los rasgos del paisaje fluvial que caracterizan la zona, especialmente los indicadores del grado de estabilidad del canal. La reserva del Alto San Miguel empieza en el sitio conocido como cañada Honda (Figura 4); 200 m aguas arriba de este lugar se inició un recorrido de 4100 m siguiendo el canal del río Medellín para analizar los problemas de inestabilidad que pudieran estar activos y que se consideren una amenaza contra la población y la infraestructura asentada en la zona. Esta primera visita terminó en la vereda La Clara.

La cañada Honda parece estar separando el tramo ligeramente sinuoso (sitio 1 y sitio 2), aguas arriba de la entrega de la cañada, del tramo de aspecto trezado que se extiende hasta la zona poblada (sitio 3 a sitio 7). 600 m aguas arriba de la población se encuentra un grupo de tres presas para controlar el gradiente del cauce y, a la vez, controlar el arrastre de material.

El sitio 1 se encuentra ubicado 200 m aguas arriba de la cañada Honda y muestra un cauce ligeramente sinuoso con tres niveles de terrazas aluviales (Figura 5a) de no más de un metro de altura, sin intervenciones antrópicas y una estabilidad alta, con un lecho de gravas acorazado (Figura 6), con cantos superpuestos, de tamaño aproximado 60 cm, al parecer de tipo coluvial ya que se aprecian también en la planicie de inundación. La planicie es de ancho reducido (unos 30 a 50 m) y el cauce apenas alcanza unos 4 m de

ancho (Figura 5b). Los procesos observados en este punto no generan ningún riesgo para la estabilidad de la zona; el mismo paisaje continúa hasta el sitio 2.



Figura 4. Localización de sitios de interés en la cuenca alta del río Medellín.



Figura 5. Terrazas aluviales, 200 m aguas arriba de la entrada a la reserva Alto de San Miguel (Sitio 1), valle encañonado.



Figura 6. Lecho acorazado, 200 m aguas arriba de la entrada a la reserva Alto San Miguel (sitio 2).

En el sitio 3 se aprecian los mismo niveles de terraza pero de una mayor altura (entre 2 y 3 m), indicando que el proceso de incisión es más pronunciado (Figura 7) y está siendo acelerado por la explotación antrópica del material del lecho (observe los canales artificiales en la Figura 7), resultantes del proceso de extracción del material); estas terrazas están compuestas por rocas de mediano tamaño con diámetros entre 10 y 20 cm.



Figura 7. Terrazas aluviales en el canal ya alterado por extracción de material (Sitio 3).

La Figura 8 muestra el nivel de la terraza sobre la margen derecha del río en la parte externa de una curva y su talud casi vertical (más de 3 m desde el lecho del canal). Con las fluctuaciones de nivel del lecho se puede aumentar el grado de inestabilidad del talud que tiene una pendiente anormal para el tipo de material que lo compone. Es necesario tanto la protección del talud como el cese de las actividades incontroladas de explotación del material.



Figura 8. Talud de altura apreciable erosionado (sitio 4).

El proceso de degradación del lecho, al parecer, viene de tiempo atrás cuando las actividades de explotación de material lograban avanzar con volquetas hasta aguas arriba de la vereda La Clara modificando los sitios de recreación de la comunidad (pozos, charcos, etc.) y creando taludes inestables. Las tres presas que se encuentran en el tramo siguiente (600 m aguas arriba de la población) fueron construidas con el fin de estabilizar la pendiente del lecho y evitar el avanzado deterioro del cauce dada la explotación de materiales y el ingreso de volquetas al cauce. La Figura 10 muestra la primera presa. Actualmente la explotación se desarrolla intensivamente a menor escala, lo que ha contribuido a la estabilización del cauce. Sin embargo, el material depositado detrás de las presas puede y debe ser removido técnicamente para mantener la capacidad de almacenamiento y garantizar la pendiente – más suave – del lecho.



Figura 9. Extracción de material aguas arriba de la presa 1.

En general, las tres presas tienen un diseño similar (Figura 10): un dique aguas arriba (a), un contradique (b) separado 15 m del dique y una traviesa (c) a unos dos metros para forzar la permanencia de un pozo de disipación en la pata del contradique; los materiales de construcción son gaviones forrados con mortero de concreto para los diques y contradiques y gaviones expuestos para las traviesas.

En la presa 1 (sitio 5) el dique está en buenas condiciones, su pozo de disipación colmatado de cantos rodados, el contradique (b) se encuentra socavado pues la traviesa (c) ya está fallada (Figura 11, los gaviones se encuentran deteriorados) y requiere mantenimiento.

280 m aguas abajo de la presa 1 (sitio 5) se encuentra la presa 2 (sitio 6), la cual presenta condiciones similares, aunque la traviesa parece estar en mejores condiciones que la anterior; sin embargo, es evidente que requiere mantenimiento (Figura 12).



Figura 10. Presa 1 (sitio 5). Observe los gaviones de la traviesa parcialmente destruidos.



Figura 11. Gaviones deteriorados en la traviesa de la presa 1.



Figura 12. Presa 2 (sitio 6), con pozo de disipación deteriorado por la falla de la traviesa.

La presa 3 (sitio 7), ubicada a 200 metros aguas arriba de la vereda La Clara y separada de la anterior 262 m, presenta condiciones aceptables; su traviesa está iniciando el deterioro ya que presenta fuga de los materiales que la componen (Figura 13).

A nivel general se recomiendan labores de mantenimiento para todos los vertederos o contradiques de las tres presas pues las traviesas se encuentran deterioradas. La altura del contradique (o caída de la lámina de agua) influye mucho en el deterioro de la estructura de disipación (traviesa). Dependiendo de dicha caída deberá diseñarse una protección apropiada con materiales adecuados. El ancho del flujo al pasar por las estructuras de control oscila entre 19 y 24 m. Después de abandonar la última estructura el ancho se reduce apreciablemente a unos ocho metros.



Figura 13. Presa 3 con su traviesa levemente deteriorada (sitio 7).

Aguas abajo de la vereda La Clara, el lecho exhibe material más grueso (Figura 14) en un ancho más reducido (unos seis metros) y los taludes muestran buena protección vegetal, indicando una mayor estabilidad. 800 m aguas abajo se observan obras artesanales de protección de orillas (Figura 15), tal vez conformadas antes de la construcción de las tres presas de control.



Figura 14. Lecho aguas abajo vereda La Clara.



Figura 15. Obras de protección de orillas.

4.2 Sector descarga quebrada La Salada – quebrada La Miel.

50 metros aguas abajo del puente de acceso a la vereda La Clara está localizada la entrega de la quebrada La Salada sobre la margen izquierda del río Medellín (sitio 10). La descarga presenta dos caídas sucesivas de unos 1.5 m, indicando el alto gradiente de la quebrada. Al momento de la visita, la turbidez de las aguas de la quebrada era mayor que la del río, probablemente taludes inestables en su cuenca (Figura 16). En la entrega, no se observaron procesos de socavación del lecho debidos a las caídas, pero si se encontraron escombros de origen antrópico.



Figura 16. Entrega quebrada La Salada al río (sitio 10).

La Figura 17 muestra el tramo recorrido en la segunda visita, entre las quebradas La Salada y La Miel.



Figura 17. Segundo tramo de análisis entre las quebradas La Salada y La Miel.

La presencia de rocas grandes en el lecho es notoria después que el río abandona la zona de presas (donde el material es ligeramente mayor que las gravas). Este segundo tramo (sitio 10 a sitio 18) tiene un alineamiento recto, con un ancho aproximado de unos siete metros y una pendiente menor del 2%.

Debajo del puente que da acceso a la vereda La Clara el flujo se divide para bordear una roca de gran tamaño y la abandona formando una caída de más de tres metros. El flujo reunido después de la caída ocupa un ancho de unos cuatro metros y el canal está rodeado de vegetación (Figura 18). A pesar de la caída, no se observa un pozo de socavación que amenace la fundación del puente ya que ésta se presenta en un sector controlado por roca.



Figura 18. División y caída del flujo del río (a); aspecto del canal después de la caída (b)

Unos 450 m aguas abajo del caserío La Clara se observa, por la margen izquierda, una llanura de inundación más definida y más amplia, con vegetación predominante baja, mientras que en la margen derecha existe una pequeña planicie seguida de un talud con árboles que alcanzan más de cinco metros de altura (sitio 11). Las únicas obras registradas son unos muros en llantas usados como protección marginal (recuadro en Figura 19).



Figura 19. Río Medellín aguas abajo de la vereda La Clara (sitio 11).

En la Figura 20 se observa la ejecución de un lleno de tierras sobre la margen izquierda del río Medellín (sitio 12), realizado con maquinaria, probablemente para uso comercial. Esta obra, ubicada 480 metros aguas abajo del sitio anterior, ocasionó la invasión del cauce (80%) y se aprecia otra máquina removiendo el material que ingresó al canal. Al momento de la visita, las aguas aún estaban bastante turbias por el sedimento fino proveniente del talud. Se recomienda un control sobre las actividades de lleno y conformación de dicho depósito, así como verificar los retiros al río.



Figura 20. Lleno en la margen izquierda del canal (sitio 12).

El sitio 13 y 14 están separados un kilómetro entre ellos y distan un kilómetro de sitio anterior. En este tramo de 3.0 km se encuentra un puente veredal en concreto que cruza el río desde donde se tomó la foto mostrada en la Figura 21; también se encuentra la vía a Caldas margen izquierda (Figura 22) y un parqueadero Industrial de Sofasa margen derecha (Figura 22). En general el sector se encuentra más o menos estable, la planicie cubierta por vegetación rastrera y el canal con un ancho aproximadamente constante de cinco metros.



Figura 21. Terrazas aluviales aguas abajo del puente veredal (sitio 13).



Figura 22. Aspectos del canal del río Medellín en el sector de parqueadero Sofasa (sitio 14).

900 metros aguas abajo del sitio 14 (puente sobre la vía hacia el Alto de Minas) se encuentra localizada una descarga de aguas contaminadas (sitio 15) provenientes del área urbana de Caldas (Figura 23); aguas arriba de ésta descarga existe una planicie de inundación extensa que actualmente se encuentra libre de invasiones antrópicas.



Figura 23. Descarga de aguas residuales al río Medellín cerca a la quebrada La Chuscala (sitio 15, municipio de Caldas).

700 metros aguas abajo del sitio anterior se observa el río Medellín sobre el puente de la calle 134 Sur (sitio 16); en este sector el río presenta un alineamiento levemente sinuoso con una pendiente estimada menor al 1% y un ancho de seis metros, su planicie de inundación (Figura 24) tiene un ancho reducido (menor a seis metros). Unos 380 metros aguas abajo, en el sitio 17, se observa un paisaje con características similares a las anteriormente descritas; sin embargo, la margen izquierda tiene una pendiente elevada y en su cima se asientan algunas viviendas, aunque no hay signos evidentes de inestabilidad de dicho talud (Figura 25).



Figura 24. Vista sobre puente de la calle 134 Sur (sitio 16).



Figura 25. Vista sobre el puente calle 130 Sur (sitio 17).

El sitio 18 (Figura 26) corresponde a la quebrada La Miel vista desde la nueva vía a Caldas, donde se observa la extracción de material de la quebrada (cantos rodados) con diámetros inferiores a 10 cm.



Figura 26. Quebrada La Miel, vista desde el puente de la variante de Caldas (sitio 18).

4.3 Sector descarga quebrada La Miel – Ancón Sur.

El último tramo recorrido en la zona sur del Valle de Aburrá comprende la descarga de la quebrada La Miel y el Ancón Sur. En este tramo se analizan dos sectores: el primero hasta el Parque Industrial Sur (PIS), localizado en el municipio de la Estrella, barrio La Tablaza y el segundo, desde el PIS hasta el Ancón Sur.



Figura 27. Tramo quebrada La Miel – Puente sobre la variante de Caldas (Ancón Sur).

4.3.1 Sector La Miel – Parque Industrial Sur

En la Figura 28 se localizan los sitios identificados en el primer sector (hasta el Parque Industrial Sur, PIS). Se observa el río Medellín con un alineamiento levemente sinuoso y un flujo predominante en dirección norte, atravesando los municipios de Caldas y La Estrella.



Figura 28. Sitios de interés entre quebrada La Miel y el Parque Industrial Sur –PIS-.

El sitio 19 (29) corresponde a la descarga de la quebrada La Miel al río Medellín ubicada muy cerca de la carrera 49 con calle 125 sur. Allí la quebrada entrega con un ancho de tres metros aproximadamente y una pendiente suave (menor al 1%); los tamaños depositados en el lecho varían de 5 a 30 30 centímetros. El río Medellín tiene ocho metros de ancho aproximadamente y una pendiente similar a la de la quebrada y su cauce está rodeado de abundante vegetación.

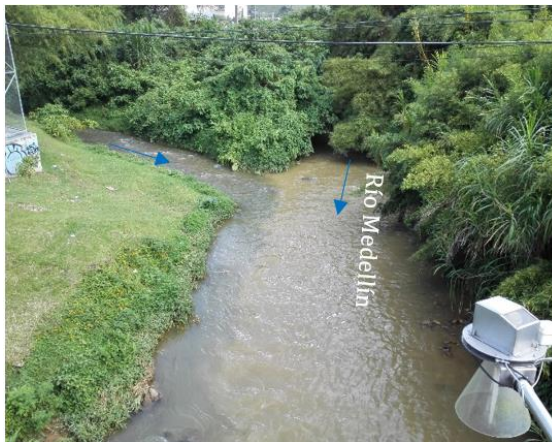


Figura 29. Confluencia de la quebrada La Miel con el río Medellín (sitio 19).



Figura 30. Confluencia de la quebrada La Valeria con el río Medellín (sitio 20).

En este sitio se encuentra ubicada la estación de medición de niveles de la red SIATA identificada con el código 106; nótese también la diferencia en el color de las aguas, más claras (color amarillo) las del río por su mayor contenido de sedimentos finos de origen mineral y además, observe la longitud de mezcla (unos 40 m) de las dos aguas en el sitio de la confluencia. El sitio 20 (Figura 30), ubicado 100 m aguas abajo de la quebrada La Miel, corresponde a la descarga de la quebrada La Valeria, la cual tiene un ancho de

aproximadamente dos metros y entrega de manera perpendicular al río. Los sedimentos de La Valeria parecen tener la misma composición mineral del río, aunque altamente cargada de materia orgánica.

El sitio 21 corresponde al sector del barrio La Inmaculada en el cual se observaron distintas problemáticas, básicamente originadas por la invasión del cauce del río Medellín, esto se evidencia claramente en la Figura 31 y Figura 32, donde además, se aprecia un muro fallado que obstruye el flujo sobre la margen izquierda y una barra de sedimentos sobre la margen derecha, lo cual genera una visible perturbación de la corriente que puede estar generando un pozo de socavación que afecta la fundación de la casa adyacente y compromete su estabilidad; este muro fallado, interrumpe la entrega de las aguas provenientes de un box culvert, sobre el cual se encuentra construida una vivienda.



Figura 31. Estrechamiento del canal por muro fallado y barra de sedimentos (sitio 21).



Figura 32. Invasión del cauce del río Medellín en el barrio la Inmaculada (sitio 21).

La Figura 33 permite observar las viviendas del barrio La Inmaculada en condiciones bastante precarias, no solo por los materiales de construcción (madera, plástico, latas), sino por la forma misma de la estructura y su ubicación sin respetar los retiros reglamentarios; en ocasiones, construidas dentro del cauce, apoyadas en bolsas rellenas de material desconocido, o en otros casos, con alguna protección artesanal contra el desbordamiento del flujo (Figura 33). En el mismo sector existe una estructura tipo cercha (Figura 34) para el cruce de una tubería sobre el río, la cual actualmente está siendo utilizada por cruzar el canal; esta estructura probablemente no fue diseñada para este tipo de uso y no cuenta con ninguna medida de seguridad.

En conclusión, la problemática del sector muestra la falta de control de las autoridades para impedir la ocupación de las zonas de retiro. También se aprecia el vertimiento de

aguas residuales (sitios 22, 23, separados aproximadamente 650 m) pues estas viviendas no tienen alcantarillado sanitario.



Figura 33. Obras de protección artesanal al margen del río Medellín (sitio 21).



Figura 34. Cercha utilizada actualmente por los habitantes del sector para cruzar el río Medellín (sitio 21).

En la Figura 35 (sitio 22) se muestra una descarga considerable de aguas residuales desde una tubería de un diámetro de 24"; la Figura 36 muestra un pequeño caño colector de aguas residuales en el barrio La Inmaculada, donde se aprecian también las tuberías que vierten directamente desde las viviendas. Por otra parte, en la Figura 37 se aprecia una corriente de agua proveniente del municipio de Caldas que llega en un aparente alto estado de contaminación (por su color y olor) al río. Esta situación es frecuentemente observada durante los recorridos, lo cual requiere mayor atención y control por parte de las autoridades. A unos 50 m aguas abajo del sitio 23, se observa un edificio de 3 pisos (sitio 24, Figura 38), cuya base se encuentra dentro del río sobre la margen izquierda. Este muro se observa deteriorado y con señales de socavación, por lo que se hace necesario revisar el estado del mismo. Esta situación se observa en los alrededores donde las viviendas tienen terrazas o patios sobre el cauce del río, lo que genera un riesgo por

inundación o socavación de los cimientos debido a los materiales utilizados y procesos de construcción inapropiados.



Figura 35. Descarga de tubería con aguas residuales sobre margen izquierda del río Medellín (sitio 22).



Figura 36. Caño con aguas residuales ubicado en el barrio La Inmaculada (sitio 22).



Figura 37. Descarga aguas contaminadas cerca a cl. 113 Sur con cra. 50 de Caldas (sitio 23).



Figura 38. Edificio de tres pisos con muro socavado (sitio 24).

El sitio 25 corresponde a la descarga de la quebrada La Raya (Figura 39) cercana a la vía a La Tablaza en el municipio de la Estrella. El flujo de la quebrada llega al río con un ángulo cercano a 90°. En este sitio el material de fondo que predomina en el lecho se compone básicamente de gravas gruesas a finas, con diámetro promedio de siete centímetros. La descarga se encuentra rodeada de abundante vegetación por lo que fue difícil apreciar el punto exacto donde confluyen las corrientes.

El sitio 26 (Figura 40) está ubicado en el corregimiento La Tablaza, municipio de La Estrella, 750 m aguas abajo de la descarga de la quebrada La Raya; allí se observa una vivienda rudimentaria construida en madera sobre una barra del río, por lo que se

encuentra en alto riesgo ya que el nivel medio del agua se encuentra muy cerca a la cota de piso y durante un evento hidrológico de incluso una recurrencia frecuente el río podría desbordar y arrastrar la estructura.



Figura 39. Descarga quebrada La Raya en río Medellín (sitio 25).

Los habitantes le han construido una pequeña obra de protección la cual es totalmente inapropiada por los tamaños de los materiales y su método de construcción; teniendo en cuenta esta situación, la recomendación es evacuar inmediatamente las personas que habitan ese lugar.

El sitio 27 (Figura 41), ubicado sobre la margen derecha del río a unos 130 m aguas abajo del sitio 26, muestra una serie de viviendas cuyos solares se extendieron hasta el canal del río, utilizando como apoyo, llantas y muros en bolsarenas. En este sitio existe la posibilidad que los sacos se rompan y la fundación colapse. Finalmente en la misma Figura 41 se pueden observar tuberías de aguas residuales que salen de las viviendas directamente al río.



Figura 40. Vivienda ubicada en una barra del río en el sector La Tablaza (sitio 26)



Figura 41. Viviendas en la margen derecha del río Medellín sector La Tablaza (sitio 27).

El sitio 28 se encuentra localizado 130 m aguas abajo del sitio 27, sobre el puente de la calle 100 Sur junto al Parque Industrial Sur (PIS) en el municipio de La Estrella; allí el río tiene un ancho aproximado de 12 m y una pendiente menor al 2%, en su margen derecha se aprecia abundante vegetación mientras que en la otra se observa una pequeña planicie con pastos bajos (Figura 42). Frente al PIS se aprecia un cambio en la pendiente del lecho, pero no se tuvo acceso al sitio para definir los materiales que conforman el salto.



Figura 42. Río Medellín en el sector del Parque Industrial Sur (sitio 28).

4.3.2 Sector Parque Industrial Sur – Ancón Sur

En la Figura 43 se muestran los sitios representativos desde el Parque Industrial Sur (PIS) hasta el Ancón Sur. Al igual que el tramo anterior, en este tramo el río mantiene un alineamiento levemente sinuoso y el flujo con dirección predominante hacia el norte cruzando el municipio de La Estrella.

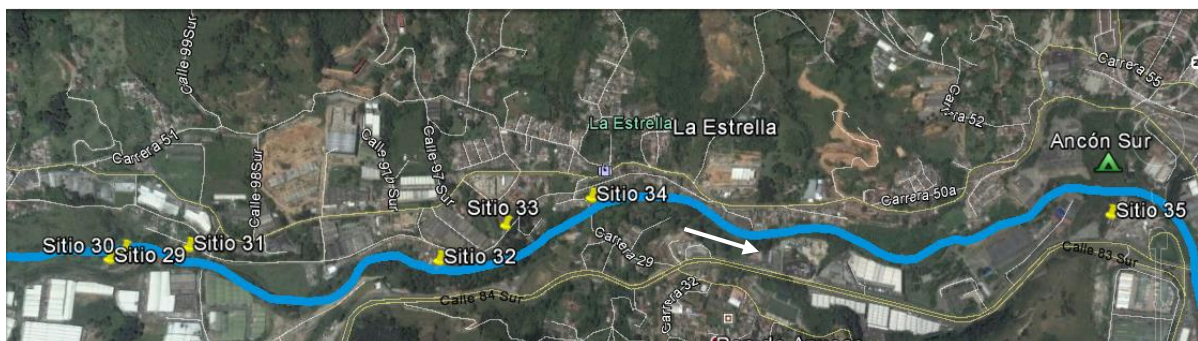


Figura 43. Sitios de interés entre el Parque Industrial Sur y Ancón Sur.

En el sitio 29, ubicado 600 m aguas abajo del PIS, sobre la margen derecha del río Medellín, en inmediaciones de la bodega San Bartolomé, existe un muro de unos 3.0 m de altura,

construido en gaviones recubiertos con concreto pobre; la margen opuesta, de un nivel más bajo queda expuesta a desbordamiento. La obra, aunque recientemente terminada, ya muestra fallas de estabilidad (Figura 44) por lo que puede estar en riesgo. Se recomienda a la entidad competente exigir al constructor y al diseñador las soluciones respectivas, o la demolición antes de que colapse la estructura y cause mayores afectaciones al río (taponamiento) y a las comunidades vecinas.



Figura 44. Muro en gaviones (sitio 29).

En este mismo sitio actualmente se extraen materiales del lecho del río y son acopiados en la llanura de la margen izquierda, para ser transportados en volquetas (Figura 44). Se recomienda verificar el permiso de explotación de materiales.

En la Figura 45, sitio 30, el flujo se divide dejando material en la barra que es objeto de explotación. Se recomienda una vigilancia a las tasas y actividades de explotación ya que este tipo de actividad descontrolada puede dar inicio a procesos que desestabilicen el lecho y por consiguiente acelerar la erosión y/o socavación afectando la nueva obra construida en la margen derecha.



Figura 45. Actividades de extracción de materiales en el sitio 30.

Continuando hacia aguas abajo unos 230 m se ubica el sitio 31, allí se observaron las mismas problemáticas ya expuestas en sitios anteriores, tales como disposición de todo tipo de materiales en las orillas del río y vertimientos de aguas residuales e industriales (Figura 46).



Figura 46. Problemáticas asociadas con disposición ilegal de materiales y vertimientos de aguas residuales (sitio 31).

Desde este sitio y hasta aproximadamente 420 m aguas abajo (sitio 32) el río se encuentra estable, encañonado, con abundante vegetación (Figura 47), con taludes de pendiente fuerte a ambos lados.



Figura 47. Paisaje típico en el tramo intermedio entre los sitios 31 y 32.

En la margen derecha de la antigua vía del tren actual carrera 49 d del municipio de La Estrella se encuentra el barrio Sierra Morena (Figura 48) donde algunas viviendas se encuentran junto al río; el canal se estrecha debido a un afloramiento rocoso en la margen derecha y el lecho presenta una mayor pendiente. La presencia de grandes rocas (0.5 – 1.5 m) permite disipar la energía adquirida por el incremento en la pendiente y la reducción

del ancho del canal. Los habitantes del sector manifiestan problemas asociados al desbordamiento del río, para lo cual la única solución es controlar el asentamiento junto al río y respetar los retiros y en los casos donde el río ha deteriorado las viviendas (Figura 49) se debe realizar una reubicación lo más pronto posible.



Figura 48. Localización general sector industrial Sierra Morena, sitio 32.



Figura 49. Viviendas aledañas al canal del río, sitio 32.

Unos 250 m aguas abajo sobre la antigua vía del ferrocarril se encuentra un puente que cruza la quebrada La Bermejala (sitio 33). Desde este sitio se observa hacia aguas arriba de la corriente un canal con alta pendiente (canal torrencial), además de una terraza abandonada (Figura 50a). La vegetación abundante observada alcanza a ocultar los tamaños grandes de roca que se encuentran reposando en el lecho. Vista aguas abajo se

nota una reducción en la pendiente, probablemente menor al 2% (Figura 50b); también se observa un control en el lecho, que el flujo supera y cae creando un pozo, a partir de allí se da la reducción de pendiente mencionada.



Figura 50. Cauce de la quebrada La Bermejala (sitio 33).

A 250 m aguas abajo se encuentra el sitio 34 (Figura 51). Desde el puente peatonal de la carrera 29 se observa un cauce con rocas de gran tamaño (superior a 1.0 m) y una pendiente mayor al 2%. En la margen izquierda se observa un dique longitudinal para control de desbordamientos.



Figura 51. Rocas de gran tamaño en el cauce (sitio 34).

Los siguientes 1600 m hasta el Ancón Sur, son de difícil acceso, especialmente porque las viviendas se encuentran colindantes con el río y la espesa vegetación en las orillas del río. El Ancón Sur es el punto de mayor estrechamiento del río Medellín en todo el recorrido, debido a la presencia de un bloque de grandes dimensiones (Figura 3) que probablemente

cayo al canal, el cual restringe el ancho disponible para el flujo en una sección hasta 2.0 m, sin embargo, aunque esta genera un control hidráulico, no representa una amenaza debido a las laderas en roca que caracterizan garganta del río en éste punto.



Figura 52. Estrechamiento conocido como Ancón Sur, río Medellín (sitio 35).

4.4 RESUMEN SITIOS DE INTERÉS EN LA ZONA SUR

El siguiente esquema (Plano 1) muestra los principales puntos de atención en la zona sur de la cuenca del río Medellín, desde el Alto San Miguel hasta la Variante de Caldas.

4.5 RECOMENDACIONES ZONA SUR

- Con respecto a la extracción de material en las zonas donde no hay obras de control; es decir, en la zona inmediatamente aguas abajo de la reserva Alto de San Miguel y otros puntos identificados.
 1. La extracción artesanal obliga al canal a profundizarse dejando taludes inestables como los que se observan en la Figura 8 y la formación de piscinas para acopio de arenas y gravas conduce a la formación de canales múltiples que vuelven el sistema inestable. Por tanto, no se recomienda permitir la extracción en esta zona; solo en los sitios de acopio como son las presas.

2. Para los taludes inestables como los observados en el sitio 4 (Figura 8) se recomienda controlar su estabilidad mediante la implementación de medidas biotécnicas, ya que los taludes del sitio están sobrepasando el ángulo de reposo del material aluvial que es un indicador del proceso de socavación.
 3. En el sitio 29, en inmediaciones de las bodegas San Bartolomé, se recomienda hacer un seguimiento de las tasas de explotación para evitar alteraciones en la estabilidad del lecho.
- Con respecto a las obras de control de gradiente existentes:
 1. Debido a que la estructura de disipación conformada por una traviesa en la pata del contradique ha fallado, se recomienda reconstruir esta obra utilizando materiales más resistentes al impacto del chorro y a la erosión. Dependiendo de la altura de la caída se presentará un diseño adecuado (materiales y extensión de la obra). Esta recomendación es válida para todas las presas.
 2. Los materiales de construcción de los diques y contradiques son gaviones recubiertos con concreto. En algunos casos (presa 1) este mortero ya ha sido destruido por los procesos de abrasión, ya que actualmente se puede ver el acero de refuerzo en algunas superficies. Se recomienda hacerle mantenimiento a toda la estructura para protegerla.
 3. En los depósitos aguas arriba de las presas se recomienda controlar la extracción de material de tal forma que no se retire más cantidad que la que el río es capaz de aportar, para no incurrir en problemas de inestabilidad. Actualmente se ven volquetas recogiendo el material apilado, pero no se tienen registros de control por parte de la autoridad ambiental. La extracción puede ser un método de regular las tasas de sedimentación siempre y cuando se haga en forma controlada.
 4. En el tramo anterior al inicio de la reserva San Miguel (sitio 3 y sitio 4), se recomienda construir una o dos estructuras de control de gradiente con sus respectivos contradiques y pozos de aquietamiento para restablecer el nivel del lecho y controlar de esta manera los procesos de profundización del lecho e inestabilidad de las laderas adyacentes.
 - Con respecto a los retiros reglamentarios del río y vertimientos.
 1. En el sitio 12 se recomienda un control sobre las actividades de lleno y conformación de depósitos para uso comercial o industrial, de tal forma que se respeten los retiros obligatorios de ley. Control de vertimientos de material por manejo inadecuado de permisos de explotación. Se recomienda al contratista

- construir muros de contención para evitar un posible taponamiento del canal y disminuir, en todo momento los aportes de sedimentos al canal.
2. La descarga mostrada en la Figura 23 ($6^{\circ}5.0'0.15''N - 75^{\circ}73'55.67''O$), ubicada 130 m aguas abajo de la quebrada La Chuscala debe ser controlada por la autoridad ambiental verificando la calidad de los excedentes y su afectación en las aguas del río.
 3. En el barrio La Inmaculada se aprecia claramente la invasión de los retiros del río; prácticamente las viviendas están sobre el cauce, con un alto riesgo de ser afectadas por los procesos de socavación, inundaciones. Se recomienda establecer sistemas de alerta temprana para ofrecer al menos una evacuación oportuna; sin embargo, lo ideal sería la reubicación.
 4. Vertimiento de aguas residuales y escombros es frecuente a lo largo del último tramo del río, antes del puente sobre la variante de Caldas.
- Con respecto a las obras de estabilidad en el canal:
 1. En el tramo entre la vereda La Clara y la descarga de la quebrada La Salada se recomienda mejorar la estabilidad de las obras de protección (llantas, sacos, etc.) construidas de forma artesanal para proteger las viviendas que están en la zona de retiro. En el barrio la Inmaculada se encuentran muchas viviendas en alto riesgo que deben ser reubicadas, ya que están ubicadas dentro del canal o en la inmediata vecindad de las bancas invadiendo los retiros del río y por el tipo de construcción y los materiales que las conforman son demasiado vulnerables ante procesos de inundaciones y erosión lineal.
 2. En las inmediaciones de las bodegas San Bartolomé, La Tablaza, se recomienda tomar las acciones pertinentes para restituir la estabilidad del muro en gaviones o en su defecto la demolición antes de que el muro colapse (sitio 29) y genere otro tipo de problemas.
 3. En el barrio La Inmaculada las edificaciones construidas con adobe y concreto (sitio 24) que están invadiendo el cauce ya presentan señales de socavación de sus fundaciones por lo cual se recomienda proponer medidas para su estabilización: enrocados, recinte de muros, y obras de control de gradiente donde sea necesario.

Tabla 1. Sitios de interés en el canal del río Medellín, zona norte Bello - Barbosa

Sitios Perfil	Descripción	Abscisa [km]
Sitio 1	Botadero Unidad deportiva Tulio Ospina	46.256
Sitio 2	Puente Niquía - Machado	47.029
Sitio 3	Conducción Manantiales	47.66
Sitio 4	Oporto Apartamentos	48.184
Sitio 5	Calorcol	48.63
Sitio 6	I.E San Luis Gonzaga	50.117
Sitio 7	Puente Carrera 48	51.293
Sitio 8	Jarillón margen del río	51.79
Sitio 9	Quebrada La Tolda	52.916
Sitio 10	Nemqueteba	54.698
Sitio 11	Ancón Norte	55.678
Sitio 12	Puente Girardota	59.664
Sitio 13	Parque Aguas	65.797
Sitio 14	Hatillo	70.924
Sitio 15	Chicharras	77.868
Sitio 16	TableMac MDF	78.161
Sitio 17	Barbosa Ferrocarril	80.186
Sitio 18	Quebrada Aguas Claras	91.072
Sitio 19	Quebrada Iracara	94.563

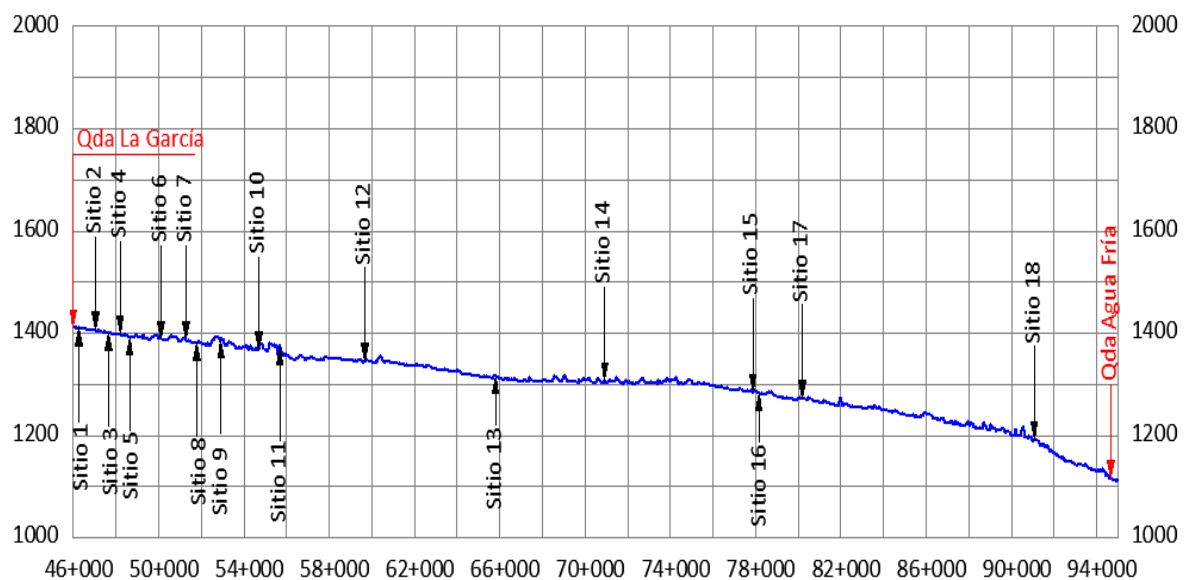


Figura 54. Perfil altimétrico del río Medellín, zona Norte Bello - Barbosa.

5.1 Sector Bello (desembocadura de la quebrada La García) – Copacabana (Puente Machado)

La Figura 55 muestra la ubicación de doce puntos críticos en el sector Bello - Copacabana



Figura 55. Ubicación de los sitios visitados en el sector Bello - Copacabana.

El primer sitio está ubicado en la unidad deportiva Tulio Ospina (Bello). Se observan dos barras en la margen izquierda del río, compuestas por gravas de aproximadamente 10 centímetros de diámetro y con presencia de algunas basuras (Figura 56). Al final de la barra más grande se termina la placa y su talud muestra abundante vegetación protectora. No se aprecian signos de socavación en la placa; el río en este sector tiene unos 20 m de ancho. Por la margen derecha, se observa un botadero (Figura 57) en un talud de unos 5 m de altura. Los escombros llegan hasta el río y pueden restringir la capacidad del canal si no se atiende a tiempo esta actividad ilegal y anti ecológica.



Figura 56. Barras de grava al final de la placa por la margen izquierda, cerca de la unidad deportiva Tulio Ospina (Bello)



Figura 57. Botadero de escombros en margen derecha del río, sector unidad deportiva Tulio Ospina (Bello)

En el puente Niquía – Machado, avenida 32 en Copacabana el río tiene un ancho de 22 m aproximadamente, las bancas están protegidas con vegetación y tienen una altura de unos diez metros. A unos 50 m aguas arriba del puente, por la margen izquierda se encuentran restos de una tubería tapada, correspondiente a las obras en la margen izquierda del canal (Figura 58), y se evidencia la formación de barras aledañas a este punto.



Figura 58. Sitio 2, sector Bello-Copacabana, puente Niquía-Machado

El muro ubicado en el estribo del puente (margen izquierda) se encuentra socavado (Figura 59a). Aguas abajo del puente, se presentan problemas de socavación en el muro adyacente al estribo izquierdo del puente (Figura 59b).

En la margen derecha aguas abajo del puente, se observan escombros, basuras y una descarga de aguas residuales donde el flujo sale en caída libre hacia el río en una caída de 3 m aproximadamente (Figura 59c).

En la mitad del río se observa un conglomerado de rocas de 15 cm aproximadamente, al parecer con una matriz de cemento por lo que se puede pensar que es un pedazo de muro que ha sido desprendido y arrastrado por el río producto de la socavación en el puente.

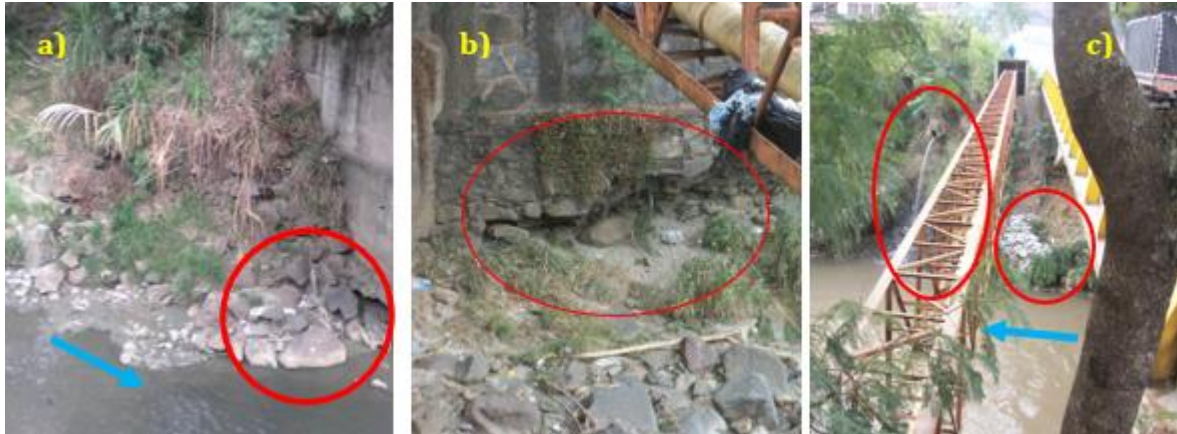


Figura 59. Puente avenida 32 a) socavación en el estribo izquierdo del puente; b) socavación en margen izquierda aguas abajo del puente; c) descarga de aguas residuales y basuras, margen derecha del puente.

El sitio 3 se ubica en los alrededores del colector de la planta Manantiales en Copacabana. Este punto corresponde al cruce de la conducción proveniente de la planta de potabilización Manantiales y el río Medellín. El ancho aproximado del río es de 45 m, las márgenes tienen entre uno y dos metros de altura, las pilas del colector tienen un metro de diámetro con una luz central de 18.4 m, y hacia las márgenes 18.4m (derecha) y de 9.2 m (izquierda). Se resalta en este sector el tamaño de una isla de sedimentos con vegetación arbustiva (140 m de largo y 22 m de ancho) y su proximidad a las pilas de la conducción (Figura 60). También se evidencia la llegada de una descarga de aguas residuales a través de un canal rectangular de concreto (Figura 60).



Figura 60. Conducción de la planta manantiales y descarga de aguas residuales

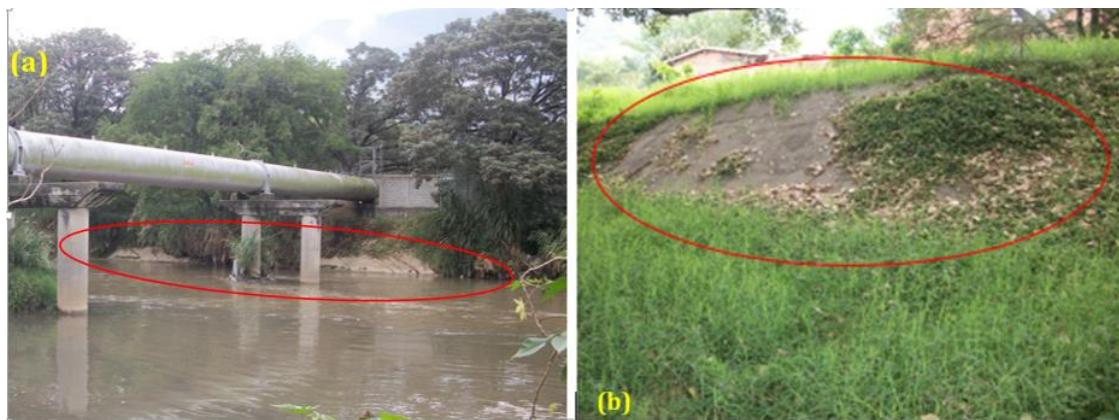


Figura 61. Placas en los alrededores del colector Manantiales; a) margen izquierda, b) isla adosada a la placa de la margen derecha.

Se observan placas algo deterioradas en ambas márgenes del canal, la placa de la margen derecha está separada del flujo por una isla de unos tres metros de ancho.

El sitio 4 (Figura 62) está ubicado unos 50 m aguas arriba del cruce de la calle 46 x carrera 78 de Copacabana. En este tramo el patrón de alineamiento del río es recto, con un ancho de 22 m aproximadamente, ambas márgenes sin placas y vegetación alta en la margen izquierda del canal. En la margen derecha se observa un talud vertical de unos cinco metros, el cual está socavado (Figura 63a). También se observa una tubería circular (descole) que actualmente no transporta flujo (Figura 63b), cuya distancia hasta la margen derecha del río es de 15 m. La tubería no tiene ningún tipo de protección en el tramo que la separa del río.



Figura 62. Río Medellín, sector calle 46 x carrera 78 de Copacabana



Figura 63. Erosión margen derecha (a); descole sin protección de bancas (b).



Figura 64. Sitios críticos río Medellín, Sector Calorcol (Copacabana).

En la vía Machado Copacabana se encuentra la empresa Calorcol (Figura 64) donde se presenta un problema de erosión del talud de la margen derecha. El río tiene una curvatura fuerte en el sector que propicia el crecimiento de una barra en la margen izquierda. En el sector (sitio 5) se visualizan barras puntuales, una descarga de aguas industriales, un botadero de escombros, y una zona de extracción de material aluvial en la margen derecha. La segunda barra de la margen derecha reduce el ancho de la sección de 40 m a 30 m.

La Figura 65a muestra el talud erosionado por la margen derecha que tiene una altura de unos 10 m, está conformado por basuras, escombros y tierra; su escarpe se encuentra a escasos tres metros de la vía. Aguas abajo se aprecia una protección con rocas de más de 50 cm de diámetro, en la parte externa de la curva. En la (Figura 65b) se muestra el

fenómeno de erosión activo sobre la corona del talud y las raíces de algunos árboles los cuales están en peligro de volcarse sobre el canal.



Figura 65. Problemas de erosión en el talud de la margen derecha (a). Observe la grieta en la corona del talud erosionado (b)

La Figura 66a muestra un botadero de escombros a unos cinco metros de la margen derecha. En el sector se hacen perforaciones en la margen derecha del río con el fin de extraer arena (Figura 66b).

En el mismo sector se observa una descarga de aguas totalmente contaminadas, al parecer proveniente de una bodega llamada “Gran Pisos”, la (Figura 67) muestra el cambio en la calidad del agua luego de haber pasado por dicha bodega.



Figura 66. Puntos críticos margen derecha sector Calorcol – Copacabana; a) botadero de escombros y basuras, b) perforación para extracción de arenas.

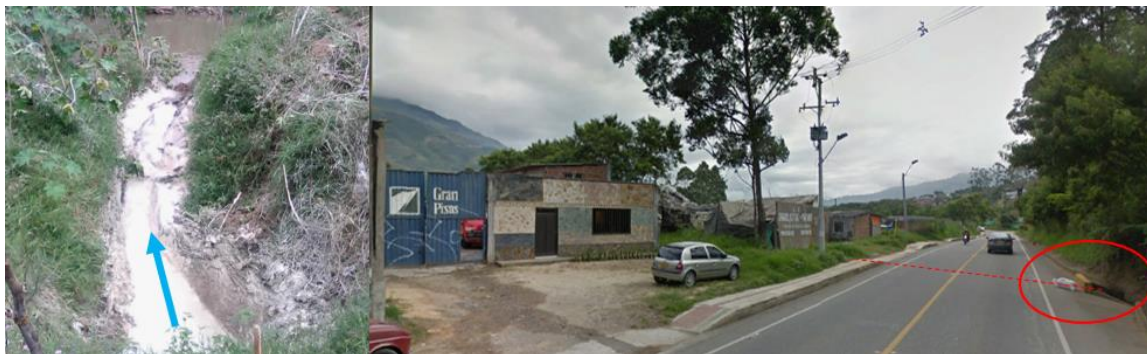


Figura 67. Descarga de aguas industriales al río en las inmediaciones de la Empresa Gran Pisos. A la izquierda se ve la obra de paso de la vía donde las aguas aún no están contaminadas.

A unos 1500 m aguas abajo de la fábrica Calorcol – Copacabana se encuentra el sitio 6 donde se identificó un botadero de tierra en la margen derecha en las inmediaciones del liceo San Luis Gonzaga (Figura 68). En este sitio hay una cascada de rocas que crean un remanso al flujo por lo que se observa un flujo más tranquilo aguas arriba de las rocas.

En la margen derecha del canal, se dispusieron diferentes materiales de desecho en sin ningún tipo de control, de modo que en cualquier momento ese material se puede volcar sobre el río (Figura 68)



Figura 68. Río Medellín zona norte Liceo San Luis Gonzaga, Copacabana (Sitio 6).

En la (Figura 69a) se visualiza una descarga de aguas residuales adyacente al liceo, cuyo canal en concreto se encuentra invadido por las raíces de los árboles y presenta problemas de socavación en las márgenes. Se observa una segunda descarga 225 m aguas arriba del Liceo en la margen derecha (Figura 69b).



Figura 69. Descarga de aguas residuales ubicada en la margen derecha, a) a un costado del liceo; b) 225 m aguas arriba del liceo.

El sitio 7 corresponde al puente sobre la carrera 48 de Copacabana que comunica el municipio con la doble calzada Bello – Barbosa (Figura 70).



Figura 70. Problemas de socavación en margen izquierda, cerca al puente de la carrera 48 de Copacabana

En la margen izquierda hay una descarga de aguas residuales cuyas aletas están sin ningún tipo de apoyo al parecer producto de la fuerte socavación del río (Figura 71a), hecho que se evidencia por un árbol presente en el estribo izquierdo del puente el cual prácticamente ha perdido el soporte y se muestran las raíces (Figura 72b). El árbol es un Eucalipto de 20

m de altura y 280 cm de diámetro el cual exhibe una inclinación hacia el puente, (Figura 72a). También en la margen izquierda se divisan dos miras limnimétricas (Figura 71b)

Es importante resaltar que el volcamiento de este árbol puede causar una emergencia, obstruyendo el canal y amenazando la seguridad de los vehículos y peatones que transitan por el puente, de algunos habitantes de calle que viven debajo del puente, y de las viviendas que están ubicadas al otro lado del canal.



Figura 71. Proceso de socavación en margen izquierda del río Medellín, sector puente carrera 48, Copacabana. Se aprecia una estructura de descarga de aguas residuales con aletas y piso en el aire. A la izquierda se observa una mira limnimétrica.



Figura 72 Árbol inclinado en margen derecha del canal, con raíces descubiertas por el proceso de socavación.

En el sitio 8, localizado 500 m aguas abajo del puente (cra. 48) que comunica Copacabana con la autopista, existe un barrio de invasión en la margen izquierda del río (Figura 73). Algunos de sus habitantes expresan que llevan 20 años en el lugar, tiempo durante el cual se han presentado dos crecidas del río; la última ocurrió hace 4 años y en esa crecida el nivel subió un poco más de tres metros, dicha margen se encuentra protegida con un jarillón artesanal en tierra de 80 m de longitud construido por los mismos habitantes para evitar inundaciones (Figura 74). A 20 m de la margen izquierda del río, se arrojan residuos sobrantes en el proceso de elaboración de materiales para fachada (Figura 74).



Figura 73. Río Medellín 500 m aguas abajo del puente carrera 48 Copacabana



Figura 74. Jarillón artesanal en el barrio de invasión aguas abajo del puente de la carrera 48 – Copacabana. A la derecha, botadero de retales de materiales de construcción.

El sitio 9 (Figura 75) está localizado 215 m aguas abajo del puente de acceso a San Juan de la Tasajera y corresponde la descarga de la quebrada La Tolda, que entrega al río principalmente aguas residuales mediante un canal de 4.0 m de ancho y 3.0 m de altura (Figura 76), el cual se encuentra bastante deteriorado sobre todo hacia la descarga al río Medellín, donde se presenta una caída de aproximadamente dos metros, formando un pozo de socavación (Figura 76)



Figura 75. Río Medellín 215 m aguas abajo del puente de acceso a San Juan de la Tasajera



Figura 76. Canal de la quebrada La Tolda a la izquierda y pozo de socavación en la descarga al río Medellín a la derecha.

50 m aguas abajo de la descarga de la quebrada se evidencia una cascada natural de disipación (Figura 77) con grandes rocas en el lecho, lo cual puede dar indicios de que el río se está acercando a una formación rocosa, en este caso al ancón norte.



Figura 77. Cascada de escalones aguas abajo del puente de acceso a San Juan de la Tasajera

5.2 Sector Copacabana – Girardota

A la altura del puente del antiguo Metromezclas en la Autopista Norte (1 km antes de Comfama de Girardota, sitio 10), se identificaron dos obras de protección marginal operando de manera correcta, ambas sobre la margen izquierda del río Medellín (Figura 78).



Figura 78. Obras de protección marginal aguas arriba y aguas abajo del puente de Metromezclas.

La primera de las obras se localiza aguas arriba del puente del antiguo Metromezclas (Figura 78) y consiste de una serie de Geocolchones que se colocaron en la margen izquierda para controlar el proceso erosivo que afectaba las obras de infraestructura que se encuentran en esa orilla del río: 1) la Línea Férrea y 2) la Autopista Norte.

La construcción de las obras fue solicitada por la concesión Desarrollo Vial del Aburrá Norte - HATOVIAL S.A. a la compañía Pedro Álvarez Construcciones S.A.S, para tal fin, el diseñador contratado (EDL Ingenieros Ltda.) por la compañía Pedro Álvarez Construcciones S.A.S. *“optó por proteger el talud de la margen izquierda del río Medellín que se encontraba expuesto al proceso de socavación, mediante la utilización de GEOLCOLCHONES PAVCO”.*

“Los Geocolchones se dispusieron tanto sobre el lecho del río (3 m hacia el centro del cauce) como sobre el talud a proteger, hasta la cota del nivel máximo de la creciente de diseño, es decir una altura aproximada de 6 m respecto al lecho del río. Los Geocolchones se modularon de 1m de ancho por 3m de largo y debían anclarse al terreno para evitar la socavación local”. La Figura 79a y Figura 79b muestran respectivamente, el talud protegido con Geocolchones (2013) y el estado actual (2015).



Figura 79. (a) Sitio durante las intervenciones (2013) y el estado actual (2015).

La segunda de las obras identificadas se localiza aguas abajo del puente del antiguo Metromezclas (Figura 80) y consiste de un muro de contención fundado en pilas y de aproximadamente seis metros de altura, el cual garantiza la estabilidad de la Autopista Norte.

En la Figura 81 se muestra una panorámica del sector (sitio 11) donde se aprecia el cambio brusco en alineamiento horizontal en forma de U bien definida (cambio de dirección del flujo hasta de 90°) debido a la presencia del macizo de rocas metamórficas fracturadas entrando al canal por la margen derecha, con taludes superiores al 100%.



Figura 80. Muro de contención aguas abajo del puente del antiguo Metromezclas.

La margen izquierda exhibe pendientes menores sobre depósitos coluviales. Pudiera decirse que la roca subyace el suelo residual de un flujo de escombros en la ladera izquierda del cañón con evidencias de procesos activos de reptación (CCC, 1999). Dado que el fondo del cauce y la margen derecha son controlados por roca, el flujo viaja a gran velocidad transportando material grueso-granular y fragmentos de roca hacia aguas abajo (Figura 82). El proceso de erosión en la banca izquierda contribuye a desestabilizar más la ladera donde está ubicada la sede recreativa de Comfama – Girardota.



Figura 81. Localización sitio Ancón Norte.

En la Figura 81a se aprecia el nivel de la creciente de banca llena y un descenso en el nivel del lecho de unos cinco metros (Figura 83), lo que hace que las velocidades de flujo y la turbulencia se incrementen abruptamente en ese sector; igualmente, la capacidad de arrastre de material sólido se incrementa y el flujo puede transportar granos de tamaño métrico.



Figura 82. Canal del río Medellín en el Ancon Norte – Girardota.

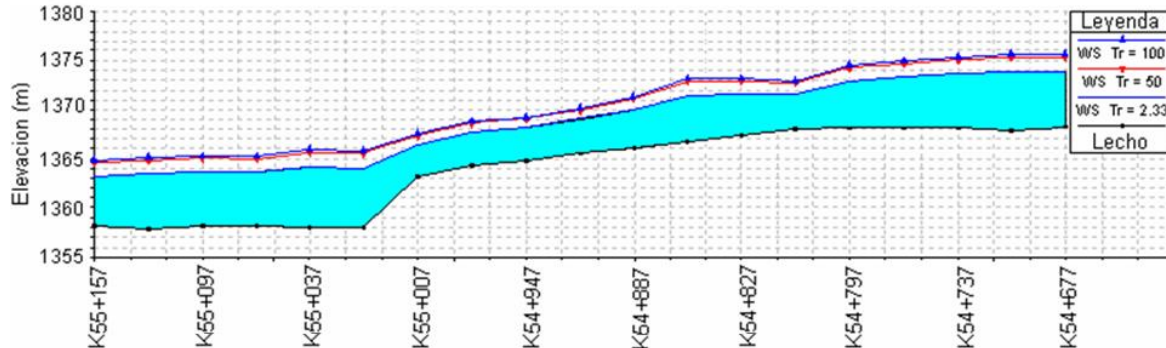


Figura 83. Perfil hidráulico del río Medellín en inmediaciones del Ancón Norte.

Los problemas de inestabilidad no parecen tener un origen antrópico. Más bien son los usuarios de la infraestructura alrededor del Ancón quienes se ven afectados por los problemas de inestabilidad. El diseño de cualquier tipo de estructura aledaña al cauce en el sector del ancón debe tener muy presente la alta energía que tiene el río y por consiguiente la alta capacidad de socavar las cimentaciones.

La única intervención en la zona de retiros del río es la vía férrea (detrás de Comfama de Girardota), la cual ha quedado inoperante por los problemas de estabilidad de la ladera izquierda del río. Otras intervenciones (llenos, recubrimientos con bolsacretos y

estructuras de tierra reforzada) han sido para controlar el proceso erosivo en la margen izquierda, tratando de conservar la vía férrea Figura 82c

En general, los problemas encontrados en el Ancón Norte se pueden resumir en:

- a) desconfinamiento de la pata del talud por acción del lavado de finos en una zona geológicamente inestable por procesos de reptación, comprometiendo otras áreas además de la vía férrea. Este desconfinamiento lo produce la sobre elevación del flujo en una curva cóncava y las fluctuaciones de niveles en un material frágil como el de la margen izquierda.
- b) gran capacidad de arrastre del canal confinado por el Ancón, por lo que la planicie de inundación es inexistente, lo cual hace que el rendimiento hidrológico se incremente abruptamente en el último tramo, al no existir zonas de almacenamiento aledañas al canal. Los caudales extremos estimados en la zona varían según la Tabla 2.

Tabla 2. Caudales extremos en el Ancón Norte

Tr (años)	2.33	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	249.7	298.2	337.7	387.5	424.5	461.3

5.3 Sector Girardota – Barbosa

Sobre el puente que comunica el municipio de Girardota con la vía que conduce hacia Barbosa se observa un cambio abrupto en la dirección del río de aproximadamente 90° (sitio 12); a pesar de esto, las márgenes del canal no presentan signos de erosión o movimientos en masa activos, además, se verificó que la estructura del puente no se encuentra socavada y presta servicio adecuadamente.



Figura 84. a) Vista aguas arriba del puente que comunica Girardota con la vía que lleva hacia Barbosa; b) Puente vehicular sobre la vía sin signos de socavación.

Aguas abajo del puente, el río tiene un ancho de unos 30 m en el cual se encuentra una barra de aproximadamente 50 m de largo y 8 m de ancho, que sugiere un sobre ancho del canal, sin embargo, esta barra podría encontrarse allí transitoriamente ya que no se observa vegetación sobre ella. Buena parte del flujo parece ir recostada a la margen derecha debido a un desnivel en el fondo del lecho, que produce una pequeña caída que torna el flujo turbulento, e indica que las profundidades allí son relativamente bajas.



Figura 85. Vista aguas abajo del puente vehicular sobre el río Medellín en las afueras del municipio de Girardota.

A la altura del kilómetro 23 de la Autopista Norte, en el predio ocupado por el Parque de las Aguas (Figura 86, sitio 13), en el municipio de Barbosa (Antioquia), se observa en la margen izquierda del río Medellín una obra de protección de orillas compuesta por un geocolchon que recubre el talud y una trinchera antisocavación (Figura 87), la obra aparenta estar estable, pero sería recomendable realizar una rocería para descartar la existencia de fisuras en la corona del talud.



Figura 86. Localización obra de protección en margen izquierda, Parque de las Aguas.



Figura 87. (a) Obra de protección de orilla en margen izquierda y (b) Geocolchon recubierto en cierta medida con vegetación.

Hacia la zona noreste del Parque de las Aguas, es posible observar la confluencia entre el canal de descarga de la Central Hidroeléctrica La Tasajera y el Río Medellín (Figura 86), allí se identifica un remanso importante en el Río Medellín, debido al gran caudal que entrega la descarga de la Central Hidroeléctrica La Tasajera, el cual mejora en cierta medida la calidad del agua del río Medellín debido a procesos de disolución.



Figura 88. Confluencia entre el canal de descarga de la Central Hidroeléctrica La Tasajera y el Río Medellín.

El sitio 14 se ubica junto a la vía que cruza el río Medellín en el corregimiento El Hatillo, cerca de la estación del ferrocarril con el mismo nombre, a 100 m del sitio anterior. Allí se observan dos puentes peatonales, uno de ellos tiene una estructura en arco construida en concreto reforzado, el cual falló y actualmente es reemplazado por el segundo puente construido en acero hace unos 2 años según la comunidad (Figura 89a).

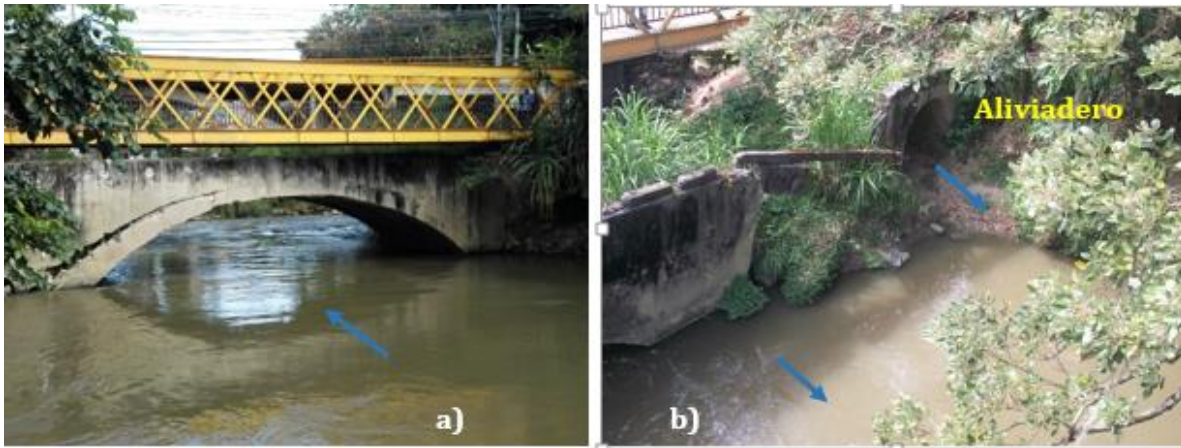


Figura 89. Puentes sobre el cauce del río cerca de la estación del ferrocarril en el corregimiento El Hatillo; a) puente antiguo (concreto) y puente nuevo en acero; b) aliviadero previsto en el puente antiguo.

El puente en concreto actualmente no es utilizado, sin embargo, se encuentra aún en el canal induciendo una disminución en la sección disponible para el flujo, ya que por una parte le resta unos 8 m de los 22 m que tiene en una sección aguas arriba y en caso de una crecida la lámina de flujo se ve limitada por el gálibo del puente (aproximadamente 2 m desde la superficie del agua) lo que puede interrumpir el flujo y generar un remanso. Aunque la estructura cuenta con un aliviadero lateral (Figura 89b), su sección es aparentemente insuficiente para corregir los defectos previamente mencionados.

Ya que el puente metálico corrige las deficiencias del anterior, es necesario el retiro del puente antiguo del canal, para permitir el paso del agua adecuadamente y evitar posibles desbordamientos que afecten la comunidad asentada a su alrededor.

En el sitio 15 se ubica una explotación de arenas la cual a través de los años ha propiciado que el ancho del río allí alcance unos 45 m, el cual es mucho mayor al ancho promedio en los tramos observados aguas arriba. Esta ampliación progresiva del canal propicia la depositación de arenas lo que beneficia a los particulares que la explotan, sin embargo, amenaza con la desestabilización de la vía que se encuentra paralela al sitio que comunica Hatillo con Barbosa. Por lo tanto, la entidad ambiental debe efectuar un control a la cantidad de material aluvial que se extrae actualmente y gestionar la construcción de una obra de protección al margen de la vía que mitigue el riesgo de pérdida de la banca.

A la altura de la empresa Tablemac, ubicada a 1.2 km del casco urbano del municipio de Barbosa, se encuentra una protección en la margen derecha del río Medellín con bolsacretos en una longitud de unos 60 metros (sitio 16). Tal y como se presenta en la Figura 91a, la finalidad de los bolsacretos fue controlar un fuerte proceso de erosión

marginal en el lado externo de la curva (margen derecha), el cual puso en riesgo tanto las instalaciones de Tablemac como la vía hacia Barbosa. En la Figura 91b se muestra en detalle la configuración de la protección con bolsacretos.



Figura 90. Explotación de arenas junto a la vía que conduce de Hatillo a Barbosa, a unos 2 km del último.

En este sector el río se caracteriza por tener una fuerte pendiente y altas velocidades, aunque existan algunos controles naturales en roca, como son pequeños saltos que ayudan a que se disipe gran cantidad de la energía cinética.

Justo en este pequeño tramo la corriente presenta una reducción en el ancho, pasa de tener tanto aguas arriba como aguas abajo un ancho medio de 32.0 m a un ancho de unos 17.0 m aproximadamente.



Figura 91. Protección marginal sobre la margen derecha del río.

Otro hecho relevante y que cabe mencionar son las innumerables extracciones de materiales producto de la minería ilegal que son evidentes a lo largo de todo el recorrido, los cuales pueden estar ocasionando un desequilibrio en las condiciones naturales de la corriente. Tan solo en este corto tramo se pueden observar tres cambuches organizados por los mineros para su producción ilegal, sin poder dimensionar la cantidad que puedan existir a lo largo de todo el tramo (Figura 92).



Figura 92. Protección marginal sobre la margen derecha del río

A la altura del cruce la calle 13 con el río Medellín, en los límites del casco urbano del municipio de Barbosa, se encuentra localizado el puente metálico que comunica a la antigua Estación Férrea en Barbosa (sitio 17). Unos metros hacia aguas arriba del puente, se observa que el flujo es direccionado hacia la parte externa de la curva. Sobre esta margen se observa un proceso avanzado de erosión que ha generado un sobre ancho, el cual genera un cambio en el sentido del flujo hacia la margen derecha en casi un ángulo de 90° (Figura 93).



Figura 93. Flujo direccionado hacia la margen derecha, antigua estación Férrea Barbosa.

Como resultado de este direccionamiento y de la reducción en el ancho del canal al pasar por el puente, los estribos sobre ambas márgenes se observan bastante deteriorados (Figura 94).

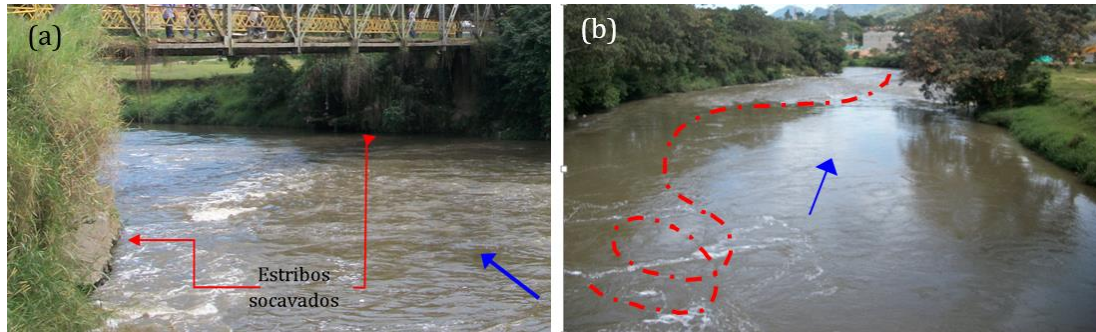


Figura 94. Puente metálico a la altura de la Estación Férrea Barbosa, (a) Estribos socavados y contracción del flujo, (b) Remolinos y corrientes aguas abajo del paso por el puente metálico.

Se hace necesario reparar los estribos, y recuperar el ancho promedio del canal antes de entrar al cruce con el puente, para lo cual se recomienda realizar un enrocado con piedras de gran tamaño (mínimo $\phi=1.0$ m) sobre la margen izquierda de manera que se suavice la curva dándole mayor radio de curvatura, de acuerdo a las dimensiones del canal del río aguas arriba. El lleno o recuperación del canal puede hacerse también con bolsacretos de 2.0 m de longitud colocados entrelazados para evitar que sean arrastrados por la corriente y asegurados con dovelas. En el estribo opuesto se recomienda una protección de socavación colocando un enrocado con rocas de características previamente mencionadas.

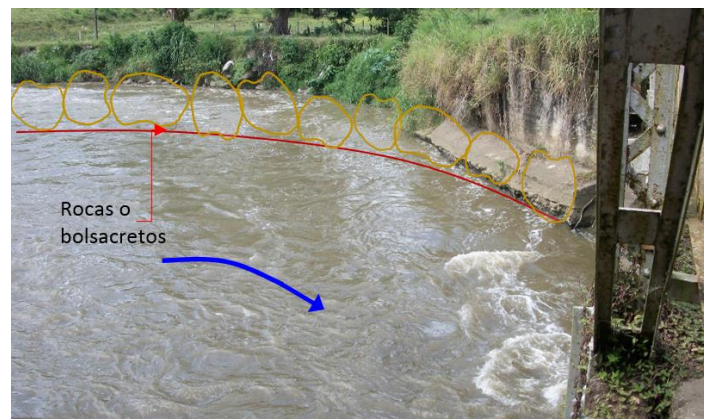


Figura 95. Recuperación de la margen derecha a la altura de la Estación Férrea Barbosa.

Aproximadamente once kilómetros del sitio anterior se encuentra un pequeño puente en el cruce de la quebrada Aguas Claras con la vía que conduce a Cisneros; aguas arriba del sitio se observa la quebrada natural con saltos y pozos y materiales gruesos depositados

en el lecho; parte de los estribos del puente se encuentran socavados requiriendo una intervención por la autoridad competente, sin embargo, el resto de la estructura no se pudo observar su estado debido a la presencia de una barra con vegetación, la cual desvía el flujo a la margen opuesta donde hay un muro (al parecer en concreto ciclópeo) con su base socavada. Aguas abajo del sitio se observa un tramo de 60 m hasta la entrega al río; en la margen derecha se encuentra un muro socavado que sirve de apoyo a un estadero.



Figura 96. A) Vista aguas arriba de la quebrada Aguas Claras en el cruce con la vía que conduce a Cisneros; b) vista aguas abajo del mismo sitio.

La quebrada Iracara o Agua Fría (según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC), divide los municipios de Barbosa y Santo Domingo, en el nororiente del departamento de Antioquia (sitio 19). Presenta un área de drenaje de unos 7.90 km² y una longitud del cauce principal de 7.20 km aproximadamente; delimitada a partir de una imagen de previsualización del Geoportal del IGAC (Figura 97).

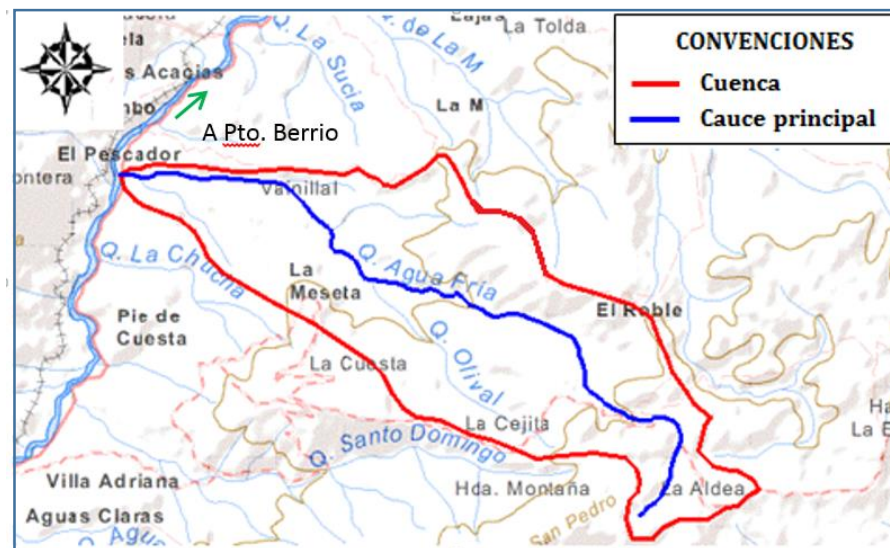


Figura 97. Cuenca de la quebrada Agua Fría. Fuente: Geoportal IGAC.

La quebrada presenta un ancho de unos 12 m y un lecho con rocas que alcanzan a superar el metro y medio (1.50 m) de diámetro; se evidencia tanto en las márgenes como en una barra central una vegetación muy espesa y alta (Figura 98a y Figura 98b).



Figura 98. Quebrada La Iracara. a) configuración del lecho y barra central, b) tamaño competente

La vía hacia Puerto Berrío cruza la quebrada La Iracara por medio de una estructura combinada: un box culvert de sección abovedada con un pontón. Esta estructura tiene un ancho de unos 8.0 m aproximadamente y presenta un gálibo de 4.0 m (Figura 99). En el estribo de la margen derecha del box culvert persiste un problema de socavación en el lecho, que pone en riesgo la estabilidad de la estructura. Este problema al parecer había sido controlado mediante el recalce o protección con bolsacretos dovelados, los cuales han sido sacados y arrastrados por la corriente dejando el problema sin resolver (Figura 100).

Se recomienda en vez de realizar recalces en la estructura de cruce, los cuales generan una mayor contracción en la sección y aceleran el proceso de socavación, ubicar una traviesa a la salida de la obra con una altura tal que se supere la profundidad de socavación y se proteja el estribo afectado.



Figura 99. Obra de cruce compuesta: 1.0 Box culvert y 2.0 Pontón



Figura 100. Socavación en el estribo de la margen derecha

Se debe prestar atención al comportamiento de la corriente una vez comience a funcionar la doble calzada Barbosa - Pradera ubicada a unos 150 m aguas arriba, debido a que en el recorrido se pudo observar que esta vía cruzará la quebrada por medio de un box culvert con un ancho no mayor a 4.0 m, esta contracción tan abrupta en el canal ocasionará un aumento en las velocidades del flujo hacia aguas abajo, incrementando los problemas de socavación (Figura 101).



Figura 101. Vista de la obra de cruce en la doble calzada Barbosa- Pradera

A la altura de la descarga de la quebrada Iracara en el río Medellín se presentan dragados mecánicos por parte de mineros ilegales, los cuales pueden desequilibrar las condiciones naturales tanto del río como de la quebrada. En la Figura 102a se presenta la descarga de la quebrada Iracara en el río Medellín y en la Figura 102b la operación del equipo de dragado mecánico en el río.



Figura 102. Quebrada Iracara. a) descarga de la quebrada Iracara en el río Medellín, b) dragados mecánicos en el río Medellín.

5.4 Resumen sitios de interés en la zona norte

El siguiente esquema (Plano 2) muestra los principales puntos de atención en la zona norte de la cuenca del río Medellín, desde la desembocadura de la quebrada La García (Bello) hasta la desembocadura de la quebrada Iracara o Aguas Frías (Barbosa).

5.5 Recomendaciones Zona Norte

- Con respecto a la extracción de material en las zonas donde no hay obras de control; es decir, en la zona de Chicharras, Tablemac, etc. Se recomienda:
 1. Ejercer un control estricto de las tasas de explotación especialmente en aquellos sitios que están tan cerca de la vía como es el sector de Chicharras en Barbosa. Dado que en este sitio se ha venido desarrollando esta actividad desde hace muchos años se recomienda adecuar la zona instalando unas traviesas en el fondo del canal para facilitar el acopio de la arena y construir una protección marginal para proteger la vía dejando un acceso apropiadamente diseñado para las volquetas y vehículos que transportan el material hacia afuera.
 2. En la zona de la fábrica Tablemac (Barbosa) se recomienda modificar la curva externa en este sitio adecuando unos direccionadores de flujo sumergidos, elaborados con rocas o bolsacretos (ya que este sitio está prácticamente controlado por roca), con el fin de desviar de la curva las líneas de corriente.
 3. Para los mineros artesanales del sector de Calorcol – Copacabana se recomienda un control estricto de las fosas que fabrican en la planicie de inundación ya que estos huecos pueden desestabilizar las bancas y generar zonas de erosión, especialmente en la zona de curvatura fuerte.
- Con respecto a los botaderos de escombros, tierras, deshechos de materiales de construcción, basuras, etc., se recomienda
 1. exigir a la autoridad competente un control más estricto, pues estas zonas pueden aportar volúmenes de material al canal generando disminución en la capacidad de transporte; además, los sitios pueden convertirse en zonas atractivas para invasión con viviendas, que de antemano estarán en zonas de alto riesgo.
 2. Igualmente se recomienda una mayor atención de las autoridades ambientales para controlar los vertimientos de sustancias químicas y de aguas industriales al río (Planta Gran Pisos en Copacabana).

- Respecto a los procesos de socavación activos e identificados en la zona norte se recomienda:
 1. Recalzar los estribos del puente que comunica Niquía con Machado mediante la colocación de una llave antisocavación y un recubrimiento del estribo con bolsacretos o colchacretos. Para esto se recomienda un estudio hidrológico, un levantamiento topográfico y un análisis geotécnico del lugar.
 2. Recalzar los estribos del puente de cruce de la quebrada Aguas Claras con la vía a Cisneros mediante inyecciones de concreto y protecciones en la base y alrededor del estribo con roca.
 3. Se recomienda en lugar de realizar recalces en la estructura de cruce de la quebrada Iracara con la vía Barbosa- Cisneros, los cuales generan una mayor contracción en la sección y aceleran el proceso de socavación, ubicar una traviesa a la salida de la obra con una altura tal que se supere la profundidad de socavación y se proteja el estribo afectado.
- Respecto a los procesos de sedimentación dentro del canal (formación de barras e islas) se recomienda:
 1. Se recomienda construir estructuras auto limpiantes en la zona del cruce de la tubería de conducción de Manantiales con el río Medellín, ya que se ha observado un sobreancho en la zona que exige la limpieza permanente de las barras e islas.
 2. En este mismo sector se recomienda una remoción de la barra puntual en la curva interna frente a la empresa Calorcol. Además se recomienda una estructura que prolongue la salida de un drenaje inconcluso (adyacente la fábrica Calorcol) que está poniendo en peligro la estabilidad de la vía Machado - Copacabana.

En el Ancón norte se recomienda:

1. Debido al alineamiento que el canal presenta, se propone diseñar un túnel de desviación del flujo que permita la evacuación del mismo de manera rápida. Dicho túnel se implementará para un Q diseño = 163.1 m³/s.

El canal como tal trabajará para evacuar los caudales asociados a los periodos de retorno de 2.33, 5 y 10 años y en eventos de crecientes mayores el túnel de desviación evacuará los excesos de flujo y así se disminuirá la energía que este lleva evitando además que de las líneas de corriente impacten con mayor energía sobre la banca izquierda.

2. Estabilizar la margen izquierda que sirve de apoyo a la vía férrea mediante la construcción de obras de protección una vez se haya controlado el flujo en exceso por encima del nivel de banca llena mediante la construcción del tunel de excesos.
- Otras recomendaciones
 1. En la confluencia de la quebrada Iracara, antes de que se ponga en servicio la doble calzada se recomienda recuperar la sección requerida por el flujo de la quebrada (actualmente 12 m de ancho aproximadamente), ya que la obra de cruce de la nueva doble calzada Barbosa - Pradera (ubicada a unos 150 m aguas arriba), reduce la sección del flujo en un 60% por lo que se pueden presentar represamientos de material de gran tamaño con el consecuente incremento en los riesgos de inundación y estabilidad de la zona.
 2. En el Puente Hatillo se recomienda demoler la estructura antigua que ya está fallada retirando los escombros apropiadamente fuera del canal, para recuperar la sección hidráulica del río en ese sector. Desde hace unos dos años se reconstruyó el puente de acceso a la comunidad; por lo tanto, la demolición es una obra urgente.
 3. En el puente de la carrera 48 se recomienda retirar un árbol de eucalipto (Figura 72) que está amenazando la seguridad de la población y la estabilidad del mismo puente.

REFERENCIAS

Compañía Colombiana de Consultores, CCC. 1999. Estudios y Diseños para la canalización del Río Medellín, entre los Municipios de Copacabana y Girardota, Tomo 1.

Universidad Nacional de Colombia, Corantioquia, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Alcaldía de Medellín, & Municipio de Envigado. (2007). Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el Valle de Aburrá. Formulación de Propuestas de gestión del riesgo. Retrieved from [http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcccontent/Sites/Subportal del Ciudadano/Plan de Desarrollo/Secciones/Información General/Documentos/Gestión del Riesgo/documentos/Amenaza, vulnerabilidad y riesgo/Libro II.pdf](http://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Plan%20de%20Desarrollo/Secciones/Informaci%C3%B3n%20General/Documentos/Gesti%C3%B3n%20del%20Riesgo/documentos/Amenaza,%20vulnerabilidad%20y%20riesgo/Libro%20II.pdf)

Acosta, J. H. (2011). Las Avenidas Torrenciales: una Amenaza Potencial para el Valle de Aburrá. Revista Gestión y Ambiente, 45- 50.

Alcaldía de Medellín, S. d. (2011). Segundo Levantamiento Integrado de Subcuencas Hidrográficas del Municipio de Medellín. Medellín.

Estrella, A. d. (2007). Revisión, Ajuste y Reformulación al Plan básico de Ordenamiento Territorial del municipio de la Estrella. La Estrella.

Medellín, D. A. (2014). Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín. Medellín.

Planeación, S. d. (2009). Revisión y Ajuste del Plan de Ordenamiento territorial de Bello. Bello.