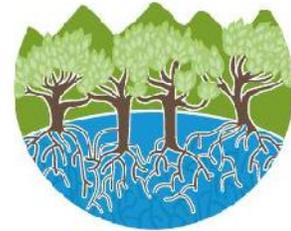


FORMULACIÓN
POMCA
RÍO TURBO Y CURRULAO



Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica



MINAMBIENTE



MINHACIENDA



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

FASE DE DIAGNÓSTICO
TOMO III - CALIDAD DE AGUA, GEOMORFOLOGÍA

MARZO DE 2018

UT POMCA RÍO TURBO -CURRULAO
NIT. 900.933.783-7

DIRECCIÓN DE CORRESPONDENCIA: CARRERA 46 No. 45-34 CC BELLO METRO (BELLO-ANTIOQUIA)



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

REGISTRO DE APROBACIÓN:

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha:
UT POMCA Río Turbo Currulao	CORPOURABA Consortio POMCAS 2014	CORPOURABA Consortio POMCAS 2014	MARZO DE 2018

EN ETAPA DE PUBLICIDAD



TABLA DE CONTENIDO

3.	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO BIÓTICO	12
3.8	CALIDAD DE AGUA	12
3.8.1	Red de monitoreo de calidad de agua de CORPOURABA	12
3.8.2	Nuevas estaciones de muestreo	17
3.8.3	Diagnóstico del recurso hídrico mediante el índice de calidad de agua para la red de monitoreo de CORPOURABÁ	18
3.8.4	Subcuenca de Turbo	19
3.8.5	Subcuenca río Currulao.....	24
3.8.6	Subcuenca río Guadualito	27
3.8.7	Subcuenca río Caimán Nuevo (Parte Baja)	30
3.8.8	Estado de la red de monitoreo de CORPOURABA existente en la cuenca ..	32
3.8.9	Identificación de actividades productivas que generan vertimientos de aguas residuales y sistemas de manejo y disposición final	33
3.8.10	Factores de contaminación en aguas y suelos	39
3.8.11	Estimación de cargas contaminantes	52
3.8.12	Campañas de monitoreo de calidad de agua	58
3.8.13	Diagnóstico del recurso hídrico mediante los índices de calidad de agua	84
3.8.14	Conclusión	101
3.9	GEOMORFOLOGÍA	104
3.9.1	Objetivo general	104
3.9.2	Objetivos específicos	104
3.9.3	Alcances y limitaciones	105
3.9.4	Insumos utilizados	105
3.9.5	Metodología aplicada y fases del estudio	109
3.9.6	Metodología aplicada	114
3.9.7	Jerarquización geomorfológica	121
3.9.8	Atributos del mapa geomorfológico	123
3.9.9	Elaboración final del mapa geomorfológico e informe.....	136
3.9.10	Sistemas de terreno en el area de estudio	136
3.9.11	Definición y descripción de los ambientes morfogenéticos	139
3.9.12	Características geomorfológicas y descripción de unidades	145
3.9.13	Origen y evolución de la Cuenca del río Turbo-Currulao, Antioquia	187
3.9.14	Productos obtenidos	190
3.9.15	Conclusiones y recomendaciones	192



3.9.16 Componentes geomorfológicos con criterio edáfico y de capacidad de uso de la tierra (Zinck)	193
4. BIBLIOGRAFÍA	226

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Estimación de la carga de la variable i ponderada por la oferta hídrica. ...	95
Ecuación 2. Índice de alteración potencial de la calidad del agua.	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de monitoreo de calidad del agua en corrientes superficiales en el área de influencia del POMCA Río Turbo-Currulao.	16
Figura 2. Actividades económicas cuenca río Turbo-Currulao.....	36
Figura 3. Ubicación STAR Turbo, lagunas de oxidación "Las Yuquitas".	38
Figura 4. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 6 variables, época húmeda.....	86
Figura 5. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 7 variables, época húmeda.....	87
Figura 6. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 6 variables, época seca.....	89
Figura 7. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 7 variables, época seca.....	90
Figura 8. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua - IACAL, año medio... ..	97
Figura 9. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua - IACAL, año seco.	99
Figura 10. Mosaico de las Imágenes de radar INTERA, planchas 69 y79.	106
Figura 11. Imagen RapidEye de la cuenca del río Turbo-Currulao.....	107
Figura 12. Modelo de sombras a color de la cuenca.....	107
Figura 13. Modelo de sombras en tono de grises, derivado del modelo digital del terreno de 5mx5m de resolución sobre el área de la cuenca.....	108
Figura 14. Mapas de pendiente en grados derivados del DTM de 5mX5m de resolución, para visualizar los ambientes morfogenéticos en la cuenca	108
Figura 15. Diagrama del proceso para la obtención del producto de Geomorfología requerido para el POMCA de la cuenca de los ríos Turbo-Currulao.....	110
Figura 16. Esquema de jerarquización geomorfológica.....	116
Figura 17. Mapa de recorridos pre-campo	119
Figura 18. Unidades geomorfológicas identificadas en la Cuenca Río Turbo-Currulao.	122
Figura 19. Estratificación de rocas sedimentarias clásticas de grano fino, Estación SMAR_068.....	126
Figura 20. Rocas sedimentarias clásticas de grano grueso tipo areniscas, PC-016-punto GPS-572. Coordenadas 1.388.169,004N, 716.048,482E.	126
Figura 21. Deslizamiento de tipo rotacional en la cuenca alta del río Guadualito Estación SMAR-052, PI-79IIB. Coordenadas 1.392.066,325N, 727.089,566E.	128
Figura 22. Deslizamiento activo en la modalidad "Golpe de cuchara", localizado en la Estación SMAR_073; PI-79IIB. Coordenadas 1.393.878,724N, 716.360,691E.	128
Figura 23. Espacialización de los procesos morfodinámicos interpretados en la Cuenca Río Turbo-Currulao utilizando imágenes de satélite y fotografías aéreas.	129
Figura 24. Patrón de drenaje controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructuras de la roca subyacente, densidad de vegetación y condiciones climáticas.	131



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Figura 25. Identificación de la estación de campo.	132
Figura 26. Código de formato asociado a estación.....	133
Figura 27. Procesos morfodinámicos inventariados en la salida de campo.	134
Figura 28. Sistema montañoso en la cuenca alta del río Guadualito, vista desde la Estación SMAR-100_PI_79IIB. Coordenadas 1.392.079,554N, 717.643,922E.	137
Figura 29. Valle amplio y de fondo plano del río Currulao en la cuenca alta, visto desde la Estación SMAR-015; PC-494, PI-80IIIA. Coordenadas 1.382.231,743N, 734.450,289E.	138
Figura 30. Planicie aluvial del piedemonte del río Turbo, Punto de control PC-021-GPS-589. Coordenadas 1.392.360,013N, 712.391,933E.	138
Figura 31. Ambiente marino y litoral costero en la Estación SMAR-82, PC-027_613 PI-69IVC. Localidad de El Tié Coordenadas 1.403.520,160N, 704.954,480E.	139
Figura 32. Ambiente estructural representado por el sinclinal de Tulipa, visto desde la Estación SMAR-061-557; PI-79IIB. Coordenadas 1.392.800,545N, 724.068,019E. ...	140
Figura 33. Área afectada por procesos denudacionales como la meteorización, erosión y movimientos de remoción en masa, fotografía tomada en la Estación SMAR-073; GPS-586, PI-79IIB. Coordenadas 1.393.872,110N, 716.375,243E.....	141
Figura 34. Ambiente fluvial de Piedemonte del río Turbo, visto en el PC-021; GPS-589, PI-79IIA. Coordenadas 1.392.356,674N, 712.401,468E.	143
Figura 35. Planicie marina y litoral costera en el sector de Turbo, vista sobre la imagen RapidEye.	144
Figura 36. Fotografía Aérea a color mostrando el área poblada localidad de El Tié, coordenadas 1.403.520,160N, 704.954,480E y una cantera, coordenadas 1.403.151,695N, 705.628,121E.	145
Figura 37. Aspecto de una sección de una Barra Homoclinal expuesta en el sector oriental del Caserío de El Tres, Fotografía tomada en la Estación SMAR-043_533, PI-79IID. Coordenadas 1.381.874,655N, 717.094,128E.	147
Figura 38. Sierra Homoclinal con diferentes niveles de rocas buzando en la misma dirección, vista desde la Estación SMAR_28-510, PI-80IIIA. 1.375.548,653N, 732.800,487E.	148
Figura 39. Flanco de sierra sinclinal visto en la Estación SMAR-087-618, PI-79IIA. Coordenadas 1.400.345,731N, 708.298,050E.	148
Figura 40. Vista parcial de una sierra anticlinal expuesta al norte del río Caimán Viejo, tomada desde la Estación SMAR_104-647; PI-069IVC. Coordenadas 1.408.842,048N, 706.079,250E.	149
Figura 41. Ladera de contrapendiente de Sierra homoclinal vista S40E desde el punto de control PC-023-593, PI-79IIA.Coordenadas 1.392.453,300N, 710.228,031E.	150
Figura 42. Ladera estructural de Sierra homoclinal en la Quebrada Los Indios. Tomada desde la Estación SMAR-078-596, PI-279IIA. Coordenadas 1.397.326,935N, 713.117,287E.	150
Figura 43. Ladera de contrapendiente de la Sierra sinclinal de Tulipa, vista desde la Estación SMAR 093-632, pl-79IIB, coordenadas 1.394.863,659N, 720.872,240; próxima a la confluencia de las Quebradas Las Mercedes y Santa Bárbara.....	151
Figura 44. Ladera estructural de la Sierra sinclinal de Tulipa, vista N30W, desde la Estación SMAR_061-557, PL-79IIB. Coordenadas 1.392.793,026N, 724.094,871E. ...	151
Figura 45. Ladera estructural de la Sierra sinclinal de Tulipa con su respectivo contrapendiente, vista N30W desde la Estación SMAR-061-557, PI_79IIB. Coordenadas 1.392.793,026N, 724.094,871E.	152



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Figura 46. Ladera Estructural de espinazo, vista en la Estación SMAR 083-614, plancha 79IIA, coordenadas 1.400.001,983N, 707.416,563E	153
Figura 47. Ladera estructural, en la cuenca alta del río Currulao, vista W, desde la Estación SMAR-29-512; PI-80IIIA. Coordenadas 1.376.119,321N, 732.731,682E. ...	153
Figura 48. Ladera de contrapendiente de espinazo vista N-NE, desde la Estación SMAR-042-531, PI-79IVB, coordenadas 1.379.559,528N, 719.105,746E.....	154
Figura 49. Ladera escalonada vista S75E, en el punto de control PC-010, en la Estación SMAR-060-558, PI-79IIB. Coordenadas 1.392.672,040N, 724.104,925E.....	155
Figura 50. Planchas estructurales sobre el cierre sur del sinclinal de Tulipa, vista N70E, desde la Estación SMAR_061-557, PI-79IIB, coordenadas 1.392.788,457N, 724.081,113E.	156
Figura 51. Volcán de lodo en la Vereda San Felipe, visto en la Estación SMAR_070-582, PL-79IIB, coordenadas 1.391.174,231N, 716.306,051E.....	157
Figura 52. Boca del volcán de lodo, Manuel Cuello, vista N45E en la Estación SMAR_075-588, PL-79IIA, coordenadas 1.392.336,019N, 712.645,798E	157
Figura 53. Colina residual expuesta en la margen izquierda del río Turbo, Estación SMAR_072-584, PI-79IIA, coordenadas 1.391.633,284N, 715.382,654E.....	158
Figura 54. Cerro remanente o relicto expuesto al sur del caserío El Dos, en la Estación SMAR-068-579, PI-79IIC, coordenadas 1.389.158,102N, 713.846,744E.	159
Figura 55. Cerro residual en la cuenca alta del río Currulao, observado en la Estación SMAR-29-512, PI-80IIIA, coordenadas 1.376.120,467N, 732.738,561E.....	159
Figura 56. Escarpe de erosión mayor observado con vista N70E, en la Estación SMAR 061-557, PI-79IIB, coordenadas 1.392.794,101N, 724.080,054E, en el cierre sur del sinclinal de Tulipa.	160
Figura 57. Escarpe menor expuesto en el Caño Cope, Estación SMAR-080-610, PI-79IIA, coordenadas 1.395.914,604N, 709.306,221E.....	161
Figura 58. Aspecto de un Glacís de acumulación, observado desde la Estación SMAR_055-551, PI-79IID, coordenadas 1.390.996,254N, 723.904,768E.	161
Figura 59. Glacís de erosión sobre una superficie inclinada de material rocoso, observado con vista N60E, en la Estación SMAR_067-578, PI-79IIC, coordenadas 1.389.180,190N, 713.849,906E.	162
Figura 60. Ladera cóncava de retroceso hacia la cabecera del río Guadualito, Estación SMAR-051-545, PI-79IIB, coordenadas 1.391.955,543N, 726.475,742E.	162
Figura 61. Loma denudada margen derecha del río Currulao vista desde la Estación SMAR-63-566, PI-79IID, coordenadas 1.389.593,437N, 721.809,332E.	163
Figura 62. Lomo denudado moderado de longitud media, vista N55E en la Estación SMAR_066-570, PI-79IID, coordenadas 1.388.187,174N, 716.239,842E.	164
Figura 63. Ladera ondulada sobre el río Guadualito, vista desde la Estación SMAR-058-554, PI-79IIB, coordenadas 1.391.878,648N, 724.010,140E	165
Figura 64. Loma residual en la confluencia del río Tío López con el río Currulao SMAR-009, PI-79IIB, coordenadas 1.383.695,083N, 725.775,728E.	165
Figura 65. Montículos y ondulaciones Norte del río Turbo Estación, SMAR_99-641, PI-79IIB, coordenadas 1.391.878,795N, 718.286,152E.	166
Figura 66. Fotografía Aérea de un pequeño Abanico de origen fluviotorrencial, ubicado al sur de Punta de Piedra, Granero Rovimar, PI-79IIA, coordenadas 1.397.199,841N, 706.608,479E.	168
Figura 67. Panorámica del Ápice de un abanico-terracea sobre la margen derecha del río Turbo formando parte de la planicie aluvial del piedemonte, visto desde la Estación SMAR-075_589 PI-79IIA, coordenadas 1.392.358,803N, 712.393,411E.....	168



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Figura 68. Corte de los depósitos horizontales del Abanico-Terraza en el lecho del río Currulao y vista en planta en la Ortofoto, Estación SMAR_001-480, PI-79IVB, coordenadas 1.376.613,57N, 718.608,354E.....	169
Figura 69. Barras longitudinales en el lecho activo en la confluencia del río Caraballo con el Currulao, Estación SMAR 002-481, PI-79IVB, coordenadas 1.378.179,246N, 721.463,963E.	170
Figura 70. Cauce activo del río Caimán Nuevo en la Estación SMAR_105-648, PI-69IVC, coordenadas 1.407.034,321N, 704.761,446E.	171
Figura 71. Laguna localizada sobre el costado oriental del caserío de El Totumo, PI-69IVA, coordenadas 1.414.036,269N, 706.461,265E.	171
Figura 72. Meandro abandonado del río Currulao sobre una fotografía aérea Escala 1:25.000, PI_79IVB.	172
Figura 73. Meandros abandonados asociados al río Currulao al W del casco Urbano, PI_79IVB, coordenadas 1.376.042,026N, 716.131,805E	172
Figura 74. Vista de los Niveles bajo (Fta1) y medio (Fta2) de las terrazas del río Caraballo, Estación SMAR-030_515, PI_79IVB, coordenadas 1.377.845,827N, 724.622,301E.	174
Figura 75. Terraza de acumulación asociada al río Caraballo en la Estación SMAR_037-525, PI-79IVB, coordenadas 1.378.557,557N, 723.982,008E.	174
Figura 76. Terraza fluvial del río Currulao, nivel Fta2, observada en la Estación SMAR-40-529, PI_79IVB, coordenadas 1.378.830,079N, 720.126,227E.	175
Figura 77. Niveles de Terrazas en la cuenca media del río Currulao, Estación SMAR 008-488, PI-79IID, coordenadas 1.381.553,969N, 727.442,765E.	176
Figura 78. Terrazas antiguas (Ftan, asociadas a la cuenca media del río Currulao PI_79IVB, coordenadas 1.378.554,647N, 723.978,127E.	177
Figura 79. Espiga o flecha (Mbe) localizadas hacia la parte sur del delta del río Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.389.000,418N, 705.859,425E.	178
Figura 80. Barra litoral en proceso de formación en la desembocadura del río Caimán Nuevo; PI-69IVC, coordenadas 1.406.775,162N, 702.800,835E.....	178
Figura 81. Crestas de playa antiguas con vegetación halófila al Norte del río Turbo, PI-79IIA, coordenadas 1.391.741,506N, 705.489,007E.	179
Figura 82. Canales intermareales y lagunas costeras rodeadas de bosque de manglar al norte de la localidad de Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.389.843,117N, 705.614,684E.	179
Figura 83. Crestas y artesas de playas antiguas, cerca al Canal Casanova al sur de Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.384.650,108N, 709.449,607E.	180
Figura 84. Área del delta del río Currulao, cubierto con bosque de manglar, PI-79IVA, coordenadas 1.378.351,689N, 706.432,028E.	180
Figura 85. Delta en la desembocadura del río Guadualito con y sin cobertura vegetal PI-79IIC, coordenadas 1.381.474,131N, 707.232,835E.	181
Figura 86. Delta en cúspide y lagunas costeras en la desembocadura del río Turbo PI-79IIA, coordenadas 1.390.681,650N, 704.560,538E	181
Figura 87. Lagunas costeras sobre el costado sur de la desembocadura del río Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.390.275,513N, 705.182,310E.	182
Figura 88. Llanura intermareal intervenida, localizada entre el río Cope y la Q. El Estorbo, PI-79IIA, coordenadas 1.394.064,354N, 707.547,690E.	183
Figura 89. Playas erosionadas, en el Caserío El Tié, vistas en el punto de control PC_027_613, PI-69IVC, coordenadas 1.403.525,873N, 704.949,477E.	184



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Figura 90. Planos y llanuras con vegetación halófila (Mpv), en la bocana del río Caimán Nuevo, PI-69IVC, coordenadas 1.408.304,258N, 703.414,890E.....	184
Figura 91. Terraza marina localizada al sur de la desembocadura del río Caimán Viejo, PI-69IVA, coordenadas 1.416.311,624N, 704.849,993E.....	185
Figura 92. Cantera Piedrecita (Aca), ubicada al norte de la Quebrada El Tié, costado derecho de la vía a Necoclí, Estación SMAR_077, PI-79IIA, coordenadas 1.403.162,335N, 705.629,457E.	186
Figura 93. Canal artificial de Casanova, visto sobre una Foto Aérea a color, utilizado para el transporte de banano, PI-79IIC, coordenadas 1.385.962,003N, 708.975,385E.....	186
Figura 94. Área poblada urbana de la localidad de Turbo, rodeada por el mar, PI-78IIC, coordenadas 1.387.925,215N, 707.818,624E.....	187
Figura 95. Modelo del origen y evolución de la serie de eventos y procesos que actuaron en forma similar en la cuenca del río Turbo-Currulao.....	188
Figura 96. Plantaciones de plátano y banano sobre la extensa planicie aluvial de piedemonte en la subregión del Urabá, Antioqueño, vista SW, desde la Estación SMAR_42-531, PI-79IIA, coordenadas, 1.379.542,934N, 719.091,175E.	189
Figura 97. Modelo esquemático de los procesos de erosión y sedimentación, similares a los ocurridos en la cuenca baja de los ríos Turbo-Currulao.	190
Figura 98. Esquema de los ambientes marino, litoral-costero y Continental, y su similitud con las unidades geomorfológicas en la Cuenca del río Turbo-Currulao.....	190
Figura 99. Procedimiento general para la elaboración mapa geomorfológico con fines edafológicos.....	195
Figura 100. Procedimiento general para la elaboración del mapa geomorfológico con fines edafológicos.....	200
Figura 101. Mapa de unidades geomorfológicas IGAC- Zinck.	203
Figura 102. Ladera estructural es en montaña.....	205
Figura 103. Laderas erosiónales en montaña.....	206
Figura 104. Lomas de montaña.	207
Figura 105. Glacis en paisaje de montaña.....	207
Figura 106. Plano de terraza en valle estrecho de montaña.....	208
Figura 107. Plano de terraza 2 de valle estrecho en paisaje de montaña.....	209
Figura 108. Vega de valle estrecho en montaña.....	209
Figura 109. Vallecitos de montaña.	210
Figura 110. Ladera erosional de crestón en lomas.....	211
Figura 111. Ladera estructural de crestón en lomas.	212
Figura 112. Ladera erosional de espinazo en lomas.....	213
Figura 113. Ladera estructural de espinazo en lomas.	213
Figura 114. Lomas del paisaje lomerío en arenitas.....	214
Figura 115. Lomas del paisaje Lomerío en Lodolitas.....	214
Figura 116. Volcanes de lodo en paisaje de Lomerío.....	215
Figura 117. Glacís en lomerío.....	216
Figura 118. Bajos de terraza 1 de valle estrecho en Lomerío.....	217
Figura 119. Plano Terraza nivel 1 en valle estrecho de Lomerío.	217
Figura 120. Plano de terraza 2 en valle estrecho de Lomerío.	218
Figura 121. Vega de valle estrecho en Lomerío.....	218
Figura 122. Vega de Vallecito en Lomerío.	219
Figura 123. Ápice de abanico en Piedemonte.....	220
Figura 124. Bajos en abanico de Piedemonte.	220
Figura 125. Cuerpo de abanico en Piedemonte.....	221



Figura 126. Cordón de playa en planicie marina.	222
Figura 127. Lagunas costeras en planicie marina.	223
Figura 128. Marismas en planicie marina	223
Figura 129. Plano de terraza marina	224
Figura 130. Plano de terraza marina	224
Figura 131. Vegas de vallecito en planicie marina	225

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Carga contaminante por actividad productiva.	55
Gráfico 2. Porcentaje de carga contaminante en la cuenca río Turbo-Currulao.	56
Gráfico 3. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Arriba, época húmeda.	61
Gráfico 4. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Arriba, época seca. ...	61
Gráfico 5. Caudales para Nuevo Antioquia Aguas Arriba en época húmeda y seca.	61
Gráfico 6. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Abajo, época húmeda.	62
Gráfico 7. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Abajo, época seca.	62
Gráfico 8. Caudales para Nuevo Antioquia Aguas Abajo en época húmeda y seca.	62
Gráfico 9. Sección transversal aforada río Caraballo, época húmeda.	63
Gráfico 10. Sección transversal aforada río Caraballo, época seca.	63
Gráfico 11. Caudales para río Caraballo en época húmeda y seca.	63
Gráfico 12. Sección transversal aforada Guadualito vereda la Trampa, época húmeda.	64
Gráfico 13. Sección transversal aforada Guadualito vereda la Trampa, época seca. ...	64
Gráfico 14. Caudales para Guadualito vereda la Trampa en época húmeda y seca. ...	64
Gráfico 15. Sección transversal aforada río Turbo vereda río Turbo, época húmeda...	65
Gráfico 16. Sección transversal aforada río Turbo vereda río Turbo, época seca.....	65
Gráfico 17. Caudales para río Turbo vereda río Turbo en época húmeda y seca.	65
Gráfico 18. Sección transversal aforada Desembocadura río Cope, época seca.	66
Gráfico 19. Sección transversal aforada Desembocadura río Punta de Piedra, época seca.	67
Gráfico 20. Sección transversal aforada Desembocadura río Cirilo, época seca.	67
Gráfico 21. Sección transversal aforada Desembocadura río Totumo, época húmeda. 68	
Gráfico 22. Sección transversal aforada río Caimán Viejo época húmeda.	69
Gráfico 23. Sección transversal aforada río Caimán Viejo, época seca.	69
Gráfico 24. Caudales para Desembocadura río Caimán Viejo en época húmeda y seca.	70
Gráfico 25. Caudales aforados en campañas de monitoreo.	71
Gráfico 26. Temperatura del agua durante las campañas de muestreo, época húmeda y seca.....	72
Gráfico 27. Oxígeno disuelto época húmeda y seca.	73
Gráfico 28. Demanda Bioquímica de oxígeno, época húmeda y seca.....	74
Gráfico 29. Demanda química de Oxígeno, época húmeda y seca.	75
Gráfico 30. Concentración de sólidos suspendidos totales, época húmeda y seca.	76
Gráfico 31. pH en agua superficial, época húmeda y seca.	78
Gráfico 32. Fósforo total en agua, época húmeda y seca.....	79
Gráfico 33. Nitrógeno total en agua, época húmeda y seca.	80
Gráfico 34. Conductividad en agua superficial, época húmeda y seca.	81
Gráfico 35. Coliformes fecales. Muestreo época húmeda.	82



Gráfico 36. Coliformes fecales. Muestreo época seca.	83
Gráfico 37. Índice de calidad de agua. Época húmeda.	85
Gráfico 38. Índice de calidad de agua. Época seca.	88
Gráfico 39. Promedio del índice de calidad de agua de seis y siete variables para ambas campañas monitoreadas.	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de monitoreo de la calidad del agua preestablecidas por CORPOURABA en el área de influencia del POMCA Río Turbo-Currulao.	13
Tabla 2. Distribución espacial de las estaciones de monitoreo preestablecidas para el Análisis de calidad y cantidad de agua superficial en la jurisdicción de CORPOURABA y estaciones complementarias por el POMCA (P: Preestablecida; C: Complementaria).	14
Tabla 3. Índice de calidad del agua para la estación TU-Q-CL-01.	19
Tabla 4. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-01.	20
Tabla 5. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-02.	21
Tabla 6. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-03.	21
Tabla 7. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-04.	22
Tabla 8. Índice de calidad del agua para la estación TU-Q-PT-01.	23
Tabla 9. Índice de calidad del agua para la estación TU-Q-VC-01.	24
Tabla 10. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-01.	25
Tabla 11. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-02.	25
Tabla 12. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-03.	26
Tabla 13. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-03.	26
Tabla 14. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-01.	27
Tabla 15. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-02.	28
Tabla 16. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-03.	29
Tabla 17. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-04.	29
Tabla 18. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-05.	30
Tabla 19. Índice de calidad del agua marina para la estación DGI038 época seca.	31
Tabla 20. Índice de calidad del agua marina para la estación DGI038 época húmeda.	32
Tabla 21. Promedio del índice de calidad del agua para la red monitoreo de CORPOURABA (CAS).	32
Tabla 22. Promedio del índice de calidad del agua marina para la red monitoreo de CORPOURABA (REDCAM).	33
Tabla 23. Actividades productivas predominantes en la cuenca río Turbo Currulao.	35
Tabla 24. Caracterización estaciones de bombeo municipio de Turbo.	40
Tabla 25. Caracterización fuentes receptoras municipio de Turbo.	40
Tabla 26. Proyección de la población y carga contaminante por DBO generada, recolectada y transportada 2008-2017.	42
Tabla 27. Proyección de la población y carga contaminante por SST generada, recolectada y transportada 2008-2017.	42
Tabla 28. Permisos de vertimiento cuenca río Turbo-Currulao.	43
Tabla 29. Resultados de inspección (marzo de 2012).	45
Tabla 30. Resultados del último monitorio del año 2015.	46
Tabla 31. Resultados del seguimiento del 17 de junio de 2015.	46
Tabla 32. Resultados de visita de seguimiento.	47
Tabla 33. Áreas de aprovechamiento de residuos sólidos, zona urbana municipio de Turbo.	48



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 34. Residuos aprovechados en Ton/mes, área urbana municipio de Turbo.	48
Tabla 35. Composición promedia de un lixiviado.	49
Tabla 36. Áreas de prestación del servicio de Futuraseo en los municipios de la cuenca río Turbo-Currulao.	50
Tabla 37. Niveles de disposición de residuos municipios de la cuenca.	50
Tabla 38. Frecuencia de recolección residuos sólidos - Futuraseo.	51
Tabla 39. Factores de vertimiento sector doméstico.	53
Tabla 40. Carga contaminante por subcuenca.	56
Tabla 41. Sitios de monitoreo de calidad de agua.	58
Tabla 42. Variables consideradas para el análisis de calidad y cantidad de agua superficial en la jurisdicción de CORPOURABA en las estaciones complementarias propuestas por el POMCA Río Turbo-Currulao.	59
Tabla 43. Método analítico y límite de cuantificación de los parámetros a analizar, usado por CORPOURABA (acreditado por el IDEAM).	59
Tabla 44. Caudales para Nuevo Antioquia Aguas Arriba.	61
Tabla 45. Caudales para Nuevo Antioquia Aguas Abajo.	62
Tabla 46. Caudales para río Caraballo.	63
Tabla 47. Caudales para Guadualito Vereda la Trampa.	64
Tabla 48. Caudales para río Turbo Vereda río Turbo.	65
Tabla 49. Caudales para Desembocadura río Cope.	66
Tabla 50. Caudales para Desembocadura río Punta de Piedra.	67
Tabla 51. Caudales para Desembocadura río Cirilo.	68
Tabla 52. Caudales para Desembocadura río El Totumo.	68
Tabla 53. Caudales para Desembocadura río Caimán Viejo.	69
Tabla 54. Límites permisibles según normatividad nacional.	71
Tabla 55. Resultados del ICA de seis y siete variables para la época húmeda.	84
Tabla 56. Resultados del ICA de seis y siete variables para la época seca.	88
Tabla 57. Resultados del ICA de seis y siete variables. Promedio época húmeda y seca.	91
Tabla 58. Resultados del ICA de seis y siete variables estaciones de CORPOURABA, año 2016.	92
Tabla 59. Resultados del ICA para estaciones de CORPOURABA año 2016.	93
Tabla 60. Oferta hídrica subcuencas para año medio y año seco.	94
Tabla 61. IACAL año medio.	96
Tabla 62. IACAL año seco.	98
Tabla 63. Ambientes morfogenéticos. Tomado de (Verstappen & Van Zuidam, 1992) y (SGC, 2012).	114
Tabla 64. Visión de la Jerarquización geomorfológica propuesta y aspectos generales de la nomenclatura y la relación entre geoformas en cada división o categoría. (Modificado de Carvajal, 2011).	116
Tabla 65. Rangos de altura o relieve relativo (SGC, 2012).	130
Tabla 66. Rangos de inclinación de la ladera (SGC, 2012).	130
Tabla 67. Rango de longitud de la ladera (SGC, 2012).	130
Tabla 68. Forma de la ladera (SGC, 2012).	131
Tabla 69. Forma de crestas y valles (SGC, 2012).	131
Tabla 70. Inventario de procesos morfodinámicos activos en la Cuenca Río Turbo-Currulao.	134
Tabla 71. Rangos de pendientes para los estudios de suelos.	196
Tabla 72. Leyenda geomorfológica.	201



3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO BIÓTICO

3.8 CALIDAD DE AGUA

Este capítulo presenta los productos generados en el desarrollo de las actividades relacionadas con el componente de calidad del agua en el marco de la fase de diagnóstico del POMCA río Turbo-Currulao. Las actividades se circunscriben al área delimitada como subzona objeto de estudio, comprendida entre la cuenca del río Caimán Viejo al norte y la cuenca del río Currulao al sur. En el área se destacan cinco cuencas hidrográficas de la región central y norte de Urabá: Caimán Viejo, Caimán Nuevo, Turbo, Guadualito y Currulao.

Las actividades planteadas corresponden a los términos de referencia descritos en la Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

El objetivo es presentar una evaluación de la información disponible en CORPOURABA sobre el estado del recurso hídrico en corrientes superficiales, obtenida a partir de la red de estaciones de monitoreo de la calidad del agua de la Corporación. Se identificarán también las actividades que se desarrollan en la cuenca y que generan vertimientos, así como los factores de contaminación asociados a dichas actividades y sistemas de tratamiento y manejo de residuos sólidos y aguas residuales.

Así mismo, a partir de la evaluación realizada a la red de monitoreo de la Corporación, se evaluará la red de monitoreo adicional, permitiendo obtener información complementaria a través de las dos campañas de muestreo en periodos hidrológicos contrastantes. Finalmente, con la información preexistente y aquella que se obtenga de forma adicional, se calculará el índice de calidad del agua (ICA) y el índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL).

3.8.1 Red de monitoreo de calidad de agua de CORPOURABA

CORPOURABA realiza procesos de gestión del recurso hídrico, entre ellos el monitoreo de la calidad del agua superficial en las principales fuentes hídricas de su jurisdicción. Este monitoreo representa un gran esfuerzo humano, logístico y financiero que brinda un panorama regional detallado de las características fisicoquímicas y ambientales de las corrientes de agua en Urabá, muchas de ellas constituyen la fuente de abastecimiento de acueductos urbanos y rurales, receptoras de vertimientos de aguas residuales, así como el hábitat para el desarrollo de la hidrobiota y la realización de actividades de recreación y pesca.

En total se realiza el monitoreo de la calidad del agua en 128 estaciones de diferentes cuerpos de agua; los primeros registros datan del año 2002-2003. En dichas estaciones, se hacen mediciones *in situ* de pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, entre otros; además, se recogen muestras que son analizadas en el laboratorio de aguas de la corporación para determinar parámetros como alcalinidad, dureza total, nitratos, coliformes totales y fecales, sólidos totales, turbiedad, DQO, DBO, entre otros.



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

En el área de influencia del POMCA Río Turbo-Currulao, la red de monitoreo de CORPOURABA posee 19 estaciones ubicadas en los ríos Caimán Nuevo, Turbo, Guadualito y Currulao, así como los caños Puerto Tranca y Veranillo y la quebrada La Culebrera (Tabla 1 y Figura 1). En esas estaciones se hacen mediciones *in situ* de pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales; además, se toman muestras que son analizadas en el laboratorio de aguas de CORPOURABA (alcalinidad, dureza total, nitratos, coliformes totales y fecales, sólidos totales, turbiedad, DQO y DBO). Los resultados de estos monitoreos se encuentran en una base de datos proporcionada por la autoridad ambiental; en dicha base se realizó el análisis, por medio de series de tiempo, de la red de monitoreo histórica de la Corporación, contemplando la variación espacio temporal de cada analito monitoreado. Cabe resaltar que el análisis no se pudo realizar por épocas climáticas contrastantes ya que CORPOURABA solo realiza un monitoreo anual, por lo cual no se puede realizar dicha comparación. El análisis mencionado se presenta en el [Anexo 61](#) Base de datos registro histórico monitoreo.

La red de monitoreo de calidad del agua de CORPOURABA es representativa sobre la mayor parte de la cuenca objeto de ordenación y manejo, la ubicación de los puntos de monitoreo se encuentra conforme a las áreas donde se concentran las actividades productivas en las cuencas de los ríos Currulao, Guadualito y Turbo, encontrándose 19 estaciones de muestreo. No obstante, se identificaron algunas áreas de importancia ambiental en las cuales no se ha monitoreado la calidad del agua, correspondientes a la parte media y alta de la mayoría de corrientes de agua que se vienen monitoreando, así como en algunas corrientes al norte de la cuenca.

Tabla 1. Estaciones de monitoreo de la calidad del agua preestablecidas por CORPOURABA en el área de influencia del POMCA Río Turbo-Currulao.

FUENTE HÍDRICA	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS*	
		Longitud	Latitud
Río Caimán Nuevo	Desembocadura	76,772603	8,268277
Río Turbo	Quebrada Los Indios	76,674361	8,139778
	Antes de El Dos	76,682611	8,130028
	Puente El Dos	76,692500	8,126917
	Bocatoma CONHYDRA	76,702361	8,128056
	Desembocadura	76,743861	8,125928
	Qda. La Culebrera	76,654667	8,124250
Río Guadualito	El Limón	76,612722	8,081833
	Futuraseo S.A. E.S.P.	76,651389	8,071361
	Puente Guadualito	76,657278	8,065694
	Después del pueblo	76,663750	8,060250
Río Currulao	Desembocadura	76,712083	8,027722
	Antes del río Caraballo	76,603750	8,009667
	Antes de área urbana (arena)	76,628806	7,993694
	Después de área urbana	76,641806	7,989028
	Desembocadura (Puerto César)	76,721361	8,019139
Caño Puerto Tranca	Antes de La Lucila	76,715944	8,103639
	Desembocadura	76,730472	8,097528
Caño Veranillo	Desembocadura	76,726972	8,090444

*Datum WGS84. Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2014.

Fuente: CORPOURABA, 2014



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Los Alcances técnicos para la formulación del presente POMCA, establecen que, “*tomando en consideración el estado de monitoreo en la cuenca, se harán como mínimo seis (6) puntos de muestreo en corrientes y/o tramos donde no exista información de calidad de agua, en sitios previamente acordados con la Corporación y la interventoría los cuales serán georreferenciados*” (Fondo Adaptación, 2014, pág. 24). Por lo anterior se ubicaron 10 nuevas estaciones para complementar la red (Tabla 2). Cabe mencionar que, en estas nuevas estaciones de monitoreo, las muestras que se recolectaron fueron tomadas en un muestreo manual dado que se realiza en sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones facilitaron la toma de muestras. Lo que permitió al encargado de tomar la muestra, observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales. El tipo de muestra que se usó fue puntual, es decir, la muestra se tomó en un lugar representativo en un período de tiempo determinado y época climática que defina la zona, según lo descrito en el manual de monitoreo del IDEAM (IDEAM, 2007) para aguas superficiales, donde además, de acuerdo con el tamaño de la corriente y de su morfología se aplicará este tipo de toma de muestra, ya que, la corriente de los afluentes monitoreados presenta buena mezcla y tiene menos de 100 m de ancho. Esta metodología fue avalada por la Corporación y la interventoría; además, en el momento de la toma de la muestra, se contó con la compañía de un técnico de CORPOURABA. De esta manera, en la Figura 1 se aprecia la forma como quedó establecida la red con la incursión de los sitios nuevos.

Tabla 2. Distribución espacial de las estaciones de monitoreo preestablecidas para el Análisis de calidad y cantidad de agua superficial en la jurisdicción de CORPOURABA y estaciones complementarias por el POMCA (P: Preestablecida; C: Complementaria).

FUENTE HÍDRICA	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	P	C	COORDENADAS*		TIPO DE MUESTRA
				Longitud	Latitud	
Río Caimán Viejo	Desembocadura			76,758351	8,355876	Puntual
Río El Totumo	Desembocadura			76,752430	8,320461	Puntual
Río Caimán Nuevo	Desembocadura			76,772603	8,268277	Puntual
Río Cirilo	Desembocadura			76,749277	8,210381	Puntual
Río Punta de Piedra	Desembocadura			76,743975	8,185592	Puntual
Río Cope	Desembocadura			76,737619	8,162647	Puntual
	Vereda río Turbo			76,621397	8,152488	Puntual
	Quebrada Los Indios			76,674361	8,139778	Puntual
	Antes de El Dos			76,682611	8,130028	Puntual
Río Turbo	Puente El Dos			76,692500	8,126917	Puntual
	Bocatoma CONHYDRA			76,702361	8,128056	Puntual
	Desembocadura			76,743861	8,125928	Puntual
	Qda. La Culebrera			76,654667	8,124250	Puntual
Río Guadualito	Vereda la Trampa			76,601427	8,110242	Puntual
	El Limón			76,612722	8,081833	Puntual
	Futuraseo S.A. E.S.P.			76,651389	8,071361	Puntual
	Puente Guadualito			76,657278	8,065694	Puntual



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

FUENTE HÍDRICA	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	P	C	COORDENADAS*		TIPO DE MUESTRA
				Longitud	Latitud	
Río Currulao	Después del pueblo	■	■	76,663750	8,060250	Puntual
	Desembocadura			76,712083	8,027722	Puntual
	Antes de Nueva Antioquia	■	■	76,510949	8,034286	Puntual
	Después de Nueva Antioquia			76,525663	8,039517	Puntual
	Río Caraballo	■	■	76,601466	8,008948	Puntual
	Antes del río Caraballo			76,603750	8,009667	Puntual
	Antes de área urbana (arenera)			76,628806	7,993694	Puntual
	Después de área urbana			76,641806	7,989028	Puntual
	Desembocadura (Puerto César)	76,721361	8,019139	Puntual		
	Caño Puerto Tranca	Antes de La Lucila	■	■	76,715944	8,103639
Desembocadura	76,730472	8,097528			Puntual	
Desembocadura	76,726972	8,090444			Puntual	
Número de estaciones		19	10			

Fuente: Elaboración propia.

EN ETAPA DE PUBLICIDAD



FASE DE DIAGNOSTICO
 PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

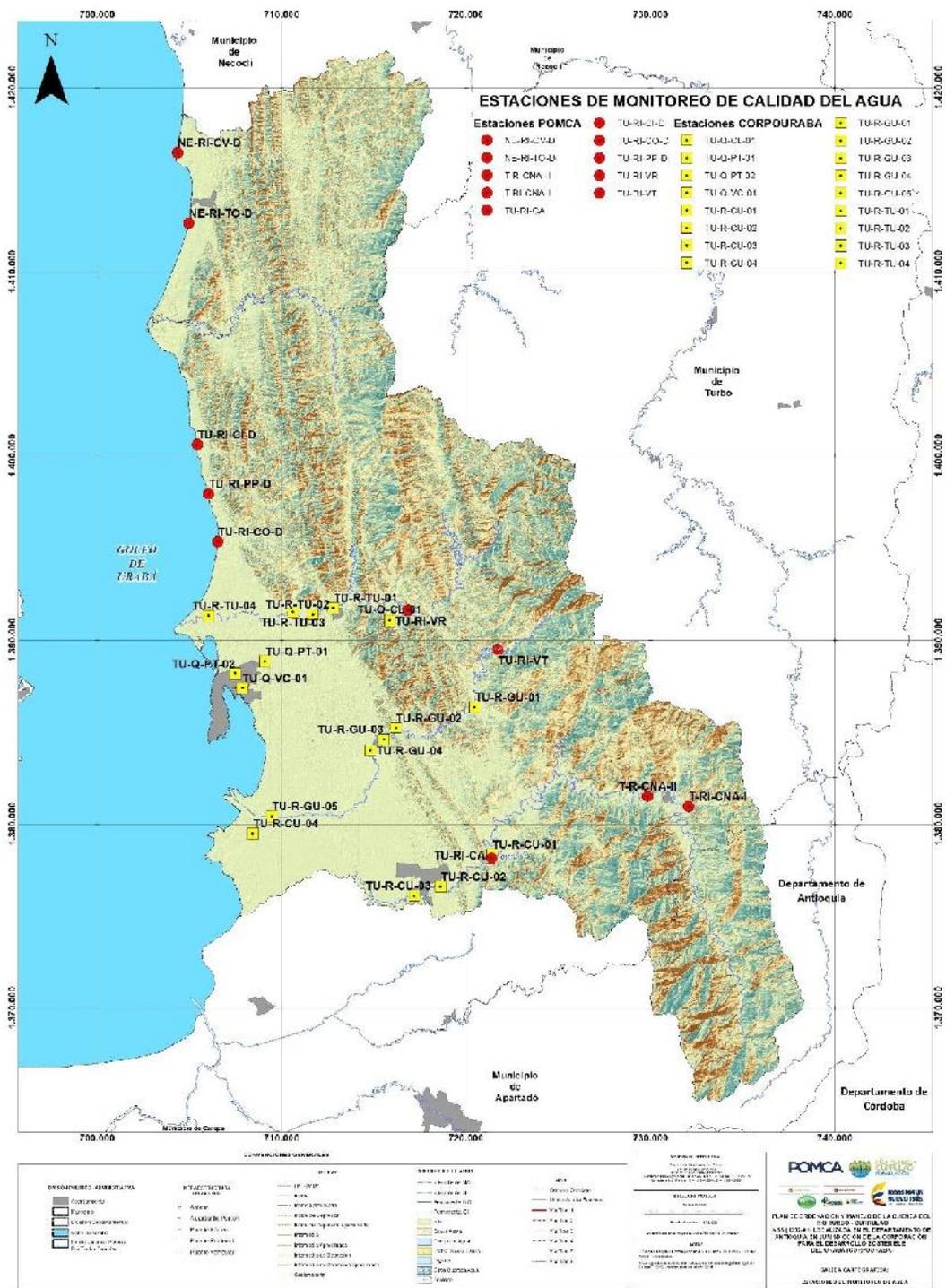
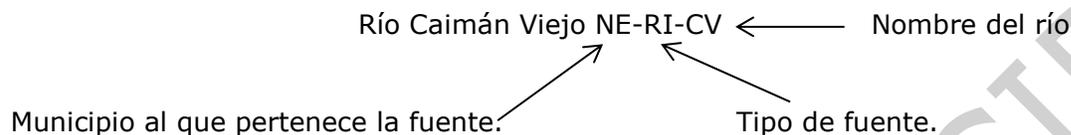


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de monitoreo de calidad del agua en corrientes superficiales en el área de influencia del POMCA Río Turbo-Currulao.
 Fuente: Elaboración propia.



3.8.2 Nuevas estaciones de muestreo

Para estos sitios se usó la codificación interna de CORPOURABA para aguas superficiales la cual está dividida en tres segmentos: Inicial del municipio donde pertenece la fuente, inicial tipo de fuente (caño, quebrada, río) y las iniciales del nombre de la fuente.



Para el caso de las desembocaduras después del nombre del afluente se le adiciona la letra D para indicar que son desembocaduras.

Río Caimán Viejo (NE-RI-CV-D): Es el punto más al norte de la cuenca, atraviesa las veredas de El Tigre, La Olga, Caimán Viejo, La Yoki Cenizosa, además de una serie de corrientes provenientes de otras veredas del municipio; sumado a que, en su margen izquierda en el tramo final de éste, hay presencia de potreros usados para ganadería.

Desembocadura río el Totumo (NE-RI-TU-D): Se encuentra ubicado en el corregimiento el Totumo, al sur de la zona de playa principal cerca de 300 m, cercano a este punto se hallan algunas casas de pescadores, así como potreros privados, aunque está alejado del casco urbano del municipio. Dada la cercanía de este punto con la playa y por procesos de mareas, sus aguas pueden llegar hasta este punto afectando su calidad y por ende a los bañistas.

Desembocadura río Cirilo (TU-RI-CI-D): Cerca a este punto se encuentra una antigua construcción abandonada a unos 100 m del margen derecho; en ambos márgenes del río se encuentran potreros privados usados para ganadería que se extienden hasta la vía principal (Turbo-Necoclí). En su cuenca se encuentra la vereda Cirilo y el centro campestre Aquarium central.

Desembocadura río Punta de Piedra (TU-RI-PP-D): Por su ubicación sobre la carretera, la vereda Punta de Piedra se convirtió en un lugar de asiento y paso obligado en el recorrido Turbo – Necoclí y viceversa, por lo que es una zona de turismo de fin de semana o de asentamiento. Un ejemplo de esto se puede ver contiguo a la desembocadura, donde está un complejo de cabañas para turismo de sol y playa. El río además atraviesa la vereda, así como la vía principal.

Desembocadura río Cope (TU-RI-CO-D): en la margen derecha del río se encuentra la vereda Cope, así como potreros en su margen izquierda, además atraviesa la vía Turbo- Necoclí. Contiguo a la desembocadura se encuentran algunas viviendas y zonas de camping que se usan para turismo sol y playa, sobre todo los fines de semana o en temporadas altas, ya que se encuentra en el circuito turístico que inicia en las playas de la Martina hasta el Tié.

Vereda la Trampa (TU-RI-VT): Se encuentra ubicado en el río Guadualito por la vía que del corregimiento El Tres conduce hacia el municipio de San Pedro de Urabá, en el



sector de la vereda la Trampa. Por tal motivo, el punto se halla alejado del casco urbano del corregimiento. El cauce atraviesa zonas de potreros, así como cultivos de banano establecidos.

Vereda río Turbo (TU-RI-VR): Se halla en la zona superior del río Turbo, a 2,1 km de la vereda del mismo nombre. El área circundante presenta primordialmente potreros, así como algunos cultivos de banano cercanos al cauce.

Río Caraballo (TU-RI-CB): Este río es un tributario del río Currulao; cercano a éste, se encuentra el corregimiento de Currulao. En sus márgenes hay fuerte presencia antrópica, por medio de cultivos de banano, así como la extracción de material de playa.

Vereda Nueva Antioquia Aguas arriba (TU-RI-NA-I): Se ubica en el río Currulao en la parte alta a 500 m aguas arribas de la vereda de Nueva Antioquia, en su margen derecha se halla una extensión de cultivos de banano.

Vereda Nueva Antioquia aguas abajo (TU-RI-NA-II): Se ubica en la microcuenca del río Currulao a 800 m después que el río pasa por la vereda Nueva Antioquia; es una zona que puede servir para comparar si hay efecto en sus condiciones fisicoquímicas debido al paso del río por las fincas adyacentes y por la vereda.

3.8.3 Diagnóstico del recurso hídrico mediante el índice de calidad de agua para la red de monitoreo de CORPOURABÁ

La red de monitoreo de calidad del agua de CORPOURABA hace parte del programa interno de Calidad de Agua Superficial (CAS), la ubicación de los puntos de monitoreo se encuentra conforme a las áreas donde se concentran las actividades productivas en las subcuencas de los ríos Currulao, Guadualito y Turbo. Además de esta red la Corporación hace parte de la red de monitoreo de la calidad ambiental marina REDCAM, donde una de las estaciones se halla dentro de la cuenca en la zona norte, ubicándose en la subcuenca del río Caimán Nuevo.

Para el diagnóstico de las estaciones de la red del CAS que hacen parte de la cuenca, se tomó la base de datos suministrada por la corporación, procesando la información para generar el índice de calidad del agua ICA para seis y siete variables para cada año monitoreado. Se usaron seis variables fisicoquímicas (oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, pH, conductividad, la relación nitrógeno total/fósforo total y demanda química de oxígeno), para el cálculo del ICA con seis (6) variables y se usó un séptimo parámetro para el ICA con siete (7) variables, el cual es la concentración de coliformes fecales en agua (*Escherichia coli*). Con respecto a la variable "relación de nitrógeno total y fósforo total", solo en el año 2016 se tomaron datos para estos parámetros, por lo que se optó por usar las especies solubles de éstos (nitrato NO_3 y fosfato PO_4), como se indica en el Estudio Nacional del Agua -ENA de 2010.

A continuación, se presenta el análisis de toda la información de la red de monitoreo existente con los resultados obtenidos para el ICA de acuerdo a los datos de los muestreos efectuados en los diversos años de campaña para cada subcuenca. Es importante mencionar que solo se reporta una toma de muestra al año en todas las estaciones monitoreadas por la Corporación, por lo tanto, no hay muestras para épocas



climáticas contrastantes, excepto para la estación perteneciente a REDCAM que tiene dos mediciones anuales. Por lo anterior, a las estaciones del CAS se les realizó solo un análisis espaciotemporal a cada una de ellas, y como se mencionó anteriormente solo la estación que hace parte de la REDCAM posee registros en época húmeda y seca anualmente, por tal, se analizaron sus resultados no solo en espacio y tiempo sino también entre épocas climáticas.

En el [Anexo 61](#) se presenta la base de datos (archivo Excel) de la red de monitoreo de CORPOURABA con los resultados históricos de las variables monitoreadas en cada una de las estaciones.

3.8.4 Subcuenca de Turbo

3.8.4.1 Estación bocatoma TU-Q-CL-01

El primer monitoreo para esta estación se dio en el año 2003, donde se realizaron dos monitoreos en épocas climáticas diferentes, esto se hizo hasta el siguiente año (2004), desde ahí solo se tomó una muestra por año. Para los años 2011 y 2016 no hay reportes para esta estación. El ICA con seis (6) variables, arrojó una calidad entre ACEPTABLE, REGULAR Y MALA para esta estación, encontrando que el 66% se encuentra con una calidad del recurso REGULAR tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Índice de calidad del agua para la estación TU-Q-CL-01.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Bocatoma	21/03/2003	TU-Q-CL-01	54,89	REGULAR	42,87	MALA
Bocatoma	07/07/2003	TU-Q-CL-01	63,25	REGULAR	50,57	REGULAR
Bocatoma	11/11/2003	TU-Q-CL-01	65,38	REGULAR	49,48	MALA
Bocatoma	23/07/2004	TU-Q-CL-01	67,51	REGULAR	56,60	REGULAR
Bocatoma	23/07/2004	TU-Q-CL-01	82,32	ACEPTABLE	66,16	REGULAR
Bocatoma	03/08/2005	TU-Q-CL-01	63,32	REGULAR	44,31	MALA
Bocatoma	06/03/2006	TU-Q-CL-01	60,30	REGULAR	51,81	REGULAR
Bocatoma	11/06/2007	TU-Q-CL-01	46,32	MALA	38,71	MALA
Bocatoma	15/07/2008	TU-Q-CL-01	63,64	REGULAR	54,28	REGULAR
Bocatoma	08/05/2009	TU-Q-CL-01	59,41	REGULAR	52,18	REGULAR
Bocatoma	11/03/2010	TU-Q-CL-01	75,03	ACEPTABLE	62,00	REGULAR
Bocatoma	13/03/2012	TU-Q-CL-01	71,82	ACEPTABLE	61,82	REGULAR
Bocatoma	16/10/2013	TU-Q-CL-01	54,93	REGULAR	47,53	MALA
Bocatoma	17/02/2014	TU-Q-CL-01	67,24	REGULAR	58,29	REGULAR
Bocatoma	11/03/2015	TU-Q-CL-01	49,51	MALA	32,81	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Al ver el índice con siete (7) variables, se encontró que la calidad del recurso estuvo entre REGULAR y MALA, donde se mantiene el porcentaje cercano al 60% de años con una calidad REGULAR, por su parte el 40% presentó una calidad MALA. Cabe decir que la diferencia entre años que reportaron calidad MALA es de un intervalo de un año, en el caso del ICA con siete variables, mientras con seis pasaron cerca de siete años para un resultado de calidad MALA.



3.8.4.2 Estación antes de El Dos TU-R-TU-01

En este sitio el primer monitoreo se efectuó en el año 2006 y solo se reporta un dato anual hasta el año 2016, con excepción del año 2009, donde se hicieron dos monitoreos: uno en transición a la época húmeda y otro en época húmeda.

Para el ICA de seis (6) variables, este punto reportó que, para los años de monitoreo, su calidad está entre REGULAR y MALA, tendiendo con 58% de los años hacia una calidad MALA; los datos de estos años fueron tomados en meses donde hay influencia de lluvias, mientras las que reportaron una calidad REGULAR fueron en años donde la muestra se tomó durante la época seca o de transición a la época húmeda.

Tabla 4. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-01

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Antes de El Dos	20/06/2006	TU-R-TU-01	31,51	MALA	22,02	MUY MALA
Antes de El Dos	06/11/2007	TU-R-TU-01	35,82	MALA	24,33	MUY MALA
Antes de El Dos	15/07/2008	TU-R-TU-01	62,97	REGULAR	44,01	MALA
Antes de El Dos	28/05/2009	TU-R-TU-01	60,25	REGULAR	40,40	MALA
Antes de El Dos	29/09/2009	TU-R-TU-01	30,85	MALA	19,25	MUY MALA
Antes de El Dos	11/03/2010	TU-R-TU-01	50,18	REGULAR	32,09	MALA
Antes de El Dos	31/03/2011	TU-R-TU-01	27,08	MALA	19,25	MUY MALA
Antes de El Dos	13/03/2012	TU-R-TU-01	60,50	REGULAR	43,39	MALA
Antes de El Dos	16/10/2013	TU-R-TU-01	49,25	MALA	30,24	MALA
Antes de El Dos	17/02/2014	TU-R-TU-01	57,30	REGULAR	50,62	REGULAR
Antes de El Dos	15/03/2015	TU-R-TU-01	47,50	MALA	33,11	MALA
Antes de El Dos	15/11/2016	TU-R-TU-01	45,21	MALA	30,14	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Con el ICA de siete (7) variables se presentó un deterioro sobre el índice para casi todos los años reportados, encontrando que la calidad oscila entre MALA Y MUY MALA principalmente; solo para el 2014 se tuvo una calidad REGULAR, manteniéndose en la mayoría de los años con una calidad MALA (58%). Solo los años 2006 y 2007 presentaron calidad MUY MALA de forma consecutiva.

3.8.4.3 Estación puente de El Dos TU-R-TU-02

En esta estación se reportan datos desde el año 2003, donde, junto a los años 2004, 2005 y 2009, se realizaron dos campañas de monitoreos. Para los demás años, se hizo un solo monitoreo y se han hecho ininterrumpidamente hasta el año 2016.

Al ver los valores encontrados para el ICA de seis (6) variables, para los años donde se hizo monitoreo en época húmeda y seca, se encuentra que la calidad del recurso se mantiene en REGULAR, aunque para el año 2009 (época húmeda) se presentó una calidad MALA (Tabla 5).



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 5. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-02.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Puente El Dos	21/03/2003	TU-R-TU-02	51,69	REGULAR	44,17	MALA
Puente El Dos	07/07/2003	TU-R-TU-02	51,74	REGULAR	44,96	MALA
Puente El Dos	11/11/2003	TU-R-TU-02	52,43	REGULAR	33,74	MALA
Puente El Dos	23/07/2004	TU-R-TU-02	69,92	REGULAR	57,53	REGULAR
Puente El Dos	23/07/2004	TU-R-TU-02	58,14	REGULAR	38,64	MALA
Puente El Dos	03/02/2005	TU-R-TU-02	59,26	REGULAR	45,72	MALA
Puente El Dos	02/08/2005	TU-R-TU-02	38,87	MALA	24,64	MUY MALA
Puente el Dos	06/03/2006	TU-R-TU-02	62,40	REGULAR	41,38	MALA
Puente El Dos	06/11/2007	TU-R-TU-02	31,66	MALA	21,14	MUY MALA
Puente El Dos	15/07/2008	TU-R-TU-02	62,50	REGULAR	41,14	MALA
Puente El Dos	28/05/2009	TU-R-TU-02	52,89	REGULAR	36,86	MALA
Puente El Dos	29/09/2009	TU-R-TU-02	33,15	MALA	19,25	MUY MALA
Puente El Dos	11/03/2010	TU-R-TU-02	37,12	MALA	23,80	MUY MALA
Puente El Dos	31/03/2011	TU-R-TU-02	26,90	MALA	19,25	MUY MALA
Puente El Dos	13/03/2012	TU-R-TU-02	45,88	MALA	34,79	MALA
Puente El Dos	16/10/2013	TU-R-TU-02	49,15	MALA	30,24	MALA
Puente El Dos	17/02/2014	TU-R-TU-02	48,13	MALA	49,13	MALA
Puente El Dos	15/03/2015	TU-R-TU-02	39,22	MALA	34,41	MALA
Puente El Dos	15/11/2016	TU-R-TU-02	45,31	MALA	35,40	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

La calidad del recurso ICA seis (6) variables, para los años de muestreo se encuentran entre REGULAR y MALA, encontrándose una disminución en su calidad con el paso del tiempo ya que desde el 2009 hasta el 2016 su calidad es MALA. Por su parte, para el ICA con siete (7) variables la calidad del recurso disminuyó encontrando una tendencia hacia una calidad MALA y MUY MALA; sólo el año 2004 presentó un valor de calidad REGULAR. Los años 2005, 2007, 2009, 2010 y 2011 fueron los años que el índice mostró la calidad más baja, aumentando a MALA en los siguientes años.

3.8.4.4 Estación Bocatoma Conhydra TU-R-TU-03

En esta estación, la toma de muestras se dio en el año 2003, encontrando años donde se realizaron dos monitoreos por época climática (2003, 2004, 2005, 2006, 2009); en éstas, solo las campañas efectuadas para el año 2004 presentaron una calidad REGULAR. Para las demás campañas realizadas durante la época húmeda, se obtuvo también calidad REGULAR. Cabe mencionar que esta estación solo tiene un valor ACEPTABLE y fue durante la campaña de la época seca del 2005.

Tabla 6. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-03

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Bocatoma CONHYDRA	07/07/2003	TU-R-TU-03	60,22	REGULAR	41,96	MALA
Bocatoma CONHYDRA	11/11/2003	TU-R-TU-03	43,86	MALA	27,37	MALA
Bocatoma CONHYDRA	23/07/2004	TU-R-TU-03	68,41	REGULAR	53,65	REGULAR
Bocatoma CONHYDRA	20/09/2004	TU-R-TU-03	53,92	REGULAR	35,14	MALA
Bocatoma CONHYDRA	14/02/2005	TU-R-TU-03	74,92	ACEPTABLE	51,74	REGULAR
Bocatoma CONHYDRA	02/08/2005	TU-R-TU-03	34,94	MALA	21,14	MUY MALA



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Bocatoma CONHYDRA	06/03/2006	TU-R-TU-03	61,77	REGULAR	47,30	MALA
Bocatoma CONHYDRA	20/06/2006	TU-R-TU-03	34,61	MALA	22,68	MUY MALA
Bocatoma CONHYDRA	06/11/2007	TU-R-TU-03	36,39	MALA	25,17	MUY MALA
Bocatoma CONHYDRA	11/03/2010	TU-R-TU-03	43,21	MALA	25,93	MALA
Bocatoma CONHYDRA	31/03/2011	TU-R-TU-03	41,27	MALA	28,35	MALA
Bocatoma CONHYDRA	13/03/2012	TU-R-TU-03	48,42	MALA	46,21	MALA
Bocatoma CONHYDRA	16/10/2013	TU-R-TU-03	41,29	MALA	23,94	MUY MALA
Bocatoma CONHYDRA	17/02/2014	TU-R-TU-03	52,62	REGULAR	50,96	REGULAR
Bocatoma CONHYDRA	15/07/2008	TU-R-TU-03	34,14	MALA	20,57	MUY MALA
Bocatoma CONHYDRA	28/05/2009	TU-R-TU-03	56,37	REGULAR	37,55	MALA
Bocatoma CONHYDRA	29/09/2009	TU-R-TU-03	33,02	MALA	19,25	MUY MALA
Bocatoma CONHYDRA	15/03/2015	TU-R-TU-03	29,66	MALA	28,09	MALA
Bocatoma CONHYDRA	15/11/2016	TU-R-TU-03	30,20	MALA	25,92	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

De forma general, la calidad del agua para esta estación se mantuvo entre una calidad REGULAR Y MALA, con un 58% de los años evaluados en esa última categoría; además, se mantiene una tendencia de calidad MALA en los años posteriores al 2006 (Tabla 6).

Con el ICA de siete (7) variable se apreció una disminución en la calidad del recurso para todos los años, encontrándose entre REGULAR, MALA y MUY MALA. La tendencia anual se mantiene con una calidad MALA, por su parte solo tres años mostraron calidad REGULAR. Los años que reportaron calidad MUY MALA (2005, 2006, 2007, 2008, 2009) se componen de mediciones durante la época húmeda y de transición. Se aprecia entre ambos ICA que esta estación presentó una calidad MALA en un 58% de los años monitoreados.

3.8.4.5 Estación desembocadura río Turbo TU-R-TU-04

Los monitoreos para esta estación, ubicada en la parte baja de la cuenca, fueron iniciados en el año 2003, donde junto a los años 2004, 2005, 2006 y 2009, se realizaron monitoreos en épocas climáticas diferentes, mientras para los demás años, sólo se hizo un muestreo. Los años que tuvieron dos campañas presentaron una calidad del recurso REGULAR durante la época seca (para el ICA seis (6) variables); durante la época húmeda, la estación reportó una calidad MALA con excepción del año 2009, donde en ambos monitoreos, la calidad reportada para el índice fue MALA para el ICA de seis (6) variables.

El ICA de siete (7) variables, para estos años con campañas climáticas contrastantes, presentó una tendencia a disminuir la calidad con cada año monitoreado, iniciando con una calidad REGULAR, MALA y llegando a MUY MALA en el 2009 (Tabla 7).

Tabla 7. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-TU-04.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Desembocadura	07/07/2003	TU-R-TU-04	61,17	REGULAR	55,65	REGULAR
Desembocadura	11/11/2003	TU-R-TU-04	45,52	MALA	31,51	MALA
Desembocadura	23/07/2004	TU-R-TU-04	68,84	REGULAR	56,02	REGULAR
Desembocadura	20/09/2004	TU-R-TU-04	52,58	REGULAR	35,14	MALA



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Desembocadura	14/02/2005	TU-R-TU-04	54,22	REGULAR	49,73	MALA
Desembocadura	02/08/2005	TU-R-TU-04	54,07	REGULAR	37,85	MALA
Desembocadura	06/03/2006	TU-R-TU-04	56,75	REGULAR	39,58	MALA
Desembocadura	20/06/2006	TU-R-TU-04	35,54	MALA	24,97	MUY MALA
Desembocadura	06/11/2007	TU-R-TU-04	28,70	MALA	21,68	MUY MALA
Desembocadura	16/07/2008	TU-R-TU-04	30,35	MALA	21,14	MUY MALA
Desembocadura	24/06/2009	TU-R-TU-04	28,53	MALA	19,25	MUY MALA
Desembocadura	29/09/2009	TU-R-TU-04	31,28	MALA	19,25	MUY MALA
Desembocadura	11/03/2010	TU-R-TU-04	35,69	MALA	32,01	MALA
Desembocadura	31/03/2011	TU-R-TU-04	31,18	MALA	28,35	MALA
Desembocadura	13/03/2012	TU-R-TU-04	56,90	REGULAR	36,61	MALA
Desembocadura	16/10/2013	TU-R-TU-04	35,53	MALA	19,25	MUY MALA
Desembocadura	17/02/2014	TU-R-TU-04	50,34	REGULAR	34,57	MALA
Desembocadura	15/03/2015	TU-R-TU-04	41,84	MALA	33,03	MALA
Desembocadura	15/11/2016	TU-R-TU-04	28,79	MALA	23,85	MUY MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

En general, para la el ICA de seis (6) variables, esta estación presentó una calidad del recurso REGULAR Y MALA, obteniendo los primeros años, además del 2012 y 2014, valores de calidad REGULAR; se mantuvo una tendencia del 58% de los años monitoreados con una calidad MALA. Al ver los resultados obtenidos en la Tabla 7 para el ICA con siete (7) variables, la calidad de este sitio presentó un fuerte cambio ya que solo para el año 2003 y 2004 presentó una calidad REGULAR del recurso, con una tendencia en los siguientes años entre MALA y MUY MALA. Cabe decir que los años 2006/2 hasta el 2009 mantuvo una calidad MUY MALA del recurso, solo mejorando levemente para los siguientes años hasta 2013 y 2016 que vuelve a caer.

3.8.4.6 Estación antes de la Lucila y desembocadura TU-Q-PT-01/ TU-Q-PT-02

Estas estaciones se ubican en la quebrada Puerto Tranca que atraviesa el municipio de Turbo, la recolección de información para el análisis de calidad ambiental se da desde el año 2007 realizando solo un monitoreo por año con excepción del 2015 que no se realizó. Para la estación TU-Q-PT-01 (antes de la Lucila) el ICA con seis (6) variables osciló entre calidad REGULAR Y MALA. Por su parte los resultados para el ICA con siete (7) variables, muestran una calidad MALA para todos los años monitoreados.

Tabla 8. Índice de calidad del agua para la estación TU-Q-PT-01.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Antes de La Lucila	07/11/2007	TU-Q-PT-01	41,52	MALA	34,08	MALA
Antes de La Lucila	14/04/2010	TU-Q-PT-01	52,42	REGULAR	39,66	MALA
Antes de La Lucila	10/05/2011	TU-Q-PT-01	43,30	MALA	32,80	MALA
Antes de La Lucila	12/03/2012	TU-Q-PT-01	39,22	MALA	31,58	MALA
Antes de La Lucila	12/11/2013	TU-Q-PT-01	58,00	REGULAR	43,07	MALA
Antes de La Lucila	12/02/2014	TU-Q-PT-01	58,61	REGULAR	46,28	MALA
Antes de La Lucila	22/12/2016	TU-Q-PT-01	52,60	REGULAR	40,45	MALA
Desembocadura	07/11/2007	TU-Q-PT-02	27,22	MALA	24,71	MUY MALA



SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Desembocadura	14/04/2010	TU-Q-PT-02	39,19	MALA	35,21	MALA
Desembocadura	10/05/2011	TU-Q-PT-02	20,49	MUY MALA	19,25	MUY MALA
Desembocadura	12/03/2012	TU-Q-PT-02	36,91	MALA	32,37	MALA
Desembocadura	12/11/2013	TU-Q-PT-02	58,78	REGULAR	49,23	MALA
Desembocadura	12/02/2014	TU-Q-PT-02	19,92	MUY MALA	19,25	MUY MALA
Desembocadura	17/03/2015	TU-Q-PT-02	35,61	MALA	32,21	MALA
Desembocadura	30/11/2016	TU-Q-PT-02	39,00	MALA	34,89	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

La estación TU-Q-PT-02 se encuentra ubicada en la desembocadura de la quebrada. La calidad del recurso usando el ICA con seis (6) variables se encontró entre REGULAR, MALA Y MUY MALA, con una tendencia a reportar una calidad MALA; solo los años 2011 y 2014 presentaron una calidad MUY MALA. Para el caso del ICA con siete (7) variables, esta estación presentó calidad MALA, además, tuvo tres años con calidad MUY MALA (2007, 2011, 2014).

3.8.4.7 Estación quebrada el Veranillo TU-Q-VC-01

Esta estación se ubica en la desembocadura de la quebrada El Veranillo que atraviesa parte del casco urbano del municipio de Turbo, se tienen reportes para ésta a partir del año 2007. La calidad del agua con el ICA de seis (6) y siete (7) variables, se mantuvo en cada año como MALA. Esta estación atraviesa el casco urbano, por lo que puede verse expuesta a descargas antrópicas.

Tabla 9. Índice de calidad del agua para la estación TU-Q-VC-01.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Desembocadura	01/11/2007	TU-Q-VC-01	48,08	MALA	42,38	MALA
Desembocadura	14/04/2010	TU-Q-VC-01	36,90	MALA	32,90	MALA
Desembocadura	10/05/2011	TU-Q-VC-01	35,51	MALA	32,29	MALA
Desembocadura	12/03/2012	TU-Q-VC-01	36,64	MALA	31,96	MALA
Desembocadura	12/11/2013	TU-Q-VC-01	39,14	MALA	35,14	MALA
Desembocadura	12/02/2014	TU-Q-VC-01	35,91	MALA	32,40	MALA
Desembocadura	17/03/2015	TU-Q-VC-01	36,00	MALA	32,56	MALA
Desembocadura	30/11/2016	TU-Q-VC-01	38,12	MALA	34,24	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

3.8.5 Subcuenca río Currulao

3.8.5.1 Estación antes del río Caraballo TU-R-CU-01

Esta estación se halla cerca al casco urbano del corregimiento Currulao; su primer monitoreo se da para el año 2007, en donde, con excepción de la campaña de 2009 que tuvo dos monitoreos (uno para época seca y otro para época húmeda), los demás años solo tuvieron uno. Con respecto al monitoreo del 2009, el ICA de seis (6) variables para ambas épocas presentó una calidad MALA, por el contrario, con el ICA de siete (7) variables se encontró con calidad MUY MALA para la época seca y MALA para la época húmeda.



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 10. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-01.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Antes del río Caraballo	24/10/2007	TU-R-CU-01	32,33	MALA	21,14	MUY MALA
Antes del río Caraballo	10/07/2008	TU-R-CU-01	53,33	REGULAR	34,22	MALA
Antes del río Caraballo	21/05/2009	TU-R-CU-01	38,94	MALA	23,53	MUY MALA
Antes del río Caraballo	21/09/2009	TU-R-CU-01	37,41	MALA	25,95	MALA
Antes del río Caraballo	10/03/2010	TU-R-CU-01	33,97	MALA	19,96	MUY MALA
Antes del río Caraballo	26/04/2011	TU-R-CU-01	42,87	MALA	27,64	MALA
Antes del río Caraballo	07/03/2012	TU-R-CU-01	47,74	MALA	40,73	MALA
Antes del río Caraballo	02/10/2013	TU-R-CU-01	46,82	MALA	30,56	MALA
Antes del río Caraballo	19/02/2014	TU-R-CU-01	63,38	REGULAR	41,79	MALA
Antes del río Caraballo	10/03/2015	TU-R-CU-01	49,64	MALA	33,40	MALA
Antes del río Caraballo	10/11/2016	TU-R-CU-01	35,23	MALA	18,29	MUY MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Para el ICA con seis (6) variables, como se muestra en la Tabla 10, la calidad del agua estuvo entre REGULAR Y MALA, presentándose una constante en la mayoría de años con una calidad MALA. Por su parte, el ICA con siete (7) variables mantiene para la mayoría de años una calidad MALA, y cuatro años con una calidad MUY MALA (2007, 2009, 2010, 2016).

3.8.5.2 Estación antes del área urbana TU-R-CU-02

Esta estación se encuentra en el corregimiento de Currulao, se tienen reporte de esta a partir del 2006, con un solo monitoreo por año, con la excepción del 2009 que reportó dos monitoreos para las épocas climáticas. Para ese año la calidad del agua en ambas épocas presentó un valor bajo del índice tanto con seis (6) como con siete (7) variables, estando en una calidad MALA para la época seca y MUY MALA para la época húmeda.

En la Tabla 11 se puede observar que esta estación para el índice de seis variables tuvo una calidad REGULAR Y MALA, donde solo los años 2013 y 2014 tuvieron una leve mejoría frente a años previos que presentaban una calidad MALA, aunque volvería a caer para el 2015 y 2016. Por su parte, el índice con siete (7) variables indica que la calidad del agua para esa estación en el periodo de monitoreos fluctuó entre MALA Y MUY MALA.

Tabla 11. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-02

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Antes de área urbana (arena)	09/03/2006	TU-R-CU-02	48,26	MALA	38,32	MALA
Antes de área urbana (arena)	24/10/2007	TU-R-CU-02	29,76	MALA	19,25	MUY MALA
Antes de área urbana (arena)	10/07/2008	TU-R-CU-02	48,13	MALA	41,21	MALA
Antes de área urbana (arena)	21/05/2009	TU-R-CU-02	38,07	MALA	22,13	MUY MALA
Antes de área urbana (arena)	21/09/2009	TU-R-CU-02	42,02	MALA	25,49	MUY MALA
Antes de área urbana (arena)	10/03/2010	TU-R-CU-02	38,55	MALA	21,14	MUY MALA
Antes de área urbana (arena)	26/04/2011	TU-R-CU-02	43,82	MALA	28,35	MALA
Antes de área urbana (arena)	07/03/2012	TU-R-CU-02	46,78	MALA	28,51	MALA
Antes de área urbana (arena)	02/10/2013	TU-R-CU-02	56,12	REGULAR	35,16	MALA
Antes de área urbana (arena)	19/02/2014	TU-R-CU-02	61,48	REGULAR	41,25	MALA
Antes de área urbana (arena)	10/03/2015	TU-R-CU-02	49,06	MALA	32,79	MALA



SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Antes de área urbana (arena)	10/11/2016	TU-R-CU-02	32,93	MALA	16,40	MUY MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

3.8.5.3 Estación después del área urbana TU-R-CU-03

Esta estación se ubica dentro del área del corregimiento de Currulao, después del área urbana. Se inician los monitores en el año 2006 hasta el 2015, con solo un monitoreo por año con excepción del 2009, en el cual se realizan dos monitoreos de dos épocas climáticas. Para ese año, el ICA seis (6) para ambas campañas mostró una calidad MALA, por su parte el ICA (7) mostró una calidad MUY MALA para ambas campañas climáticas.

Tabla 12. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-03.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Después de área urbana	09/03/2006	TU-R-CU-03	66,74	REGULAR	49,76	MALA
Después de área urbana	24/10/2007	TU-R-CU-03	43,09	MALA	30,24	MALA
Después de área urbana	10/07/2008	TU-R-CU-03	47,98	MALA	30,51	MALA
Después de área urbana	21/05/2009	TU-R-CU-03	34,61	MALA	19,25	MUY MALA
Después de área urbana	21/09/2009	TU-R-CU-03	36,93	MALA	20,36	MUY MALA
Después de área urbana	10/03/2010	TU-R-CU-03	34,77	MALA	18,52	MUY MALA
Después de área urbana	26/04/2011	TU-R-CU-03	45,57	MALA	28,06	MALA
Después de área urbana	07/03/2012	TU-R-CU-03	54,96	REGULAR	38,01	MALA
Después de área urbana	02/10/2013	TU-R-CU-03	57,17	REGULAR	35,96	MALA
Después de área urbana	19/02/2014	TU-R-CU-03	61,23	REGULAR	43,93	MALA
Después de área urbana	10/03/2015	TU-R-CU-03	41,35	MALA	31,66	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Se puede notar en la Tabla 12 que para el ICA seis (6), la calidad del recurso en los diferentes años estuvo entre REGULAR Y MALA, encontrando que desde el 2007 al 2011 se mantuvo una calidad MALA, con una mejoría para los siguientes tres años, para luego tener una caída en el último año monitoreado (2015). El ICA (7) presentó por su parte, una calidad MALA Y MUY MALA, dándose esta última entre los años 2009 y 2010, mejorando su calidad a MALA en los siguientes años y manteniéndose así hasta el 2015.

3.8.5.4 Estación Puerto César TU-R-CU-04

Esta estación se halla en el sector de Puerto César. El primer monitoreo se registra para el año 2004 hasta el 2016. Para los años 2004 y 2009, se realizaron dos campañas por año, en el 2004 se desarrollaron en una misma época climática, mientras para el 2009 los monitoreos se hicieron en una transición a lluvias y la época húmeda. Para ese año, el ICA de seis (6) variables presentó para ambas campañas una calidad mala, por su parte el ICA de siete (7) variables, presentó valores muy bajos para ambos momentos climáticos estando en una calidad del recurso MUY MALA.

Tabla 13. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-CU-03.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Puerto Cesar	23/08/2004	TU-R-CU-04	64,70	REGULAR	46,87	MALA
Puerto Cesar	10/11/2004	TU-R-CU-04	40,56	MALA	23,94	MUY MALA
Puerto Cesar	02/03/2005	TU-R-CU-04	64,64	REGULAR	42,19	MALA



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Puerto Cesar	09/03/2006	TU-R-CU-04	47,99	MALA	35,32	MALA
Puerto Cesar	24/10/2007	TU-R-CU-04	24,50	MUY MALA	15,05	MUY MALA
Puerto Cesar	10/07/2008	TU-R-CU-04	40,59	MALA	26,08	MALA
Puerto Cesar	21/05/2009	TU-R-CU-04	39,36	MALA	24,50	MUY MALA
Puerto Cesar	21/09/2009	TU-R-CU-04	44,55	MALA	25,89	MUY MALA
Puerto Cesar	10/03/2010	TU-R-CU-04	34,76	MALA	19,25	MUY MALA
Puerto Cesar	26/04/2011	TU-R-CU-04	44,77	MALA	28,35	MALA
Puerto Cesar	07/03/2012	TU-R-CU-04	60,74	REGULAR	41,75	MALA
Puerto Cesar	02/10/2013	TU-R-CU-04	59,75	REGULAR	37,61	MALA
Puerto Cesar	19/02/2014	TU-R-CU-04	65,50	REGULAR	47,74	MALA
Puerto Cesar	10/03/2015	TU-R-CU-04	48,76	MALA	31,69	MALA
Puerto Cesar	10/11/2016	TU-R-CU-04	32,86	MALA	16,52	MUY MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

El ICA de seis (6) variables para esta estación mostró una calidad REGULAR, MALA Y MUY MALA (Tabla 13), ésta se última se encontró para el año 2007; en la mayoría de los años se mantuvo una calidad del recurso MALA; los años 2012 al 2014 tuvieron una leve mejoría (REGULAR) pero volvió a bajar para los siguientes años. Por su parte, con el ICA de siete (7) variables, la calidad del recurso se mantuvo en la mayoría de los años como MALA y tuvo un aumento de años con calidad MUY MALA (2004, 2007, 2009, 2010,2016), en comparación con el ICA (6) variables.

3.8.6 Subcuenca río Guadualito

3.8.6.1 Estación El Limón TU-R-GU-01

Esta estación inició sus monitoreos en el año 2007, los cuales se continuaron realizando hasta el 2016 de forma ininterrumpida. Para cada año se realizó una sola campaña, excepto para el 2009 donde se efectuaron dos campañas, una para época seca y otra para época húmeda; para ese año, la calidad del recurso hídrico usando el ICA con seis (6) variables no mostró diferencia entre época, presentando en ambas una calidad REGULAR, caso parecido al usar el ICA con siete (7) variables, mostrando para ambas campañas una calidad del recurso MALA y mostrando una calidad peor al comparase entre cada ICA (Tabla 14).

Tabla 14. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-01.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
El Limón	31/10/2007	TU-R-GU-01	59,34	REGULAR	48,01	MALA
El Limón	27/05/2009	TU-R-GU-01	65,74	REGULAR	47,37	MALA
El Limón	22/09/2009	TU-R-GU-01	52,44	REGULAR	42,03	MALA
El Limón	17/03/2010	TU-R-GU-01	63,58	REGULAR	49,05	MALA
El Limón	04/05/2011	TU-R-GU-01	50,82	REGULAR	32,94	MALA
El Limón	12/04/2012	TU-R-GU-01	64,78	REGULAR	43,56	MALA
El Limón	09/10/2013	TU-R-GU-01	46,51	MALA	28,35	MALA
El Limón	20/02/2014	TU-R-GU-01	71,09	ACEPTABLE	47,69	MALA
El Limón	12/03/2015	TU-R-GU-01	47,84	MALA	30,78	MALA
El Limón	24/11/2016	TU-R-GU-01	56,13	REGULAR	35,37	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.



Para el ICA con seis (6) variables, esta estación presentó, como se muestra en la Tabla 14, una calidad REGULAR durante los primeros cinco años de monitoreo, variando su calidad en los siguientes años así: MALA en 2013, ACEPTABLE en 2014, MALA en 2015 y REGULAR en 2016. Por su parte, el ICA de siete (7) para todos los años muestreados presentó una calidad MALA.

3.8.6.2 Estación Futuraseo TU-R-GU-02

La primera campaña reportada para este sitio fue en el año 2007, y se continuó el monitoreo anualmente con una campaña, aunque cabe decir que el 2009 fue el único año donde se realizaron dos campañas en épocas climáticas contrastantes, aunque tanto para el ICA con seis (6), como para el ICA con siete (7) variables, no hay una diferencia marcada entre las campañas dado que para el ICA que usa seis variables la calidad del recurso para esa estación fue REGULAR, mientras que para el ICA que usa siete variables presentó una calidad MALA en las dos épocas (Tabla 15).

Tabla 15. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-02.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Futuraseo S.A. E.S.P.	31/10/2007	TU-R-GU-02	47,65	MALA	33,75	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	27/05/2009	TU-R-GU-02	65,18	REGULAR	43,64	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	22/09/2009	TU-R-GU-02	57,98	REGULAR	36,93	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	17/03/2010	TU-R-GU-02	65,10	REGULAR	46,21	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	04/05/2011	TU-R-GU-02	48,81	MALA	30,55	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	12/04/2012	TU-R-GU-02	63,85	REGULAR	42,09	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	09/10/2013	TU-R-GU-02	35,44	MALA	19,25	MUY MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	20/02/2014	TU-R-GU-02	57,55	REGULAR	40,73	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	12/03/2015	TU-R-GU-02	49,60	MALA	32,44	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	24/11/2016	TU-R-GU-02	59,09	REGULAR	37,89	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Como se observa en la Tabla 15, el índice de calidad usando seis (6) variables se encontró entre REGULAR Y MALA, presentándose una mayor cantidad de años con una calidad REGULAR y así mismo, dos años consecutivos en este rango (2009-2010); luego, continuó alternando entre una calidad MALA y REGULAR. Por su parte, el ICA usando siete (7) variables, solo para el año 2013, presentó el valor más bajo ubicando su calidad como MUY MALA; de resto, su comportamiento fue el mismo para los demás años, tendiendo a una calidad MALA.

3.8.6.3 Estación Puente Guadualito

La estación inicia su fase de monitoreo en el año 2007, no se hace campaña en el 2008 y éstas retoman en el año 2009 en donde se hace dos campañas una durante la época seca y otra durante la época húmeda; para los siguientes años solo se hace una campaña de monitoreo. Con respecto a las campañas de 2009, se aprecia que para el ICA de seis (6) variables, no hay una diferencia, estando ambas épocas con una calidad REGULAR, caso contrario al ICA con siete (7) variables, que para la época seca mostró una calidad REGULAR, bajando su nivel a MALA durante el muestreo efectuado en la época húmeda.



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 16. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-03

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Puente Guadualito	01/11/2007	TU-R-GU-03	28,42	MALA	19,25	MUY MALA
Puente Guadualito	27/05/2009	TU-R-GU-03	65,98	REGULAR	52,63	REGULAR
Puente Guadualito	22/09/2009	TU-R-GU-03	53,01	REGULAR	42,91	MALA
Puente Guadualito	17/03/2010	TU-R-GU-03	64,56	REGULAR	42,51	MALA
Puente Guadualito	04/05/2011	TU-R-GU-03	58,80	REGULAR	38,15	MALA
Puente Guadualito	12/04/2012	TU-R-GU-03	67,25	REGULAR	45,22	MALA
Puente Guadualito	09/10/2013	TU-R-GU-03	42,63	MALA	25,55	MUY MALA
Puente Guadualito	20/02/2014	TU-R-GU-03	62,44	REGULAR	40,46	MALA
Puente Guadualito	12/03/2015	TU-R-GU-03	46,93	MALA	35,39	MALA
Puente Guadualito	24/11/2016	TU-R-GU-03	52,84	REGULAR	33,95	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

El ICA usando seis (6) variables para esta estación mostró una calidad entre REGULAR Y MALA, donde esta última no es constante, sino que aparece a intervalos de un año, predominando bloques de años con una calidad relativamente mejor (REGULAR), sobre todo para los primeros años de monitoreos. Con respecto al ICA usando siete (7) variables, sólo presentó un año con una calidad regular (2009/1) y dos años reportaron valores muy bajos para el índice (MUY MALA) encontrándose estos separados por seis años (2007 y 2013). A groso modo, esta estación presenta una tendencia en sus años de monitoreo, a conservar una calidad MALA sobre el recurso agua.

3.8.6.4 Estación después del Pueblo TU-R-GU-04

La estación inició sus monitoreos de calidad del agua en el año 2007. Con excepción del 2008 donde no se realizó el monitoreo, continuó realizando campañas hasta el 2016. El 2009 es el único año que tuvo dos campañas: una efectuada en el mes de mayo (transición a época húmeda) y otra en septiembre (época húmeda), sin embargo, se observó que para el ICA usando seis (6) variables, la estación presentó una calidad REGULAR para ambas campañas; mientras el ICA de siete (7) variables, por su parte, presentó una calidad baja con respecto al ICA con seis (6), estando para los dos monitoreos realizados ese año con una calidad MALA del recurso.

Tabla 17. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-04.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Después del pueblo	31/10/2007	TU-R-GU-04	56,48	REGULAR	40,59	MALA
Después del pueblo	27/05/2009	TU-R-GU-04	63,26	REGULAR	43,30	MALA
Después del pueblo	22/09/2009	TU-R-GU-04	53,15	REGULAR	33,62	MALA
Después del pueblo	17/03/2010	TU-R-GU-04	56,75	REGULAR	37,73	MALA
Después del pueblo	04/05/2011	TU-R-GU-04	51,90	REGULAR	33,45	MALA
Después del pueblo	12/04/2012	TU-R-GU-04	66,81	REGULAR	46,16	MALA
Después del pueblo	09/10/2013	TU-R-GU-04	41,86	MALA	25,55	MUY MALA
Después del pueblo	20/02/2014	TU-R-GU-04	49,76	MALA	32,96	MALA
Después del pueblo	12/03/2015	TU-R-GU-04	46,93	MALA	29,76	MALA
Después del pueblo	24/11/2016	TU-R-GU-04	63,10	REGULAR	42,88	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.



Como se observa en la Tabla 17, para el ICA usando seis (6) variables, la calidad del agua estuvo entre MALA y REGULAR, presentando una mayoría de años con una tendencia a una calidad REGULAR en especial los primeros años de monitoreos; a partir del 2013 hasta 2015, se mantuvo una calidad del recurso MALA, mostrando una mejoría en el 2016 con calidad REGULAR. Al ver este mismo índice usando siete (7) variables, se encontró una disminución de la calidad al comparar con el ICA de seis (6) valores. La estación presentó durante la mayoría de los años una calidad MALA y solo para el 2013 se reportó el valor más bajo (MUY MALA).

3.8.6.5 Estación desembocadura TU-R-GU-05

Esta estación está ubicada al final de la subcuenca Guadualito; se iniciaron monitoreos sobre este sitio en el año 2007 hasta el 2016 realizándose por año un monitoreo, a excepción del 2009, donde se efectuaron dos campañas para las épocas climáticas (seca y húmeda), arrojando como resultado una calidad de agua REGULAR, para ICA con seis (6) variables; para el ICA usando siete (7) variables, en los dos monitoreos efectuados, su calidad se mantuvo como MALA, notando además una disminución de calidad al comparar los resultados obtenidos con el índice de seis (6) variables.

Tabla 18. Índice de calidad del agua para la estación TU-R-GU-05.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Desembocadura	31/10/2007	TU-R-GU-05	49,04	MALA	41,35	MALA
Desembocadura	27/05/2009	TU-R-GU-05	61,31	REGULAR	39,70	MALA
Desembocadura	22/09/2009	TU-R-GU-05	56,44	REGULAR	36,24	MALA
Desembocadura	17/03/2010	TU-R-GU-05	56,67	REGULAR	38,01	MALA
Desembocadura	04/05/2011	TU-R-GU-05	38,99	MALA	34,88	MALA
Desembocadura	12/04/2012	TU-R-GU-05	54,02	REGULAR	34,74	MALA
Desembocadura	09/10/2013	TU-R-GU-05	35,36	MALA	22,05	MUY MALA
Desembocadura	20/02/2014	TU-R-GU-05	64,57	REGULAR	48,21	MALA
Desembocadura	12/03/2015	TU-R-GU-05	28,74	MALA	27,32	MALA
Desembocadura	24/11/2016	TU-R-GU-05	54,70	REGULAR	37,75	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Al comparar los diferentes años de monitoreo respecto al ICA con seis (6) variables, se observa una tendencia a presentar una calidad MALA Y REGULAR. Como se aprecia en la Tabla 18, los años que reportaron una calidad REGULAR fueron más con respecto a los que presentaron una calidad MALA, sin embargo, se nota una alternancia entre años, mostrando así un valor bajo para el índice (calidad MALA) en un año y al siguiente, un valor mejor (calidad REGULAR). Por su parte, al analizar el índice con siete (7) variables, se da un cambio en la calidad del recurso mostrando una disminución de la misma para los años que con el ICA de seis (6), reportaban REGULAR. Solo para el año 2013 se encontró un valor muy bajo mostrando el peor registro (MUY MALA) de todos los años, y una mejoría del mismo para los años siguientes, manteniendo una calidad MALA hasta el 2016.

3.8.7 Subcuenca río Caimán Nuevo (Parte Baja)

Para esta subcuenca, el único punto se halla localizado en la zona baja de la misma, en la desembocadura del río Caimán nuevo. A diferencia de los otros sitios, en este punto



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

se iniciaron los monitoreos a partir del año 2001 hasta el 2016 (monitoreo más reciente), además de que para todos los años se efectuaron dos campañas de muestreo para las dos épocas climáticas (húmeda y seca).

Esta estación hace parte del nodo Caribe de la red monitoreo de calidad ambiental marina REDCAM, es por eso que su código interno es diferente al usado para las otras estaciones. El índice medido para esta estación es el índice de calidad ambiental marina ICAM, el cual se usa para medir la calidad del recurso para fauna y flora (ICAM_{PFF}) y para contacto primario con personas (ICAM_{RAP}), usando este último índice para su análisis en el presente documento.

Tabla 19. Índice de calidad del agua marina para la estación DGI038 época seca.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ÉPOCA	ICAMRAP	Calidad
Desembocadura río Caimán Nuevo	20/03/2001	DGI038	seca	22,12	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	28/04/2003	DGI038	seca	1,04	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	18/02/2004	DGI038	seca	89,37	EXCELENTE
Desembocadura río Caimán Nuevo	10/03/2005	DGI038	seca	80,53	EXCELENTE
Desembocadura río Caimán Nuevo	22/02/2006	DGI038	seca	5,06	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	14/03/2007	DGI038	seca	68,36	BUENO
Desembocadura río Caimán Nuevo	13/05/2008	DGI038	seca	9,39	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	30/03/2009	DGI038	seca	71,17	BUENO
Desembocadura río Caimán Nuevo	24/02/2010	DGI038	seca	2,15	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	25/04/2011	DGI038	seca	0,55	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	14/03/2012	DGI038	seca	71,17	BUENO
Desembocadura río Caimán Nuevo	20/03/2013	DGI038	seca	62,33	BUENO
Desembocadura río Caimán Nuevo	02/05/2014	DGI038	seca	1,04	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	07/05/2015	DGI038	seca	59,95	BUENO
Desembocadura río Caimán Nuevo	13/4/2016	DGI038	seca	78,32	BUENO

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Para la época seca, como se indica en la Tabla 19, la calidad del recurso en este punto se reportó como MALA, BUENA Y EXCELENTE, donde los dos primeros años de existencia presentó una calidad MALA, para luego mejorar notoriamente durante los años 2004 y 2005 con una calidad EXCELENTE; los siguientes años se presentaron variaciones significativas encontrando años con una calidad MALA y al siguiente BUENO, hasta llegar al 2010 y 2011 donde para ambos años se mantuvo la calidad MALA; luego, siguieron dos años con una calidad BUENA (2012 y 2013), uno con una calidad MALA (2014) y finalmente dos años con una valor BUENO (2015 y 2016). Cabe anotar que con el paso de los años este sitio presentó mejoría en su ICAMrap al compararlo con los primeros años de monitoreos.

Por su parte, las campañas efectuadas durante la época húmeda se iniciaron en el año 2003 y como se aprecia en la Tabla 19, se da una disminución en sus valores de calidad con respecto a la época seca, encontrando, para la mayoría de los años, una calidad MALA. Tres años presentaron una calidad EXCELENTE (2004, 2005 y 2013) pero entre 2006 y 2012 la calidad se mantuvo entre MALA y REGULAR. Los años 2011 y 2015 reportaron una calidad REGULAR Y BUENA.



Es así que para esta época climática, en esta estación, la calidad se encontró entre EXCELENTE, BUENA, REGULAR Y MALA, debido a que como lo explica (Garay & Velez, 2004), "la dinámica de recambio de las aguas costeras, favorece que los vertimientos realizados no se acumulen permitiendo que muchas de las mediciones realizadas en los diferentes años, puedan variar sus niveles dentro de los rangos del índice de calidad".

Tabla 20. Índice de calidad del agua marina para la estación DGI038 época húmeda.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ÉPOCA	ICAMRAP	Calidad
Desembocadura río Caimán Nuevo	08/10/2003	DGI038	húmeda	8,20	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	13/10/2004	DGI038	húmeda	89,37	EXCELENTE
Desembocadura río Caimán Nuevo	24/10/2005	DGI038	húmeda	89,37	EXCELENTE
Desembocadura río Caimán Nuevo	23/09/2006	DGI038	húmeda	0,01	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	10/10/2007	DGI038	húmeda	0,93	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	24/09/2008	DGI038	húmeda	4,61	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	5/10/2009	DGI038	húmeda	0,18	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	8/09/2010	DGI038	húmeda	11,50	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	24/10/2011	DGI038	húmeda	34,79	REGULAR
Desembocadura río Caimán Nuevo	26/09/2012	DGI038	húmeda	1,33	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	22/10/2013	DGI038	húmeda	82,85	EXCELENTE
Desembocadura río Caimán Nuevo	08/10/2014	DGI038	húmeda	0,05	MALA
Desembocadura río Caimán Nuevo	23/09/2015	DGI038	húmeda	64,83	BUENO
Desembocadura río Caimán Nuevo	1/11/2016	DGI038	húmeda	16,49	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

3.8.8 Estado de la red de monitoreo de CORPOURABA existente en la cuenca

Tomando como base los resultados del índice de calidad del agua ICA para las diferentes estaciones, monitoreadas en los diferentes años, se generó un promedio con los datos anuales de cada sitio de la red de calidad de agua superficial CAS y para el punto que hace parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Agua Marina REDCAM se tomaron dos promedios para las épocas climáticas analizadas.

En la Tabla 21 se puede observar que para la subcuenca río Turbo la calidad del agua para cuando se aplica el ICA con seis (6) variables, tiende a ser MALA en todas sus estaciones, presentando valores similares; solo el sitio TU-Q-CL-01 presenta una calidad promedio de REGULAR. De igual forma sucede para el ICA con siete (7) variables, que se encuentra en una calidad, para esta subcuenca, primordialmente MALA, con la estación TU-Q-CL-01 en un valor promedio REGULAR. Cabe decir que los valores para medir los rangos del ICA son menores en este caso comparado con el ICA con seis valores.

Tabla 21. Promedio del índice de calidad del agua para la red monitoreo de CORPOURABA (CAS).

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Bocatoma	TU-Q-CL-01	62,99	REGULAR	51,29	REGULAR
Antes de El Dos	TU-R-TU-01	46,53	MALA	32,40	MALA
Puente El Dos	TU-R-TU-02	48,23	MALA	35,59	MALA
Bocatoma CONHYDRA	TU-R-TU-03	46,28	MALA	33,31	MALA
Desembocadura	TU-R-TU-04	43,57	MALA	32,60	MALA
Antes de La Lucila	TU-Q-PT-01	49,38	MALA	38,27	MALA
Desembocadura Puerto tranca	TU-Q-PT-02	49,52	MALA	37,04	MALA



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Desembocadura Veranillo	TU-Q-VC-01	47,25	MALA	34,87	MALA
El Limón	TU-R-GU-01	57,83	REGULAR	34,87	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	TU-R-GU-02	55,02	REGULAR	36,35	MALA
Puente Guadualito	TU-R-GU-03	54,29	REGULAR	37,60	MALA
Después del pueblo	TU-R-GU-04	55,00	REGULAR	36,60	MALA
Desembocadura	TU-R-GU-05	49,98	MALA	36,026	MALA
Antes del río Caraballo	TU-R-CU-01	43,79	MALA	28,84	MALA
Antes de área urbana (arena)	TU-R-CU-02	50,89	MALA	35,05	MALA
Después de área urbana	TU-R-CU-03	47,67	MALA	31,48	MALA
Puerto César	TU-R-CU-04	47,60	MALA	30,85	MALA

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Para la subcuenca río Guadualito, el ICA con seis (6) variables arrojó calidad del recurso REGULAR principalmente y sólo presenta una estación con calidad MALA (TU-R-GU-05), ubicada en la desembocadura. Ahora, el ICA de siete (7) variables dio una calidad del recurso MALA en todas las estaciones que conforman esta subcuenca (Tabla 21).

En la subcuenca río Currulao por su parte, las cuatro estaciones que la conforman presentaron una calidad del recurso MALA, tanto para el índice con seis (6) variables como para el de siete (7) variables.

En la subcuenca río Caimán Nuevo la calidad del recurso hídrico en promedio es REGULAR para ambas épocas climáticas; a pesar de esto, como se observa en la Tabla 22, el valor del ICAMrap para la época húmeda es mucho más bajo con respecto a la época seca quedando más cerca al rango de calidad MALA. Esto puede ser deberse a que durante esta campaña la mayoría de los años para el índice se mantenía en una calidad MALA.

Tabla 22. Promedio del índice de calidad del agua marina para la red monitoreo de CORPOURABA (REDCAM).

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	EPOCA	ICAMRAP	CALIDAD
Desembocadura río Caimán Nuevo	DGI038	Húmeda	28,89	REGULAR
		Seca	42,89	REGULAR

Fuente: Base de datos CORPOURABA, 2016.

Al observar el estado de las subcuencas que conforman la cuenca objeto del estudio, se nota que ésta presenta una calidad del recurso hídrico principalmente MALA, con algunas secciones puntuales con una calidad REGULAR, lo cual puede darse por varios factores como factores atmosféricos (precipitación, radiación solar, vientos), terrestres (nutrientes y sedimentos) y antropogénicos (desechos industriales y domésticos) y en el caso de la estación DGI038, también a factores oceánicos (olas, mareas, corrientes).

3.8.9 Identificación de actividades productivas que generan vertimientos de aguas residuales y sistemas de manejo y disposición final

Según el informe socioeconómico de la Cámara de Comercio de Urabá del año 2013, las actividades económicas primarias como agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca concentran la mayoría de los activos económicos de la región, debido a que el Urabá



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

cuenta con gran potencial agrícola (Cámara de Comercio de Urabá , 2013); por lo anterior, en la región, predominan las actividades del sector primario, especialmente las que tienen que ver con la agricultura.

Los municipios de Turbo, Apartadó y Necoclí, que conforman la cuenca río Turbo-Currulao, no difieren mucho respecto de las actividades económicas de la región; estos tres municipios basan su economía principalmente en el sector agropecuario. En el caso de Apartadó, sus principales actividades económicas giran en torno al cultivo de productos agrícolas, actividades de servicios a las empresas y el sector comercial (Alcaldía municipal de Apartadó, 2016), participando en mayor porcentaje los cultivos agrícolas, ya que el municipio se caracteriza por la “producción tradicional exportadora del banano, seguido del plátano y la ganadería” (Alcaldía municipal de Apartadó, 2016, pág. 28); por su parte, las actividades comerciales y de servicios se concentran en mayor medida en el casco urbano de municipio.

Al igual que Apartadó, en el municipio de Turbo predomina la actividad agrícola, principalmente con el cultivo del banano y el plátano, el cual se realiza a gran escala; existen también otros productos de la economía campesina que forman parte importante de esta actividad. Así mismo, la ganadería y otras actividades pecuarias son relevantes para la economía de Turbo (Alcaldía municipal de Turbo, 2016). El municipio de Necoclí sustenta su economía en actividades de agricultura, ganadería extensiva, pesca y turismo, siendo las dos primeras las más relevantes para el sustento de sus habitantes (Alcaldía Municipal de Necoclí, 2016).

Como se aprecia, en la cuenca río Turbo-Currulao se tiene como principal actividad económica la agricultura, predominando el cultivo de banano y plátano, en el cual prevalece el uso intensivo de agroquímicos, plásticos y fertilizantes, lo que genera, debido a fenómenos de precipitación y escorrentía, aguas residuales que finalmente terminan en los ríos y quebradas cercanas a las plantaciones, aportando contaminantes con aporte de nutrientes especialmente (debido a los fertilizantes) y disminuyendo la calidad del recurso hídrico de la cuenca. Otro factor importante de contaminación de las corrientes hídricas cercanas a los cultivos es la disposición final de los residuos sólidos generados durante el proceso de lavado de la fruta, los cuales terminan en las fuentes de agua sin ningún tipo de tratamiento (AUGURA, CENIBANANO, s.f.).

Otra actividad económica predominante en la cuenca, de acuerdo al mapa de coberturas y usos actuales de la tierra, es el pastoreo de bovinos, predominando el de tipo extensivo, aunque se encuentran sectores con pastoreo intensivo y semi intensivo. Esta actividad económica es una de las que más efectos e impactos tiene a nivel medio ambiental; según el informe de la FAO sobre las repercusiones del ganado en el medio ambiente, la producción pecuaria ejerce gran presión sobre el recurso hídrico ya que la utiliza para riego; además, se dice que este sector es el principal productor de contaminantes del agua, procedentes principalmente de los desechos de los animales, antibióticos, hormonas, sustancias químicas utilizadas en las curtidurías, fertilizantes y plaguicidas usados en los cultivos forrajeros, y sedimentos de los pastizales erosionados, los cuales terminan en las fuentes hídricas debido a procesos de escorrentía generalmente (FAO, 2006).



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Las actividades domésticas propias de los habitantes de la cuenca también representan generación de vertimientos de aguas residuales a las fuentes hídricas. En la cabecera municipal de Turbo (único casco urbano dentro de la cuenca), se han identificado vertimientos puntuales de aguas residuales en los caños Veranillo, Puerto Tranca y Yoyo, los cuales reciben, directamente y sin tratamiento previo, las aguas de los sistemas de alcantarillado del municipio, así como las aguas domiciliarias provenientes de tubos o sifones conectados a las viviendas que no tienen el servicio de alcantarillado. Finalmente, los caños descargan sus aguas en las estaciones de bombeo de Jesús Mora y Ciudadela Bolívar, a partir de las cuales se llevan a las lagunas Las Yuquitas como sistema de tratamiento (AGUAS DE URABÁ, 2009).

Los centros poblados, tales como Nueva Antioquia, Currulao, El Totumo, El Dos, El Tres, y en general, la zona rural de la cuenca, carecen de sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, por lo que realizan vertimientos difusos de sus aguas directamente a las fuentes hídricas cercanas y/o al suelo; así mismo, las comunidades indígenas, utilizan los ríos y quebradas aledañas para realizar actividades cotidianas como lavar su ropa y bañarse.

A partir del mapa de coberturas y uso de la tierra generado en el presente POMCA, en la Tabla 23 se identifican las actividades productivas que se desarrollan en cada subcuenca.

Tabla 23. Actividades productivas predominantes en la cuenca río Turbo Currulao.

ID	SUBCUENCA HIDROGRÁFICA	SECTORES PRODUCTIVOS	EXISTENCIA DE CENTROS POBLADOS
1	Río Currulao	Agrícola, doméstico, pecuario	Centros poblados de Currulao y Nuevo Antioquia
2	Río Guadualito	Pecuario, agrícola, doméstico	Centro Poblado El Tres
3	Quebrada Guadualito	Agrícola, pecuario	--
4	Quebrada El Cuna	Agrícola, pecuario, doméstico	Centro poblado El Dos
5	Zona Urbana Turbo	Agrícola, pecuario, doméstico	Zona urbana municipio de Turbo
6	Río Turbo	Pecuario, agrícola	--
7	Quebrada Aguas Claras - Estorbo	Agrícola, pecuario	--
8	Quebrada Cope	Pecuario, agrícola	--
9	Quebrada NN1	Agrícola, pecuario	--
10	Río Punta de Piedra	Agrícola, Pecuario	--
11	Quebrada NN2	Agrícola, pecuario	--
12	Río Cirilo	Agrícola, Pecuario	--
13	Quebrada NN3	Agrícola, pecuario	--
14	Quebrada Tié	Agrícola, Pecuario	--
15	Quebrada NN4	Agrícola, pecuario, doméstico	Centro poblado El Tié
16	Río Caimán Nuevo	Pecuario, agrícola, doméstico	Resguardo indígena Caimán Nuevo
17	Quebrada Seca	Agrícola, pecuario	--
18	Río Totumo	Agrícola, Pecuario	--
19	Quebrada Manuela	Pecuario, doméstico	Centro poblado El Totumo
20	Quebrada La Anguilla	Pecuario	--
21	Río Caimán Viejo - Tigre	Pecuario	--

Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

De acuerdo a la Tabla 23, se observa que toda la cuenca está susceptible a vertimientos difusos provenientes del sector agropecuario, ya que, en todas las subcuencas, la agricultura y ganadería son actividades predominantes. La actividad industrial no es sobresaliente en ninguna de las subcuencas, ya que la industria gira alrededor de los cultivos de banano y plátano (agroindustria) por lo que se considera dentro del sector agrícola; se tienen algunas pequeñas y medianas empresas en el casco urbano del municipio de Turbo. El sector minero tampoco es significativo en la cuenca, según el mapa de coberturas y el análisis económico, no se presentan grandes explotaciones. En la Figura 2 se presentan las actividades productivas por subcuencas.

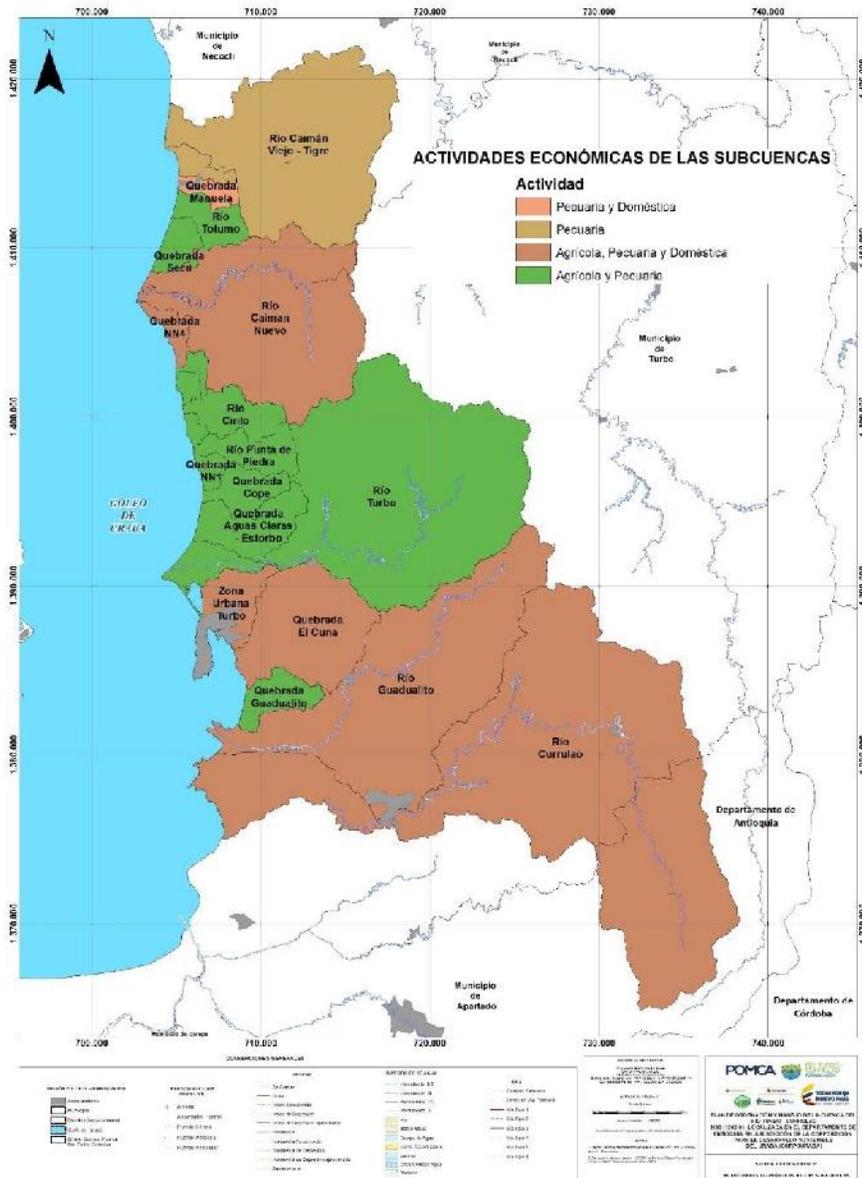


Figura 2. Actividades económicas cuenca río Turbo-Currulao.
Fuente: Elaboración propia.



3.8.9.1 Sistema de manejo de aguas residuales

La empresa Aguas Regionales EPM presta el servicio de alcantarillado en el área urbana del municipio de Turbo desde el año 2008. La cobertura del servicio es actualmente 33,39%, teniendo un total de 4.830 usuarios. Las aguas residuales colectadas por el sistema de alcantarillado son vertidas al sistema de tratamiento “Lagunas Las Yuquitas”, las cuales fueron construidas en el año 2007 por el municipio de Turbo y entregadas para operación a la empresa en el 2008 (Aguas regionales EPM, 2017).

El sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) del municipio de Turbo “consiste en cinco lagunas: una anaerobia de entrada, dos facultativas en paralelo y dos de maduración en serie” (Aguas regionales EPM, 2017, pág. 4), a pesar de que el diseño inicial contemplaba una laguna facultativa y una de maduración adicionales que finalmente no fueron construidas (ver Figura 3).



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

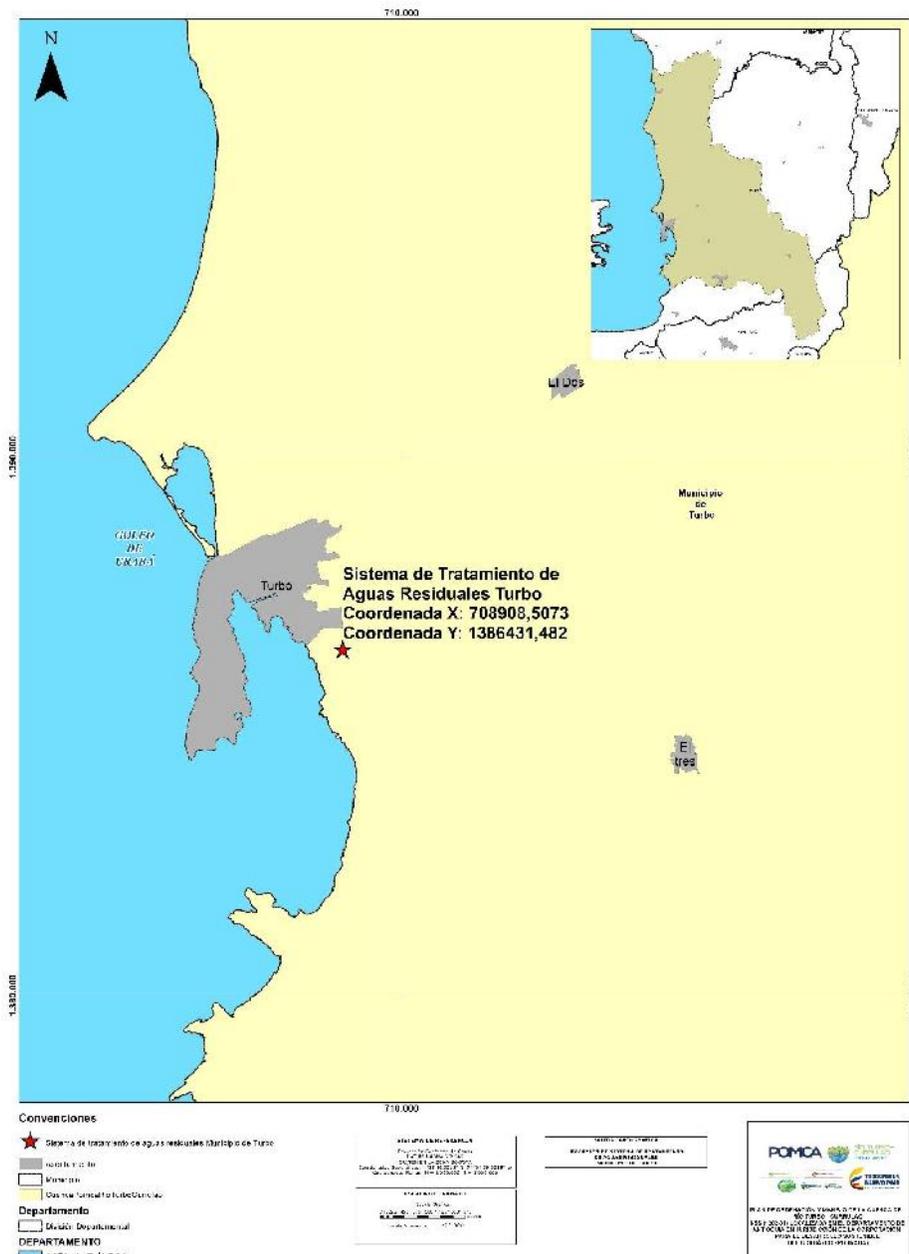


Figura 3. Ubicación STAR Turbo, lagunas de oxidación "Las Yuquitas".
Fuente: Elaboración propia.

Este sistema recibe las aguas residuales del área urbana de Turbo, el tipo de vertimiento que se hace actualmente es principalmente doméstico, proveniente de los caños del municipio, los cuales reciben vertimientos constantes sin ningún tipo de tratamiento del sistema de alcantarillado y de las viviendas que, aunque no están conectadas al servicio, vierten sus aguas residuales domésticas a dichos caños por medio de tubos. Luego de pasar por el sistema de tratamiento, el efluente es descargado al Caño Higino, el cual vierte sus aguas al Golfo de Urabá (Aguas regionales EPM, 2017).



Según el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de Turbo, el caudal de descarga de aguas residuales de la PTAR, proyectado para el año 2017 es de 3.727.382 m³/año, equivalentes a 118,19 L/s. El tipo de flujo no se encuentra especificado en dicho Plan (AGUAS DE URABÁ, 2009), ni tampoco en la información suministrada por la empresa Aguas Regionales EPM.

Además del STAR existente, dentro del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio, se tiene estipulada la construcción de otro sistema de tratamiento de "lodos activados", el cual comenzaría sus diseños en el 2017 y se entregaría al municipio para la gestión de recursos ante el gobierno; de ser positiva dicha gestión, el sistema de tratamiento se construiría para el año 2021 (Aguas regionales EPM, 2017).

3.8.10 Factores de contaminación en aguas y suelos

Los factores de contaminación presentes en la cuenca se revisaron y analizaron a partir del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos -PSMV del municipio de Turbo, elaborado por Aguas de Urabá en el año 2009, el inventario de permisos de vertimiento de la Corporación con jurisdicción en la cuenca, CORPURABA y el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS del municipio de Turbo.

A pesar de que la cuenca río Turbo-Currulao comprende los municipios de Apartadó, Turbo y Necoclí, sólo el área urbana del municipio de Turbo se encuentra dentro de la cuenca, por lo que no se estima conveniente relacionar los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de los municipios de Apartadó y Necoclí, ya que estos planes, al ser "el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado", están formulados (en el caso de los municipios de la cuenca), solo para las áreas urbanas, que es donde existen sistemas de alcantarillado; por lo tanto, no se considera muy apropiado incluir su análisis pues no se debe perder de vista que la unidad de análisis y objeto de ordenación es la cuenca hidrográfica y por tanto, incluir dicha información, sobre estimaría los factores de contaminación que están influyendo directamente.

3.8.10.1 Plan de saneamiento y manejo de vertimientos municipio de Turbo

El área urbana del municipio de Turbo cuenta con sistema de alcantarillado, que deposita sus aguas directamente y sin tratamiento en los tres principales caños del municipio (Puerto Tranca, Veranillo y Yoyo), los cuales, a su vez, vierten a las estaciones de bombeo Jesús Mora y Ciudad Bolívar, ubicadas al norte y sur del casco urbano, que recogen todos los circuitos que componen el alcantarillado; finalmente se transporta el agua residual al STAR del municipio (AGUAS DE URABÁ, 2009).

Dentro del análisis realizado en el PSMV de Turbo, se hizo la caracterización de las estaciones de bombeo del municipio (ver Tabla 24) y de las corrientes receptoras (ver Tabla 25), evaluando variables como DBO, DQO, SST, pH, entre otras.



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 24. Caracterización estaciones de bombeo municipio de Turbo.

ESTACIÓN DE BOMBEO	CAUDAL PROMEDIO l/s	DBO mg/l	DQO mg/l	SST mg/l	pH Unidad
Jesús Mora	4,9	362,33	448,67	88	7,2
Ciudad Bolívar	4,6	208,3	278,7	123	7,2
Total	9,5				

Fuente: (AGUAS DE URABÁ, 2009).

De acuerdo a la Tabla 24, la estación de bombeo Jesús Mora recibe un poco más de aguas servidas, con 4,9 l/s. Los valores de las variables DBO y DQO son considerablemente más elevados en dicha estación que en la de Ciudad Bolívar, pero en cuanto a SST, esta última sobrepasa a la estación Jesús Mora. El pH para ambas estaciones es el mismo.

La Tabla 25 muestra la caracterización de las corrientes receptoras del área urbana de Turbo.

Tabla 25. Caracterización fuentes receptoras municipio de Turbo.

SITIO	Oxígeno disuelto (mg/l)	Temperatura (°C)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	pH	Coliformes (NMP/100ml)
Caño Veranillo (aguas arriba)	0,5	30,5	201,51	258,67	344	7	17x10 ⁵
Caño Veranillo (aguas abajo)	0,5	30,1	96,83	115,33	51	7,2	29x10 ⁵
Caño P. Tranca (aguas arriba)	2,2	29,8	60,26	75,33	59	7,1	27x10 ⁵
Caño P. Tranca (antes de la descarga)	1,6	30,8	61,64	77	15	7,2	17x10 ⁵
Caño P. Tranca (después de la descarga)	1,2	30,2	71	95,33	37	7,5	21x10 ⁵
Caño Waffe	0,6	28,1	83,54	52	37	7,3	920x10 ⁵
Entrada lagunas facultativas	1,2	30,1	143,4	198,67	72	9	27x10 ⁵
Salida lagunas facultativas	5,7	30,7	153,89	190,33	77	7	49x10 ⁵

Fuente: (AGUAS DE URABÁ, 2009).

Para el caso del caño Veranillo, uno de los principales receptores de aguas servidas del municipio, aguas arriba se presentan mayores concentraciones de las variables físico químicas analizadas, lo que se explica porque la zona donde se tomó la muestra está muy cerca de la descarga de agua residual del hospital y a su vez, hay varias viviendas cercanas. En cuanto a coliformes, la concentración es normal para caños y aguas abajo es mayor debido al aumento de descargas de agua residual. El oxígeno disuelto es muy bajo para ambas ubicaciones (AGUAS DE URABÁ, 2009).

El caño Puerto Tranca presenta mejores condiciones aguas arriba que antes de la descarga, lo que indica que, en ese punto, el caño tiene un estado aceptable. Luego de la descarga de agua residual proveniente de la estación de bombeo Jesús Mora, hay un incremento de concentraciones, lo que indica contaminación del caño en ese punto y que la fuente tiene baja capacidad de autodepuración.

El caño Waffe recibe los afluentes de los dos anteriores, por lo que su concentración de coliformes es muy alta y de oxígeno disuelto muy baja; las concentraciones de DBO, DQO y SST, se consideran normales para caños (AGUAS DE URABÁ, 2009).



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Para el caso de las muestras tomadas a la entrada y salida de las lagunas de oxidación, se observa que no hay una eficiente remoción de los contaminantes, ya que los valores de las variables en ambos sitios son muy similares y además, con aumento en la salida, para las variables de DBO y SST; según el PSMV, este resultado se debe a un fenómeno de eutrofización en una de las lagunas (AGUAS DE URABÁ, 2009).

Además de realizar las caracterizaciones a las estaciones de bombeo y corrientes hídricas, se calculó y proyectó, para la población de Turbo, la carga contaminante de las variables DBO y SST, a partir de las concentraciones de éstas y la tasa de crecimiento de la población. El cálculo se hizo para los años 2008 hasta 2017. En la Tabla 26 y Tabla 27 se presenta dicha información:

EN ETAPA DE PUBLICIDAD



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 26. Proyección de la población y carga contaminante por DBO generada, recolectada y transportada 2008-2017.

Año	Nivel PTAR (%)	Transporte (%)	Cobertura (%)	QAR genera (m3/año)	QAR PTAR (m3/año)	Concentración DBO (mg/l)	Carga DBO generada (ton/año)	Carga DBO removida (ton/año)	Carga contaminante efluente (ton/año)	DBO	Remoción carga DBO (%)
2008	85	35	48	3.147.956	1.101.785	254,30	801	238	562		27
2009	85	35	55	3.332.388	1.166.336	254,30	847	252	595		27
2010	85	45	61	3.488.717	1.569.923	254,30	887	339	548		34
2011	85	55	68	3.643.895	2.004.142	254,30	927	433	493		42
2012	85	65	75	3.798.538	2.469.050	254,30	966	534	432		50
2013	85	75	81	3.955.439	2.966.579	254,30	1.006	641	365		57
2014	85	85	88	4.111.779	3.495.012	254,30	1.046	755	290		65
2015	85	85	90	4.219.484	3.586.561	254,30	1.073	775	298		65
2016	85	85	90	4.326.981	3.677.934	254,30	1.100	795	305		65
2017	85	85	90	4.385.155	3.727.382	254,30	1.115	806	309		65

Fuente: (AGUAS DE URABÁ, 2009).

Tabla 27. Proyección de la población y carga contaminante por SST generada, recolectada y transportada 2008-2017.

Año	Nivel PTAR (%)	Transporte (%)	Cobertura (%)	QAR genera (m3/año)	QAR PTAR (m3/año)	Concentración SST (mg/l)	Carga SST generada (ton/año)	Carga SST removida (ton/año)	Carga contaminante efluente (ton/año)	SST	Remoción carga SST (%)
2008	85	35	48	3.147.956	1.101.785	104,9	330	98	232		27
2009	85	35	55	3.332.388	1.166.336	104,9	350	104	246		27
2010	85	45	61	3.488.717	1.569.923	104,9	366	140	226		34
2011	85	55	68	3.643.895	2.004.142	104,9	382	179	204		42
2012	85	65	75	3.798.538	2.469.050	104,9	398	220	178		50
2013	85	75	81	3.955.439	2.966.579	104,9	415	265	150		57
2014	85	85	88	4.111.779	3.495.012	104,9	431	312	120		65
2015	85	85	90	4.219.484	3.586.561	104,9	443	320	123		65
2016	85	85	90	4.326.981	3.677.934	104,9	454	328	126		65
2017	85	85	90	4.385.155	3.727.382	104,9	460	332	128		65

Fuente: (AGUAS DE URABÁ, 2009).

3.8.10.2 Permisos de vertimiento otorgados por la autoridad ambiental

De acuerdo con la información entregada por CORPORURABA, dentro del área de la cuenca río Turbo-Currulao se encuentran 7 permisos de vertimiento (uno de ellos aún en trámite) (ver Tabla 28), para los cuales se hizo revisión de sus expedientes, con el fin de analizar su estado actual.



FASE DE DIAGNOSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 28. Permisos de vertimiento cuenca río Turbo-Currulao.

ITEM	TIPO DE TRAMITE	FECHA INGRESO SOLICITUD	USUARIO	MUNICIPIO	RADICADO EXPEDIENTE	RESOLUCIÓN DE PERMISO	ESTADO EXPEDIENTE
1	PERMISO DE VERTIMIENTO	19/02/2014	BEATRIZ ELENA DUQUE NARANJO	TURBO	200-16-51-05-0026-2014	616	Vigente
2	PERMISO DE VERTIMIENTO	02/04/2011	INVERSIONES PALMA DE MAYORCA S.A.S.	TURBO	200-16-51-05-0059-2011	1466	Vigente
3	PERMISO DE VERTIMIENTO	25/04/2011	ZAPATA Y HENRIQUEZ S.A.	TURBO	200-16-51-05-0067-2011	No se encontró	Vigente
4	PERMISO DE VERTIMIENTO	10/05/2010	BATALLÓN FLUVIAL NRO 16	TURBO	200-16-51-05-0136-2010	No aplica	En Trámite
5	PERMISO DE VERTIMIENTO	26/07/2012	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	TURBO	200-16-51-05-0137-2012	14	Vigente
6	PERMISO DE VERTIMIENTO	30/12/2013	ZAPATA Y VELASQUEZ S.A	TURBO	200-16-51-05-0247-2013	346	Vigente
7	PERMISO DE VERTIMIENTO	29/10/2015	DIRECCIÓN DE IMPUESTOS Y ADUANAS NACIONALES DIAN	TURBO	200-16-51-05-0310-2015	1838	Vigente

Fuente: (CORPOURABA, 2017).



3.8.10.2.1 Expediente 200-16-51-05-0026-2014, Beatriz Elena Duque Naranjo

Este expediente corresponde a un centro ecoturístico ubicado en el sector de Punta de Piedra, municipio de Turbo; cuenta con cabañas, una cocina y baños para los usuarios. Tiene dos pozos sépticos, uno para la cocina, que además tiene una trampa de grasa y otro para los baños.

El sistema está compuesto por dos tanques de 1.000 litros, dos trampas de grasa, un tanque séptico y un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). En temporada alta, el sistema recibe en promedio 0,8 l/s. El efluente es vertido al mar por medio de un canal circundante.

Se realizó la evaluación de tres variables de calidad a la entrada y salida del sistema y se calculó la carga contaminante a la salida multiplicando el caudal por la concentración de cada variable de calidad, arrojando los siguientes resultados:

VARIABLES	ENTRADA DEL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA	CARGA CONTAMINANTE SALIDA DEL SISTEMA (mg/s) *
DQO (mg/l)	1.643	574	459,2
DBO (mg/l)	704	343	274,4
SST (mg/l)	158	66	52,8

*Se calculó la carga contaminante con base en el caudal y la concentración de variables.

Fuente: (CORPOURABA, 2017).

El permiso de vertimiento fue otorgado en el año 2014 con resolución 200-03-20-01-0616-2014. Como parte de la entrega de dicho permiso, se solicitó realizar mejoras al sistema para alcanzar mayores tasas de remoción, las cuales, en ese momento, se situaban por debajo del 80%, porcentaje de remoción mínimo establecido por la norma. Por tal motivo, en el año 2016, se envía a la Corporación el plan de mejoramiento del sistema que consta del aumento de la capacidad de su pozo séptico a 7.000 litros y un nuevo filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).

3.8.10.2.2 Expediente 200-16-51-05-0059-2011, Inversiones Palma de Mayorca S.A.S.

En este predio se construyó una estación de servicios (combustible), la cual solicita permiso de vertimiento en el año 2011 y envía el modelo del sistema a usar, en este caso, un pozo séptico y su ubicación. Además, se menciona el caudal estimado por año, correspondiente a 364 m³/año (0,011 L/s y 2.800 L/mes); el efluente es vertido al suelo. Para este expediente no es posible calcular la carga contaminante ya que se tiene carencia de información en cuanto a la concentración de variables físicoquímicas.

La Corporación entrega permiso de vertimiento por medio de la resolución con TRD 200-03-20-01-14-66-2012. En informe técnico del 27 de febrero de 2017, con TRD 400-08-02-01-0179, se solicitan una serie de datos faltantes, entre ellos, el plan de gestión del riesgo y estudio de caracterización del vertimiento, los cuales ya habían sido solicitados cuando se emitió la resolución del permiso. A la fecha no se ha presentado información del vertimiento para los años 2013, 2014, 2015 y 2016, por lo que no se sabe el estado actual del sistema y su capacidad de remoción.



3.8.10.2.3 Expediente 200-16-51-05-0067-2011, ZAPATA Y HENRIQUEZ S.A.

Este expediente, radicado en el año 2011, no se encontró en la Corporación y no se tiene información de él desde el año 2015. Además, al momento de realizar la georreferenciación de los puntos, se observó que este permiso posee las mismas coordenadas del expediente 200-16-51-05-0247-2013, radicado en el 2013 a nombre de ZAPATA Y VELASQUEZ S.A. Se puede inferir entonces, que el solicitante del permiso en cuestión (200-16-51-05-0067-2011, ZAPATA Y HENRIQUEZ S.A.) pudo cambiar de razón social y con ésta se envió una nueva solicitud de permiso de vertimiento correspondiente al expediente 200-16-51-05-0247-2013, a nombre de ZAPATA Y VELASQUEZ S.A. La Corporación no tiene información adicional al respecto, por lo que no se pueden relacionar otros aspectos ni calcular cargas contaminantes.

3.8.10.2.4 Expediente 200-16-51-05-0136-2010, Batallón fluvial Nro 16

El permiso de vertimiento fue solicitado en el año 2010 para la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con una capacidad máxima de caudal de 1,6 L/s; ésta consta de una trampa de grasa, un desarenador, cámara de aquietamiento, válvula para evacuación de lodos y un sistema de bombeo. La planta se construyó para atender una población de 299 personas y las aguas tratadas son vertidas por un caño al mar.

Actualmente se tiene iniciado el proceso para la obtención del permiso; la Corporación ha venido realizando seguimiento para verificar que los procesos de remoción estén acordes con lo dispuesto en la normativa colombiana. Los resultados arrojados en la más reciente inspección (marzo de 2012) fueron los siguientes:

Tabla 29. Resultados de inspección (marzo de 2012).

VARIABLES	ENTRADA DEL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA	CARGA CONTAMINANTE SALIDA DEL SISTEMA (mg/s) *
Temperatura (°C)	30,1	30	--
DQO (mg/l)	297	186	297,6
DBO (mg/l)	156	89	142,4
SST (mg/l)	120	36	57,6
PH	7,65	7,91	--

*Se calculó la carga contaminante con base en el caudal y la concentración de variables.

Fuente: (CORPOURABA, 2017).

En dicho informe, se concluye que la PTAR alcanza valores de remoción superiores del 60%, aunque un poco por debajo de lo descrito en la norma (decreto 3930/2010) que fija como mínimo un 80%; por tal motivo, se solicita aplicar las mejoras necesarias para alcanzar este valor. Hasta ahora no se ha otorgado el permiso de vertimiento.

3.8.10.2.5 Expediente 200-16-51-05-0137-2012, Empresas Públicas de Medellín

Este permiso corresponde a una subestación de energía ubicada en corregimiento El Uno, municipio de Turbo. Consta de un sistema sanitario para una población de diez personas en promedio; cuenta con un sistema de grasas y un tanque séptico/FAFA, donde las aguas tratadas provenientes del sistema son vertidas al suelo. Se hace una primera revisión del sistema arrojando que es viable dar el permiso de vertimiento, por



lo que, por medio de la resolución 200-03-20-01-0014-2013, es otorgado, con la condición de hacer seguimiento anual al vertimiento. De acuerdo a lo reportado en el expediente, en el último monitoreo realizado en el año 2015 se encuentra lo siguiente:

Tabla 30. Resultados del último monitoreo del año 2015.

VARIABLES	ENTRADA DEL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA
DQO (mg/l)	0,426	0,029
DBO (mg/l)	0,142	0,007
SST (mg/l)	0,230	0,006
PH	7,38	8,06

Fuente: (CORPOURABA, 2017).

Como se aprecia, además que los valores de entrada son bajos, se cumple con una remoción alta de cargas contaminantes.

No se realiza el cálculo de la carga contaminante debido a que no se cuenta con datos relacionados con el caudal.

3.8.10.2.6 Expediente 200-16-51-05-0247-2013, ZAPATA Y VELASQUEZ S.A

El sitio es una estación de gasolina donde se almacena combustible, se vende a embarcaciones y se envía a otras estaciones; el lugar se encuentra ubicado contiguo al batallón de infantería Nro 16. La estación cuenta con evaluación ambiental del vertimiento y un plan de gestión del riesgo para manejo de vertimientos.

El sistema de tratamiento industrial cuenta con una caja sedimentaria y una trampa de grasas alrededor de un pozo usado para posibles vertimientos del combustible. Para el sistema doméstico, se tiene un pozo séptico y un sistema Fafa usado para una unidad sanitaria, donde las aguas tratadas son enviadas al mar. Por medio de la resolución con TRD 200-03-20-01-0346-2014 se le otorga permiso de vertimiento, con la solicitud de mejorar el sistema para tener una mayor eficiencia. En seguimiento hecho el 17 de junio de 2015, se obtuvo lo siguiente y se constata que hay una remoción mayor al 80% de la carga contaminante:

Tabla 31. Resultados del seguimiento del 17 de junio de 2015.

VARIABLES	ENTRADA DEL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA
DQO (mg/l)	2.460	66
DBO (mg/l)	1.028	202
SST (mg/l)	950	18
PH	6,92	7,48

Fuente: (CORPOURABA, 2017).

No se realiza el cálculo de la carga contaminante debido a que no se cuenta con datos relacionados con el caudal.

3.8.10.2.7 Expediente 200-16-51-05-0310-2015, Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN

Este permiso está ubicado en el sector del batallón fluvial Nro 16. Presenta, según lo descrito en el expediente, un pozo séptico que se complementa con un pozo de sedimentación y un Fafa; además cuenta con una trampa de grasa para la cocina. Las



aguas que salen del sistema son descargadas al suelo. Se tiene un informe de aguas residuales, así como una evaluación ambiental del vertimiento.

Durante visita de seguimiento se encuentra remoción alta de la carga contaminante (como se observa en la siguiente tabla), por lo que cumple lo establecido en la norma colombiana y, por ende, se le otorga permiso de vertimiento por medio de la resolución con TRD 200-03-20-02-1838-2016.

Tabla 32. Resultados de visita de seguimiento.

VARIABLES	ENTRADA DEL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA
DQO (mg/l)	753	16
DBO (mg/l)	237	57
SST (mg/l)	767	15
PH	7,6	7,20

Fuente: (CORPOURABA, 2017).

No se realiza el cálculo de la carga contaminante debido a que no se cuenta con datos relacionados con el caudal.

3.8.10.3 Plan de gestión integral de residuos sólidos municipio de Turbo

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Turbo fue formulado en el año 2005. Este Plan, es un documento que define las estrategias para una gestión integrada de los residuos sólidos del municipio (Municipio de Turbo, 2005). En este sentido, el objetivo general del Plan es "Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida del habitante municipal, mediante la aplicación de herramientas de planeación y gestión, por medio de la adopción de procesos que garanticen el manejo integral de los residuos generados en el municipio" (Municipio de Turbo, 2005, pág. 8).

Es importante mencionar que, aunque el PGIRS es formulado para todo el municipio, se analiza especialmente el área urbana de éste, por lo que se considera como un documento de importancia en el análisis de los factores de contaminación del área urbana más no, del área rural. Por este mismo motivo, no se relaciona el análisis de este instrumento en los municipios de Apartadó y Necoclí, por considerarse que su análisis está más enfocado en las áreas urbanas, las cuales no se encuentran dentro del polígono de la cuenca.

3.8.10.3.1 Aprovechamiento de residuos sólidos

El aprovechamiento de residuos sólidos se realiza en el área urbana del municipio de Turbo; para el caso de Apartadó y Necoclí, no se incluye la información ya que sus zonas urbanas no se encuentran dentro del área de la cuenca. Los residuos sólidos orgánicos que se generan por parte de la industria bananera del municipio de Turbo son aprovechados, en parte, para el alimento de ganado; otra fracción, es apropiada por comerciantes, quienes lo transportan para abastecer los mercados de algunas ciudades del país (Municipio de Turbo, 2005).

De otro lado, los residuos sólidos inorgánicos, entran en la cadena de reciclaje y son aprovechados por empresas que realizan esta actividad. En la Tabla 33 se describen las áreas de aprovechamiento que se tienen en el área urbana del municipio de Turbo:



Tabla 33. Áreas de aprovechamiento de residuos sólidos, zona urbana municipio de Turbo.

NOMBRE	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RECURSO QUE DEMANDA
Recicladora Buen Peso	El Barrio Buenos Aires	Se compra chatarra, pasta, cartón y baterías; se trabaja el material de patio; no se ocupa el espacio público	Suelo
Urasólidos	Barrio Las Flores	Se acopia cartón, vidrio, plástico, chatarra, pasta y todo el material proveniente de la captación urbana	Suelo
Recicladora Marifer	Barrio Centro	Se acopia chatarra, pasta, cartón y baterías, toda la actividad se realiza dentro del local para no ocupar el espacio público	Suelo
Centro Industrial de Tratamiento de Residuos El Tejar	Aledaño al Relleno Sanitario El Tejar, a 10,5 km de la cabecera municipal	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas para recepción de residuos - Equipos de separación, bandas inclinadas y horizontales y receptáculos para distintos materiales - Banda transportadora inclinada final que alimenta la tolva de cargue, desde la cual se llevan los residuos orgánicos separados a compostaje - Planta de compostaje 	Suelo

Fuente: (Municipio de Turbo, 2005).

Según el PGIRS del municipio de Turbo, el promedio mensual de material captado y comercializado es de aproximadamente 70,5 ton/mes (Municipio de Turbo, 2005); sin embargo, este valor puede ser mayor en la actualidad. En la Tabla 34 se presentan la cantidad y los tipos de residuos aprovechados por cada operador en la zona urbana del municipio de Turbo:

Tabla 34. Residuos aprovechados en Ton/mes, área urbana municipio de Turbo.

ESTABLECIMIENTO	VIDRIO	CARTÓN	CHATARRA	PLÁSTICO
Recicladora El Buen Peso	0,5	2	18	-
Urasólidos.	6	4	1	3
Recicladora Marifer	-	2	32	2
C. Industrial El Tejar	--	--	--	--
TOTALES	6,5	8	51	5

Fuente: (Municipio de Turbo, 2005).

3.8.10.3.2 Descripción y análisis de lixiviados

Luego de consultado el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Turbo, se pudo constatar que en este no está relacionado un análisis sobre el manejo de lixiviados del relleno sanitario El Tejar, el cual recibe los residuos de los municipios de la cuenca río Turbo-Currulao; por este motivo se tratará el tema con la información secundaria encontrada en otras fuentes, haciendo la aclaración de que no es muy detallada.

Los lixiviados son "líquidos oscuros que se producen por la descomposición de la materia orgánica y el agua que entra al relleno por la precipitación, los cuales, al fluir, disuelven sustancias y arrastran partículas contenidas en los residuos" (Corena, 2008, pág. 12). Su composición varía de acuerdo a factores como el tipo de residuo, el régimen de precipitación del lugar y las velocidades de descomposición química de las sustancias,



sin embargo, es común que este tipo de desechos tengan alta carga orgánica (Corena, 2008).

La composición promedio de lixiviados en un relleno sanitario en el que se dispongan desechos domésticos y residuos peligrosos, como es el caso de El Tejar, se presenta en la Tabla 35:

Tabla 35. Composición promedio de un lixiviado.

COMPONENTES	RANGO (mg/L)
Cloruros	100 - 400
Cobre	0 - 9
Hierro	50 - 600
Flúor	0 - 1
Cadmio	0 - 17
Cromo	2
Plomo	2
Sodio	200 - 2000
Sulfatos	100 - 1500
Nitratos	5 - 40
Dureza (CaCO ₃)	300 - 10000
DBO	2000 - 30000
DQO	3000 - 45000
Ph	5.3 - 8.5

Fuente: (Municipio de Turbo, 2005).

De acuerdo a información encontrada en la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, se pudo determinar que “La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá – CORPOURABÁ mediante el radicado 20160327961-000 del 23 de junio de 2016, certifica que el relleno sanitario “El Tejar”, no requiere permiso de vertimientos, toda vez que en el PMA el manejo de lixiviados se definió mediante recirculación” (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, 2016, pág. 4).

Según Medina (2006), el manejo de lixiviados por recirculación “consiste en recoger los lixiviados y recircularlos a través del relleno sanitario (...). Cuando se recircula el lixiviado, se diluyen y atenúan los compuestos por actividad biológica y por otras reacciones químicas y físicas que se producen dentro del relleno” (Medina, 2006, pág. 30).

3.8.10.3.3 Manejo y disposición final de residuos sólidos

Futuraseo S.A. E.S.P es la empresa encargada de la recolección y disposición final de los residuos sólidos en el área de la cuenca río Turbo-Currulao, presentando cobertura total en las cabeceras municipales de Apartadó, Turbo y Necoclí y parcial en sus corregimientos y veredas. La compañía se encarga del barrido y limpieza de áreas públicas; recolección y transporte de residuos sólidos ordinarios, industriales, peligrosos, hospitalarios y similares; aprovechamiento y transformación de los residuos en la planta industrial de la cual disponen y, por último, disposición final de los residuos en el relleno sanitario El Tejar, ubicado en el corregimiento El Tres (dentro del área de la cuenca) (Futuraseo, 2016).

En la Tabla 36, se presentan las áreas de prestación del servicio de Futuraseo S.A. E.S.P.:



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 36. Áreas de prestación del servicio de Futuraseo en los municipios de la cuenca río Turbo-Currulao.

MUNICIPIO	CASCO URBANO % RECOLECCIÓN	CORREGIMIENTO	VEREDAS	USUARIOS
Apartadó	100	San José de Apartadó	Popola, Las victorias, La balsa, Salsipuedes	35.557
		El Reposo	Calima, Zungo, Carretera, San Martín, Loma Verde	
		Puerto Girón Churido	San Pablo, Diamante	
Turbo	100	Currulao	Villa Nueva, Gustavo Mejía, Arcua, La Mica, Galleta, la Arenera, La Ilusión, El Limón, Tío López, Nuevo Antioquia, Matadero	30.719
		El Tres El Dos El Uno Puerto Cesar	La Esperanza, El Tejar km 1 Manuel Cuello	
		Nueva Colonia, río Grande, Pueblo bello, San Vicente del Congo, Tesorito, Villa María, Yarumal, Casanova, Las Garzas Comunal San Jorge	La Pola	
		Comunal Monteverde	Nueva Unión, La Ilusión, La Piña, Coquitos, Calle Larga 1 y 2, Recreo, Nueva Esperanza, La Vitrina, San Bernardo, Puerto Voy, Honduras	
Necolí	100	Zapatás – Mulatos Changas – Mellitos	El Cedro, La yaya Piedrecitas, Botijuela, El Vale, Villa Lucía	6.761
		Pueblo Nuevo	Loma de Piedra, El Bobal, Carito, El Carlos vía	
		Totumo	Casa Blanca, La ceibita, Caimán Nuevo	

Fuente: (Futuraseo, 2017).

Según información suministrada por Futuraseo S.A. E.S.P, los niveles de disposición se presentan en la Tabla 37:

Tabla 37. Niveles de disposición de residuos municipios de la cuenca.

MUNICIPIO	NIVEL DE DISPOSICIÓN (ton/año)
Turbo	23.916,15
Apartadó	35.371,59
Necolí	4.799

Fuente: (Futuraseo, 2017).

Las frecuencias de recolección de la empresa encargada del manejo y la disposición final de residuos, Futuraseo, no se encuentran especificadas en el PGIRS del municipio de



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Turbo, sin embargo, fueron tomadas de la página web de la empresa; éstas se muestran en la Tabla 38.

Tabla 38. Frecuencia de recolección residuos sólidos - Futuraseo.

MUNICIPIO	BARRIO/SECTOR	DÍAS	HORAS	
Turbo	Jesús Mora, Baltazar centro, Plaza de Mercado, Doble Calzada, Calle 104, Policía Nacional, Hospital, Alcaldía	Lunes y jueves	6:00 am – 2:00 pm	
	Sector oriental y occidental de Currulao, Vía Principal hasta El Tres, Palmitas, San José, Coldsas.	Lunes y jueves	2:00 pm – 10:00 pm	
	Nueva Colonia, río Grande, Centro, Plaza de mercado, vía 104, doble calzada, Policía Nacional, Hospital, Alcaldía, Nueva Antioquia	Martes y viernes	6:00 am – 2:00 pm	
	Huber Quintero, Manizales, Julia Orozco, Floresta, Instituto, Gonzalo Mejía, Monterrey I, La Lucila, El Bosque, Invasión, Ciudadela, B. Las Delicias, B. los Profesores	Martes y viernes	2:00 pm – 10:00 pm	
	Tié, Cirilo, Punta de Piedra, La Martina, Cope, Camerún, Las Garzas, El tres, Casa Nova, Centro, Plaza de mercado, Hospital, Alcaldía, C. Pto Cesar (C/15días)	Miércoles y sábado	6:00 am – 2:00 pm	
	San Martín, Brisas del Mar, Obrero, Punta de las vacas, Santa Fe la Playa, Los pescadores	Miércoles y sábado	2:00 pm – 10:00 pm	
	Centro, 104, Doble calzada y sector comercial	Domingos	6:00 am – 2:00 pm	
	Corregimiento Pueblo Nuevo y El Totumo	Miércoles y sábado	6:00 am – 2:00 pm	
	Necolí			

Fuente: (Futuraseo, 2016).

La empresa es la operadora del Parque Industrial - Relleno Sanitario "El Tejar" ubicado en la vereda El Tejar del corregimiento El Tres. La Autoridad Ambiental CORPOURABA, otorgó aprobación del plan de manejo ambiental, mediante Resolución N° 1185 del 14 de agosto de 2006; la vida útil del relleno es 11 años y la disposición es 110.000 ton/año. En el parque industrial se realizan procesos como separación de plástico de alta y baja densidad, papel, cartón y chatarra; lavado y peletizado de plástico con planta de recirculación para el manejo de agua y trabajo continuo con un promedio de 3 ton/día de peletizado (Futuraseo, 2016).

Aunque la cobertura del servicio de recolección y disposición de residuos en la cuenca es buena, algunas veredas no cuentan con éste, por lo que realizan otras prácticas para el manejo de sus residuos; la quema y el enterramiento son las más usuales dentro de las comunidades de la zona rural, aunque también se evidencia el vertimiento directo de residuos sólidos en las fuentes de agua cercanas.



Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Turbo, formulado en el año 2005, en la cabecera municipal se identificaron los siguientes sitios de disposición de residuos sólidos no permitidos: Caño Waffe, plaza de mercado, Calle 101, barrios Buenos Aires, La Playa, El Bosque, caño Puerto Tranquila, Ciudadela Bolívar (Municipio de Turbo, 2005). Es de anotar que la información de este Plan puede encontrarse un poco desactualizada ya que fue formulado hace más de 10 años.

Además de esto, en actividades productivas como la agricultura, predominante en la cuenca, se realizan algunas prácticas inadecuadas de disposición final de residuos, que terminan contaminando las fuentes hídricas; entre dichas prácticas, está el proceso de lavado del banano, cultivo importante en la región, que afecta la calidad del agua ya que terminan siendo vertidos a las fuentes hídricas objetos y sustancias como látex, pedazos de corona, fungicidas y alumbre (AUGURA, CENIBANANO, s.f.).

3.8.11 Estimación de cargas contaminantes

El análisis de cargas contaminantes se realizó para los sectores económicos y actividades más representativas de la cuenca (ver Tabla 23. Actividades productivas predominantes en la cuenca río Turbo Currulao.), debido a que no se contó con información suficiente de vertimientos puntuales para hallar las cargas contaminantes de todas las variables de calidad, y como se sabe, la cuenca solo tiene un casco urbano municipal en su jurisdicción, correspondiente al municipio de Turbo, para el cual, el principal insumo de información secundaria es el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, formulado en el año 2009 por Aguas de Urabá, que para este caso, sólo evalúa las cargas contaminantes para las variables DBO y SST (ver Tabla 26 y Tabla 27).

Por otro lado, aunque se cuenta con la información suministrada por CORPOURABA sobre los permisos de vertimiento otorgados en su jurisdicción, no se tiene la información suficiente para la estimación adecuada de las cargas contaminantes de las cinco variables a evaluar, pues en la mayoría de expedientes no se tiene información de concentración de contaminante vertido y caudal, sumado a que solo unos pocos son vertimientos directos a fuentes hídricas, que terminan en el Golfo de Urabá (ver Tabla 39).

Los sectores económicos tenidos en cuenta son los siguientes:

- Agricultura de banano y plátano que es el cultivo que se extiende por la mayoría de las subcuencas y que como lo describe el análisis económico, es el más representativo de la región; además que constituye la agroindustria de la cuenca;
- Ganadería de bovinos, ya que, según el mapa de coberturas y uso del suelo, se presentan grandes extensiones de suelo con pastoreo extensivo (los pastos limpios representan aproximadamente el 36,5% de la cuenca);
- Finalmente, el sector doméstico, representado por los centros poblados de la cuenca, los cuales generan vertimientos difusos a las fuentes hídricas (se dice que difusos ya que dentro de los permisos de vertimiento no se relacionan vertimientos puntuales relacionados con este sector).

Se estimaron, por subcuenca hidrográfica, las cargas contaminantes de las variables de calidad propuestas en la Guía Técnica para la Formulación de POMCAS: Demanda



Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Nitrógeno Total (NT) y Fósforo Total (PT).

Es importante mencionar además que para las cargas contaminantes provenientes del sector doméstico, se aplicó la metodología del Estudio Nacional del Agua 2010, contemplando la población conectada a alcantarillado y a pozo séptico y a partir de los factores de vertimiento recomendados en la literatura referenciada en dicho estudio. Para el sector pecuario (de bovinos) no se contó con información referente al centro de sacrificio, por lo que no se pudo aplicar la metodología; así mismo para el sector agrícola, ya que el ENA contempla solamente el beneficio de café, el cual no aplica para la cuenca en ordenación. Los otros dos sectores indicados en el Estudio Nacional del Agua (industrial y minero) no son representativos en la cuenca, por lo tanto, no se calcularon sus cargas contaminantes. A continuación, se expone la metodología usada para el cálculo de las cargas contaminantes de la cuenca río Turbo-Currulao, a partir de información secundaria y literatura. En el [Anexo 62](#) se presentan los cálculos y resultados obtenidos.

3.8.11.1 Sector doméstico

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua 2010, se revisó la literatura propuesta y se definió un factor de vertimiento doméstico para cada variable de calidad en sistemas de alcantarillado y pozo séptico. Se asumió además que la población rural está conectada a pozo séptico y la urbana a alcantarillado. Cabe recordar que la única población conectada a dicho servicio se encuentra en el área urbana del municipio de Turbo y, además, que la empresa Aguas Regionales EPM hizo allegar información sobre los usuarios conectados al alcantarillado, por lo que se tomó dicho valor y se asumió el resto de población de la cuenca como conectada a pozo séptico (Economopoulos, 1993).

Además de lo anterior, como se menciona en el subcapítulo Sistema de manejo de aguas residuales, la zona urbana del municipio de Turbo, cuenta con un sistema de lagunas de oxidación para tratar sus aguas, por lo tanto, luego de revisar el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio, se tomó un porcentaje de remoción de 65% de las cargas contaminantes por dicho sistema (AGUAS DE URABÁ, 2009), aplicado a las cargas provenientes de la población conectada a acueducto.

Los factores de vertimiento asociados al sector doméstico se presentan en la Tabla 39.

Tabla 39. Factores de vertimiento sector doméstico.

	Alcantarillado U = (persona*año) *		Pozo séptico U = (persona*año)	
DBO5	6,335	kg/U	DBO5	6,9 kg/U
DQO	12,0365	kg/U	DQO	11,04 kg/U
SST	13,72	kg/U	SST	16 kg/U
NT	1,155	kg/U	NT	4,015 kg/U
PT	0,3255	kg/U	PT	0,292 kg/U

*Los valores de alcantarillado tienen un 65% de reducción, de acuerdo al porcentaje de remoción de cargas contaminantes del STAR de Turbo.

Fuente: (Economopoulos, 1993).

3.8.11.2 Sector pecuario – ganadería de bovinos



Tomando la caracterización económica realizada en esta fase de diagnóstico, se encontró que la actividad pecuaria dominante en la cuenca es la ganadería de bovinos. Una gran limitante para la estimación de las cargas contaminantes de este sector es que no se contó con información sobre el centro de sacrificio que se encuentra en la cuenca, y que en la revisión de bibliografía no se encontraron factores de vertimiento para la actividad de cría de ganado como tal.

Dado lo anterior y sabiendo que la carga contaminante es la concentración de la variable de interés en [mg/l] multiplicada por el caudal por donde fluye en [l/s] (AGUAS DE URABÁ, 2009), se tomaron valores de referencia encontrados en la literatura para las concentraciones promedio en un efluente de una planta de sacrificio, aunque es importante resaltar que se tomó sólo un porcentaje de la concentración (20%), teniendo en cuenta que la actividad desarrollada de manera general en toda la cuenca es el pastoreo extensivo e intensivo (Hansen, Christiansen, & Hummelose, 2000). el caudal se estimó como un caudal teórico tomado a partir de las concesiones otorgadas por la Autoridad Ambiental para dicha actividad, teniendo en cuenta las áreas de pastos limpios de cada subcuenca; es decir, se hizo una relación lineal del caudal concesionado en una subcuenca con el área de pastos y así se halló un caudal teórico para realizar la estimación de las cargas contaminantes.

3.8.11.3 Sector agrícola

Luego de revisar literatura al respecto, se encontraron cargas contaminantes asociadas a las variables SST, NT y PT para cultivos de banano y plátano ubicados en el departamento de Magdalena (Vivas-Aguas, Espinosa, & Parra, 2013), por lo tanto, éstas se tomaron como valores teóricos para ese tipo de cultivo y con base en ellas, se estimó la carga contaminante, teniendo en cuenta el área de cultivos de plátano y banano presente en cada una de las subcuencas.

Para las variables DBO₅ y DQO, se tomó la concentración límite permisible para actividades de agricultura de plátano y banano permitida por la norma (resolución 631 de 2015), multiplicada por un caudal teórico, tomado a partir de las concesiones otorgadas por la Autoridad Ambiental para dicha actividad, teniendo en cuenta las áreas de cada subcuenca; es decir, se hizo una relación lineal del caudal concesionado en una subcuenca con el área de cultivos y así se halló un caudal teórico para realizar la estimación de las cargas contaminantes.

Es de anotar igualmente que la estimación de cargas contaminantes se realizó de este modo para el sector pecuario y agrícola debido a la escasez de información, como ya se ha mencionado. Esta metodología puede no representar la situación real de la cuenca, por lo tanto, deben ser estimaciones tomadas con cuidado y sólo representan una aproximación de la situación real de la cuenca. En este punto, es importante mencionar la necesidad de información que se tiene en cuanto al tema para poder tener resultados más cercanos a la realidad, por ejemplo, mayor regulación y control sobre puntos de vertimiento en toda la cuenca.

3.8.11.4 Resultados

En el Gráfico 1 se presentan las cargas contaminantes por actividad productiva. Se observa que la actividad doméstica es la que más carga contaminante aporta a la cuenca,



especialmente en la variable de SST, seguido de la actividad pecuaria que se encuentra localizada en todas las subcuencas y que genera mayores cargas contaminantes en las variables DQO, DBO₅ Y SST. La actividad agrícola genera altas cargas por sólidos suspendidos totales, debido a que generalmente éstos llegan a las corrientes hídricas por escorrentía. Sin embargo, es de anotar nuevamente, que las cargas de las actividades agrícolas y pecuarias pueden estar sub o sobre estimadas, por lo que en realidad pueden tener una participación mayor o menor en aporte de cargas contaminantes.

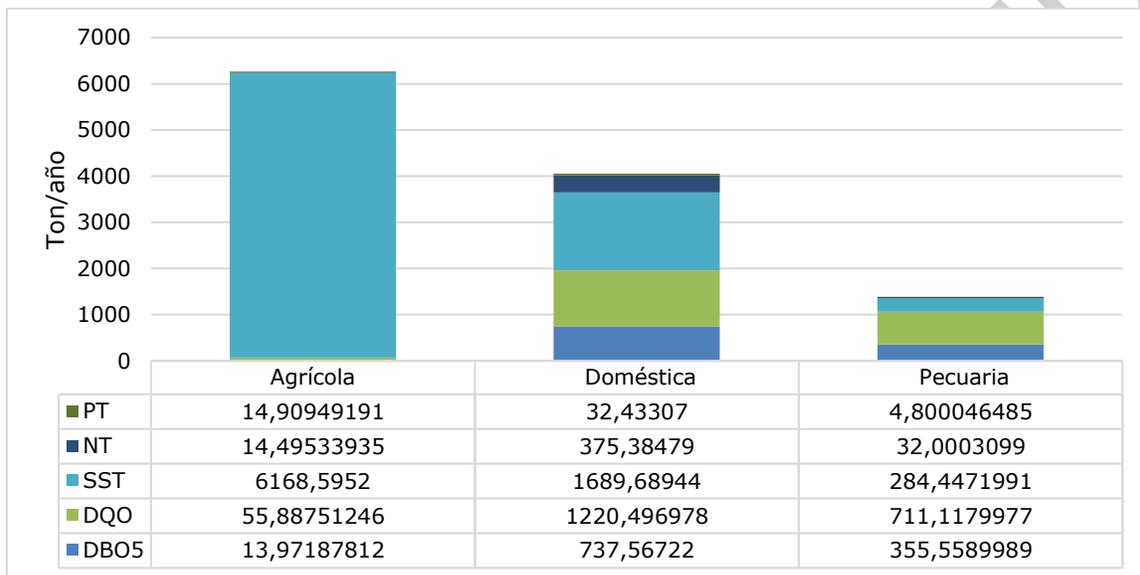


Gráfico 1. Carga contaminante por actividad productiva.
 Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 2, se observa que el mayor aporte de contaminantes en la cuenca está dado por los Sólidos Suspendidos Totales con un 70%, seguido de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con un 17% y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con un 19%. El menor aporte lo presenta el Nitrógeno Total y Fósforo Total (PT). Con esto, se evidencia, como se dedujo en las campañas de monitoreo y el cálculo del ICA, que la calidad del agua de la cuenca está muy influenciada por los sólidos suspendidos totales, debido especialmente a las actividades agrícolas desarrolladas en ella.



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

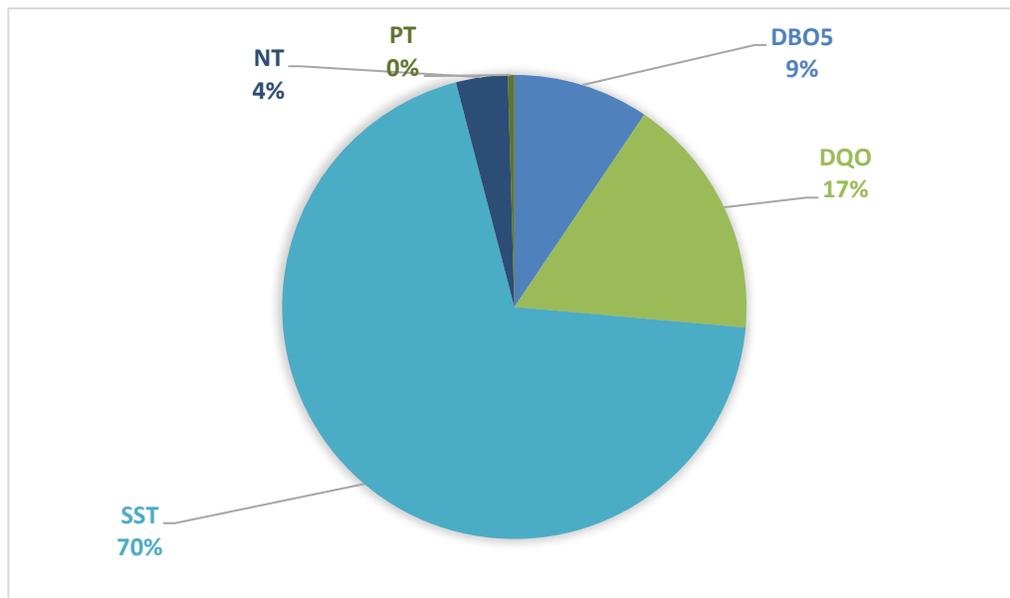


Gráfico 2. Porcentaje de carga contaminante en la cuenca río Turbo-Currulao.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 40 se presentan las cargas contaminantes de las subcuencas, según los usos predominantes en cada una.

Tabla 40. Carga contaminante por subcuenca.

ID	SUBCUENCA	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	DBO ₅ ton/año	DQO ton/año	SST ton/año	NT ton/año	PT ton/año
1	Río Currulao	Agrícola (plátano y banano)	5,05	20,18	2227,71	5,23	5,38
		Doméstico (sin tratamiento ni alcantarillado)	174,98	279,96	405,74	101,82	7,40
		Pecuario (bovinos)	68,60	137,20	54,88	6,17	0,93
		TOTAL	248,62	437,34	2688,33	113,22	13,72
2	Río Guadualito	Agrícola (plátano y banano)	3,94	15,76	1739,28	4,09	4,20
		Doméstico (sin tratamiento ni alcantarillado)	89,53	143,26	207,62	52,10	3,79
		Pecuario (bovinos)	55,99	111,98	44,79	5,04	0,76
		TOTAL	149,47	271,00	1991,69	61,23	8,75
3	Quebrada Guadualito	Agrícola (plátano y banano)	0,78	3,14	346,47	0,81	0,84
		Pecuario (bovinos)	3,65	7,29	2,92	0,33	0,05
		TOTAL	4,43	10,43	349,39	1,14	0,89
4	Quebrada El Cuna	Agrícola (plátano y banano)	1,11	4,44	490,50	1,15	1,19
		Doméstico (sin tratamiento ni alcantarillado)	11,03	17,65	25,58	6,42	0,47
		Pecuario (bovinos)	29,65	59,30	23,72	2,67	0,40
		TOTAL	41,80	81,40	539,81	10,24	2,05
5	Zona Urbana Turbo	Agrícola (plátano y banano)	0,65	2,58	284,86	0,67	0,69



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

I D	SUBCUENCA	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	DBO ₅ ton/año	DQO ton/año	SST ton/año	NT ton/año	PT ton/año
		Doméstico (con tratamiento y alcantarillado)	407,22	691,95	923,67	183,16	18,45
		Pecuario (bovinos)	3,72	7,44	2,98	0,33	0,05
		TOTAL	411,59	701,97	1211,51	184,17	19,19
6	Río Turbo	Agrícola (plátano y banano)	0,87	3,48	384,59	0,90	0,93
		Pecuario (bovinos)	74,35	148,71	59,48	6,69	1,00
		TOTAL	75,22	152,19	444,07	7,60	1,93
7	Quebrada Aguas Claras - Estorbo	Agrícola (plátano y banano)	0,53	2,11	233,34	0,55	0,56
		Pecuario (bovinos)	8,39	16,77	6,71	0,75	0,11
		TOTAL	8,91	18,89	240,05	1,30	0,68
8	Quebrada Cope	Agrícola (plátano y banano)	0,15	0,59	64,74	0,15	0,16
		Pecuario (bovinos)	5,26	10,52	4,21	0,47	0,07
		TOTAL	5,41	11,11	68,95	0,63	0,23
9	Quebrada NN1	Agrícola (plátano y banano)	0,06	0,26	28,28	0,07	0,07
		Pecuario (bovinos)	1,08	2,15	0,86	0,10	0,01
		TOTAL	1,14	2,41	29,14	0,16	0,08
10	Río Punta de Piedra	Agrícola (plátano y banano)	0,01	0,02	2,43	0,01	0,01
		Pecuario (bovinos)	5,55	11,10	4,44	0,50	0,07
		TOTAL	5,56	11,12	6,87	0,51	0,08
11	Quebrada NN2	Agrícola (plátano y banano)	0,06	0,24	26,34	0,06	0,06
		Pecuario (bovinos)	0,37	0,73	0,29	0,03	0,00
		TOTAL	0,42	0,97	26,63	0,09	0,07
12	Río Cirilo	Agrícola (plátano y banano)	0,01	0,05	5,45	0,01	0,01
		Pecuario (bovinos)	4,01	8,01	3,21	0,36	0,05
		TOTAL	4,02	8,06	8,66	0,37	0,07
13	Quebrada NN3	Agrícola (plátano y banano)	0,11	0,45	49,23	0,12	0,12
		Pecuario (bovinos)	0,56	1,12	0,45	0,05	0,01
		TOTAL	0,67	1,57	49,68	0,17	0,13
14	Quebrada Tié	Agrícola (plátano y banano)	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
		Pecuario (bovinos)	1,24	2,48	0,99	0,11	0,02
		TOTAL	1,24	2,48	1,03	0,11	0,02
15	Quebrada NN4	Agrícola (plátano y banano)	0,11	0,44	48,79	0,11	0,12
		Doméstico (sin tratamiento ni alcantarillado)	3,44	5,50	7,97	2,00	0,15
		Pecuario (bovinos)	0,94	1,88	0,75	0,08	0,01
		TOTAL	4,49	7,82	57,51	2,20	0,28
16	Río Caimán Nuevo	Agrícola (plátano y banano)	0,24	0,96	105,85	0,25	0,26
		Doméstico (sin tratamiento ni alcantarillado)	9,53	15,25	22,10	5,54	0,40
		Pecuario (bovinos)	11,56	23,12	9,25	1,04	0,16
		TOTAL	21,33	39,32	137,19	6,83	0,82



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

I D	SUBCUENCA	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	DBO ₅ ton/año	DQO ton/año	SST ton/año	NT ton/año	PT ton/año
17	Quebrada Seca	Agrícola (plátano y banano)	0,28	1,11	122,00	0,29	0,29
		Pecuario (bovinos)	2,48	4,96	1,98	0,22	0,03
		TOTAL	2,75	6,06	123,98	0,51	0,33
18	Río Totumo	Agrícola (plátano y banano)	0,02	0,08	8,69	0,02	0,02
		Pecuario (bovinos)	6,01	12,02	4,81	0,54	0,08
		TOTAL	6,03	12,10	13,50	0,56	0,10
19	Quebrada Manuela	Pecuario (bovinos)	3,10	6,21	2,48	0,28	0,04
		Doméstico (sin tratamiento ni alcantarillado)	41,83	66,94	97,01	24,34	1,77
		TOTAL	44,94	73,14	99,49	24,62	1,81
20	Quebrada La Anguilla	Pecuario (bovinos)	3,54	7,08	2,83	0,32	0,05
21	Río Caimán Viejo - Tigre	Pecuario (bovinos)	65,52	131,04	52,42	5,90	0,88

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en la Tabla 40, el uso doméstico afecta notablemente el aporte de carga contaminante en las diferentes subcuencas, ya que las que se encuentran con un valor más alto son las que tienen asociado un centro poblado. Entre las subcuencas con más carga contaminante están: río Currulao, río Guadualito, Quebrada El Cuna, Zona Urbana de Turbo, río Turbo, Quebrada La Manuela y río Caimán Viejo, siendo la subcuenca Zona Urbana de Turbo la que más carga contaminante aporta a la cuenca.

3.8.12 Campañas de monitoreo de calidad de agua

Una vez se analizó el estado de monitoreo de la calidad del recurso hídrico en la cuenca por parte de la Corporación, se acordaron con ésta 10 puntos de muestreo, cumpliendo así con los alcances técnicos. Dicho monitoreo se realizó durante dos épocas del año (húmeda: 21-22-27 de diciembre de 2016 y seca: 16-17-18 de enero de 2017), de manera, que se pudieran obtener resultados para diferentes condiciones hidrológicas. En la Tabla 41 se presentan los puntos monitoreados, con su respectivo código:

Tabla 41. Sitios de monitoreo de calidad de agua.

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	COORDENADAS	
		Longitud	Latitud
Nueva Antioquia río arriba	TU-RI-CNA-I	76,510949	8,034286
Nueva Antioquia río abajo	TU-RI-CNA-II	76,525663	8,039517
Río Caraballo	TU-RI-CA	76,601466	8,008948
Guadualito vereda la Trampa	TU-RI-GVT	76,601427	8,110242
Río Turbo Vereda río Turbo	TU-RI-GVR	76,621397	8,152488
Desembocadura río Cope	TU-RI-CO-D	76,737619	8,162647
Desembocadura río Punta de Piedra	TU-RI-PP-D	76,743975	8,185592
Desembocadura río Cirilo	TU-RI-CI-D	76,749277	8,210381
Desembocadura río El Totumo	NE-RI-TO-D	76,752430	8,320461
Desembocadura río Caimán Viejo	NE-RI-CV-D	76,758351	8,355876

Fuente: Elaboración propia.



3.8.12.1 Variables de la calidad del agua

En cada estación de muestreo se midieron *in situ* algunas variables de la calidad del agua (Tabla 42) empleando sondas multiparamétricas. El muestreo fue realizado por personal técnico del laboratorio de aguas de CORPOURABA acreditado para tal fin usando técnicas que se describen en la guía para el monitoreo de vertimientos aguas superficiales y subterráneas (IDEAM, 2002) y en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos (Garay Tinoco, y otros, 2003), que incluye métodos que referencia el libro “*Métodos de Referencia Estándar*”, los Manuales de Referencia de la UNESCO, Standard Method y el manual de Strickland y Parsons (1968).

En cada estación se tomaron muestras de agua para el análisis posterior en el laboratorio. Se registró la siguiente información:

- Hora de la toma de la muestra.
- Descripción del tramo de muestreo: uso del suelo en el sector, grado de desarrollo de la vegetación ribereña, forma del valle, tipo de materiales del lecho, tamaño y composición de barras en el cauce, tipo de actividades humanas y uso del agua al momento del muestreo.
- Condiciones climáticas al momento del muestreo (nubosidad, lluvias, intensidad relativa del viento) y presencia de lluvias el día anterior.
- Observaciones sobre las características organolépticas del agua: olores, color, presencia de aceites en el agua, otras observaciones de interés.

Las muestras fueron refrigeradas en neveras con hielo y enviadas al laboratorio de aguas de CORPOURABA en Carepa donde fueron recibidas para su análisis.

Tabla 42. Variables consideradas para el análisis de calidad y cantidad de agua superficial en la jurisdicción de CORPOURABA en las estaciones complementarias propuestas por el POMCA Río Turbo-Currulao.

VARIABLE	EXPRESADA COMO
<i>In situ</i>	
Oxígeno disuelto	% Saturación
Conductividad eléctrica	µS/cm
pH	Unidades de pH
Caudal	l/s
<i>En el laboratorio</i>	
Coliformes fecales	NMP/100
Demanda biológica de oxígeno	mg/l
Demanda química de oxígeno	mg/l
Sólidos en suspensión	mg/l
Sólidos suspendidos totales	mg/l
Nitrógeno total	mg/l
Nitratos	mg/l
Nitritos	mg/l
Fósforo total	mg/l

Fuente: Elaboración propia.

Los métodos usados para el análisis de las muestras se indican en la Tabla 43, donde también se señalan los límites de cuantificación para parámetros usados por el laboratorio de aguas, acreditados por el IDEAM.

Tabla 43. Método analítico y límite de cuantificación de los parámetros a analizar, usado por



CORPOURABA (acreditado por el IDEAM).

PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
OXIGENO DISUELTO	Electrodo de Membrana, SM 4500-O ed. 22-2012	NE mg O ₂ /L
CONDUCTIVIDAD A 25°C	Electrométrico, SM 2510 B ed. 22-2012.	0,8 µS/cm
PH	Electrométrico, SM 4500-H+ B ed. 22-2012.	0 Unidades de pH
COLIFORMES TOTALES	Prueba enzima sustrato, SM 9223 B ed. 22-2012.	NE NMP/100ml
DBO	Test de 5 días, modificación azida, SM 5210 B y 4500 O C ed. 22-2012.	1,50 mg O ₂ /L
DQO	Reflujo Cerrado, Colorimétrico, SM 5220 D ed. 22-2012.	50 mg O ₂ /L
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Secado a 103-105°C, SM 2540 D ed. 22-2012.	9,00 mg/L
FÓSFORO TOTAL	Ácido Ascórbico, SM 4500-P B,E ed. 22-2012.	NE mgP/L
SÓLIDOS DISUELTOS	Secado a 180°, SM 2540 C ed. 22-2012.	NE mg/L
NITRÓGENO TOTAL	Método Kjeldahl, 4500-N B ed. 22-2012.	NE mg N/L
NITRITO	Colorimétrico, SM 4500-NO ₂ - B ed. 22-2012.	0,003 mg NO ₂ - N/L
NITRATO	Reducción de cadmio, SM 4500-NO ₃ - E ed. 22-2012.	0.1 mg NO ₃ - -N/L

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados de la campaña de monitoreo, incluyendo caudales aforados y resultados del laboratorio, con su respectivo análisis. El informe con los resultados del laboratorio y los informes de resultados entregados por el laboratorio se presentan en el [Anexo 63](#).

3.8.12.2 Aforos

La información de los aforos recogida en campo y tabulada se presenta en el [Anexo 64](#) Aforos.

3.8.12.2.1 Nuevo Antioquia río arriba (TU-RI-CNA-I)

Para este punto de muestreo se realizaron dos aforos, uno en época húmeda y otro en época seca. Las secciones transversales aforadas en ambas épocas se presentan en el Gráfico 3 y Gráfico 4:

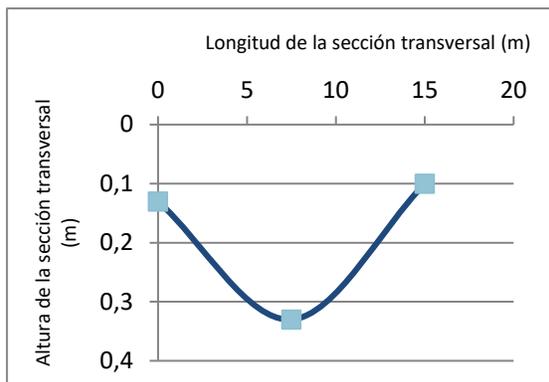


Gráfico 3. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Arriba, época húmeda.

Fuente: Elaboración propia.

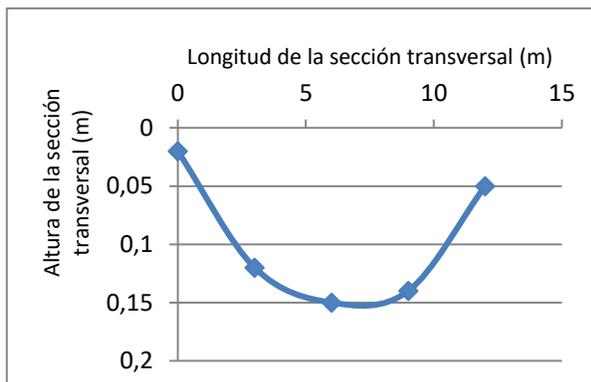


Gráfico 4. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Arriba, época seca.

Fuente: Elaboración propia.

Los caudales resultantes para este punto se muestran a continuación:

Tabla 44. Caudales para Nuevo Antioquia Aguas Arriba.

Nuevo Antioquia Aguas Arriba TU-RI-CNA-I	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	577	375,936

Fuente: Elaboración propia.

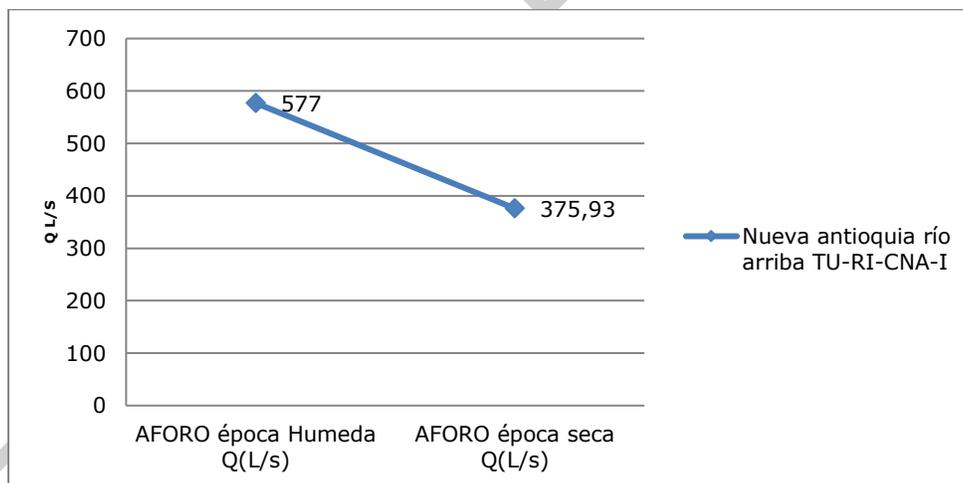


Gráfico 5. Caudales para Nuevo Antioquia Aguas Arriba en época húmeda y seca.

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos en este punto, como es de esperarse, el mayor caudal se presenta en la época húmeda, sin embargo, como se muestra en el Gráfico 5, la pendiente de la recta no es muy pronunciada, lo que indica que la diferencia de caudales en ambas tomas no fue abrupta.

3.8.12.2.2 Nuevo Antioquia río abajo (TU-RI-CNA-II)



Para este punto de muestreo se realizaron dos aforos, uno en época húmeda y otro en época seca. Las secciones transversales aforadas en ambas épocas se presentan en el Gráfico 6 y Gráfico 7:

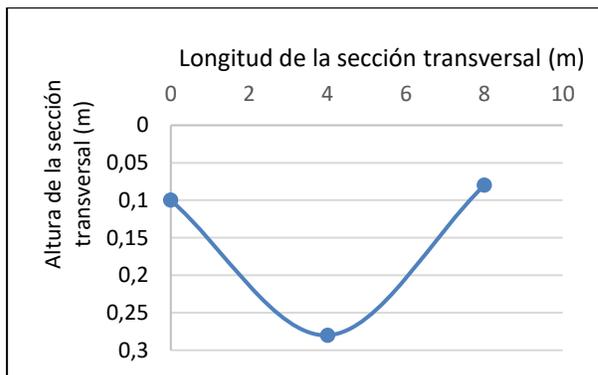


Gráfico 6. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Abajo, época húmeda.
 Fuente: Elaboración propia.

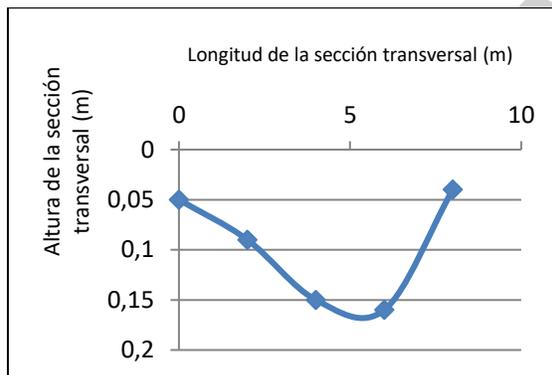


Gráfico 7. Sección transversal aforada Nuevo Antioquia Aguas Abajo, época seca.
 Fuente: Elaboración propia.

Los caudales resultantes para este punto se muestran a continuación:

Tabla 45. Caudales para Nuevo Antioquia Aguas Abajo.

Nuevo Antioquia Aguas Abajo TU-RI-CNA-II	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	627	161,28

Fuente: Elaboración propia.

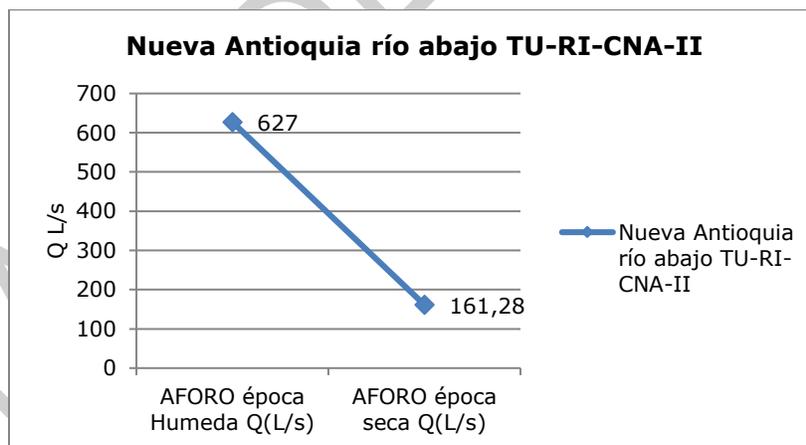


Gráfico 8. Caudales para Nueva Antioquia Aguas Abajo en época húmeda y seca.
 Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los caudales para este punto muestran una notable reducción del caudal en época seca, pasando de 627 L/s a sólo 161,28 L/s, lo que significa que este sitio sufre un cambio significativo en sus regímenes hidrológicos dependiendo la época del año.

3.8.12.2.3 Río Caraballo (TU-RI-CA)



Para este punto de muestreo se lograron obtener dos aforos, uno en época húmeda y otro en época seca. Las secciones transversales aforadas en ambas épocas se presentan en el Gráfico 9 y Gráfico 10:

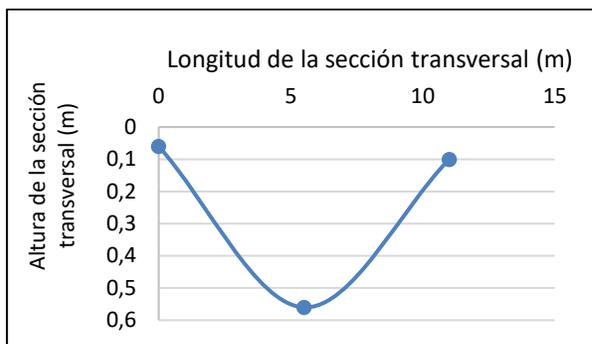


Gráfico 9. Sección transversal aforada río Caraballo, época húmeda.
 Fuente: Elaboración propia.

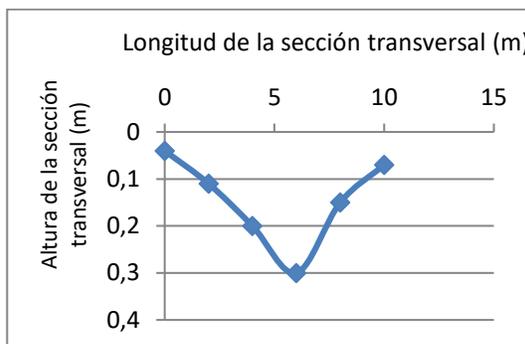


Gráfico 10. Sección transversal aforada río Caraballo, época seca.
 Fuente: Elaboración propia.

Los caudales resultantes para este punto se muestran a continuación:

Tabla 46. Caudales para río Caraballo.

Río Caraballo TU-RI-CA	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	595	231,36

Fuente: Elaboración propia.

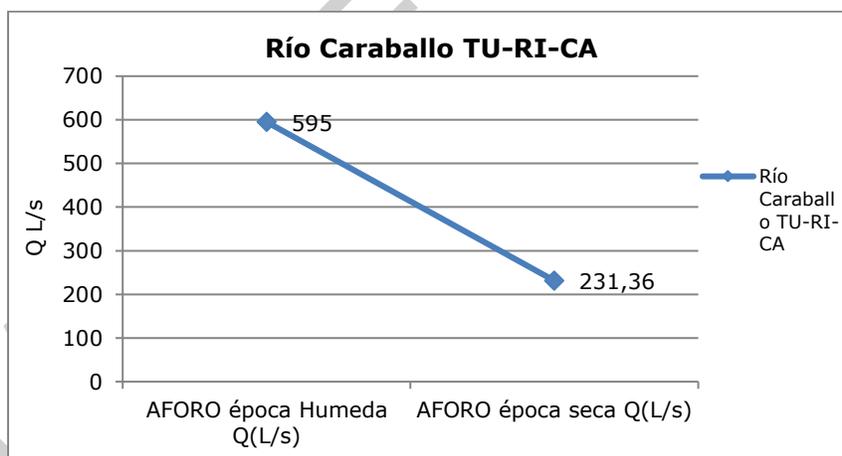


Gráfico 11. Caudales para río Caraballo en época húmeda y seca.
 Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para este punto muestran, como es de esperarse, un descenso del caudal en época seca, el cual pasa de 595 L/s a 231,36 L/s. Según el Gráfico 11, la diferencia de caudales en ambas épocas no es demasiado abrupta, pues la pendiente de la línea no es muy pronunciada.

3.8.12.2.4 Guadualito vereda la Trampa (TU-RI-GVT)



Para este punto se realizaron dos aforos, (época seca) y (época húmeda). Las secciones transversales aforadas en ambas épocas se presentan en el Gráfico 12 y Gráfico 13:

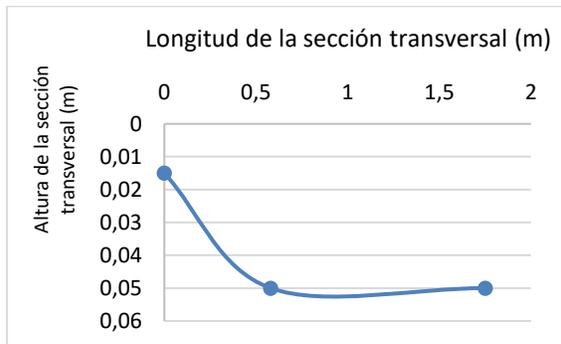


Gráfico 12. Sección transversal aforada Guadualito vereda la Trampa, época húmeda.
 Fuente: Elaboración propia.

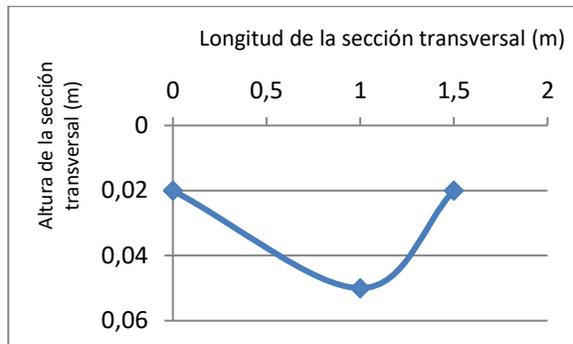


Gráfico 13. Sección transversal aforada Guadualito vereda la Trampa, época seca.
 Fuente: Elaboración propia.

Los caudales resultantes para este punto se muestran a continuación:

Tabla 47. Caudales para Guadualito Vereda la Trampa.

Guadualito Vereda la Trampa TU-RI-GVT	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	194,24	7,93

Fuente: Elaboración propia.

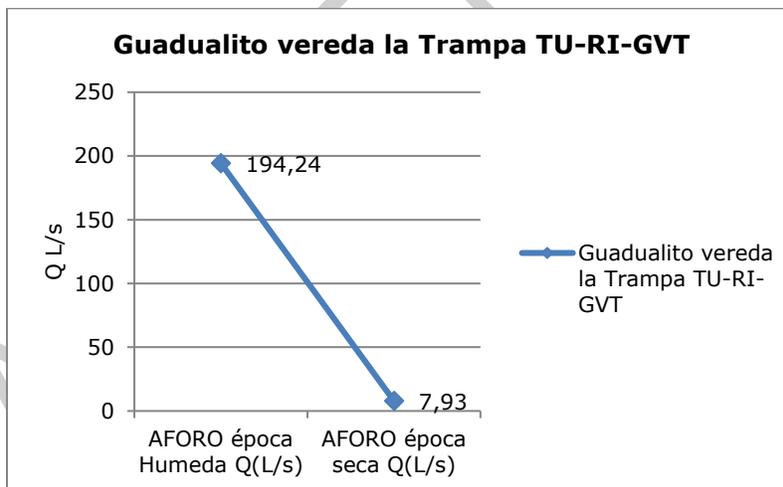


Gráfico 14. Caudales para Guadualito vereda la Trampa en época húmeda y seca.
 Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Gráfico 14, los caudales de este punto de muestreo cambian abruptamente dependiendo de la época (húmeda o seca) pasando de 194,24 L/s a 7,93 L/s respectivamente; además de esto, se puede decir que el caudal de época húmeda es pequeño en comparación con el de otros puntos analizados hasta ahora, lo cual quiere decir que este sitio presenta relativamente poca disponibilidad de agua y en eventos extremos, puede darse un posible desabastecimiento del recurso hídrico.

3.8.12.2.5 Río Turbo vereda río Turbo (TU-RI-GVR)



En este sitio de muestreo se realizaron dos aforos, uno en época seca y otro en época húmeda. Las secciones transversales aforadas en ambas épocas se presentan en el Gráfico 15 y Gráfico 16:

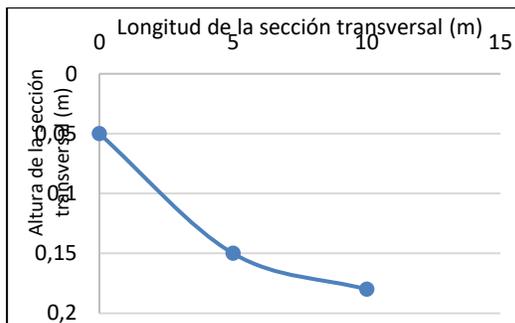


Gráfico 15. Sección transversal aforada río Turbo vereda río Turbo, época húmeda.
 Fuente: Elaboración propia.

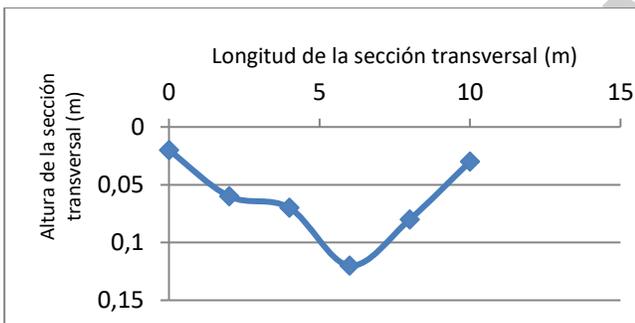


Gráfico 16. Sección transversal aforada río Turbo vereda río Turbo, época seca.
 Fuente: Elaboración propia.

Los caudales resultantes para este punto se muestran a continuación:

Tabla 48. Caudales para río Turbo Vereda río Turbo.

Río Turbo Vereda río Turbo TU-RI-GVR	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	194,24	64,72

Fuente: Elaboración propia.

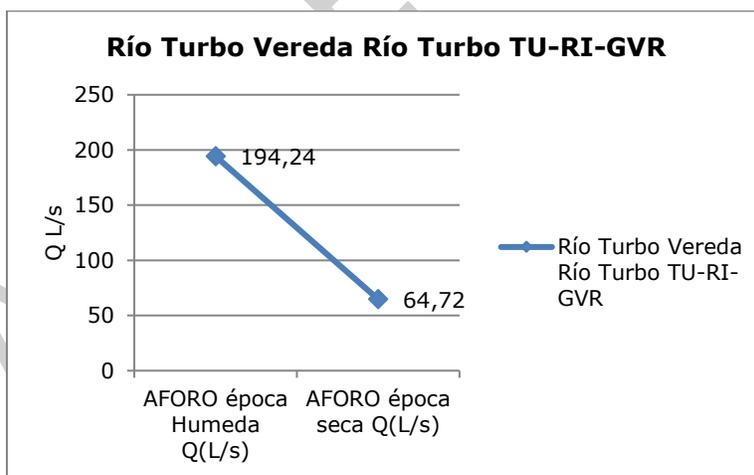


Gráfico 17. Caudales para río Turbo vereda río Turbo en época húmeda y seca.
 Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este punto, el cambio de caudales en ambas épocas es significativo, pasando de 194,24 L/s a 64,72 L/s, además, se observa que el valor de los caudales en los dos casos es pequeño, lo que significa poca disponibilidad del recurso hídrico en este punto y un problema de abastecimiento de agua en un futuro cuando se presenten posibles eventos extremos.



3.8.12.2.6 Desembocadura río Cope (TU-RI-CO-D)

En este sitio de muestreo no fue posible realizar aforo en época húmeda debido a las condiciones de la desembocadura, por lo tanto, solo se tiene el dato para época seca. La sección transversal aforada se presenta en el Gráfico 18:

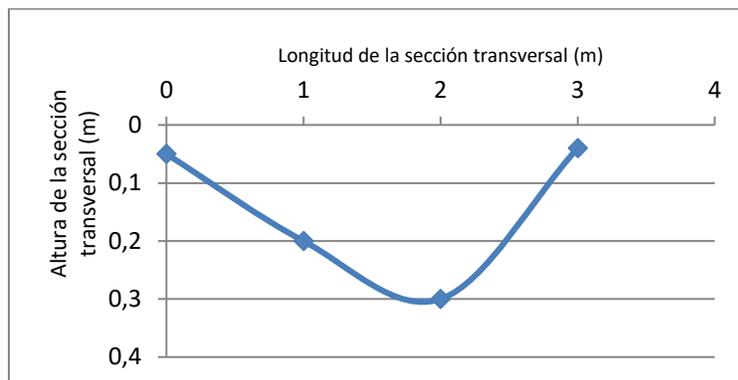


Gráfico 18. Sección transversal aforada Desembocadura río Cope, época seca.
Fuente: Elaboración propia.

El caudal resultante para este punto se muestra a continuación:

Tabla 49. Caudales para Desembocadura río Cope.

Desembocadura río Cope TU-RI-CO-D	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	--	6,273

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 49, el caudal aforado para este punto es bajo, más aún porque corresponde a época seca, lo que hace que no se tenga mucha disponibilidad de agua en ese punto de muestreo.

3.8.12.2.7 Desembocadura río Punta de Piedra (TU-RI-PP-D)

En este sitio no fue posible realizar aforo en época húmeda ya que no fue posible el ingreso a partes de la desembocadura por aumento de su caudal, por lo tanto, solo se tiene el dato para época seca. La sección transversal aforada se presenta en el Gráfico 19:

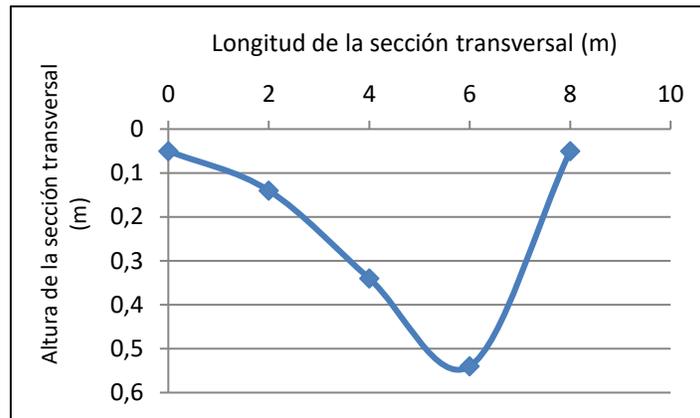


Gráfico 19. Sección transversal aforada Desembocadura río Punta de Piedra, época seca.
Fuente: Elaboración propia.

El caudal resultante para este punto se muestra a continuación:

Tabla 50. Caudales para Desembocadura río Punta de Piedra.

Desembocadura río Punta de Piedra TU-RI-PP-D	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	--	40,35

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que el aforo se realizó en época seca, se observa que el caudal obtenido es relativamente alto, comparado con otros analizados anteriormente, lo que indica que en este punto hay mejor disponibilidad de agua.

3.8.12.2.8 Desembocadura río Cirilo (TU-RI-CI-D)

En este sitio de muestreo no fue posible realizar aforo en época húmeda debido a que lluvias acaecidas en horas de la madrugada, aumentaron considerablemente el caudal, por lo tanto, solo se tiene el dato para época seca. La sección transversal aforada se presenta en el Gráfico 20:

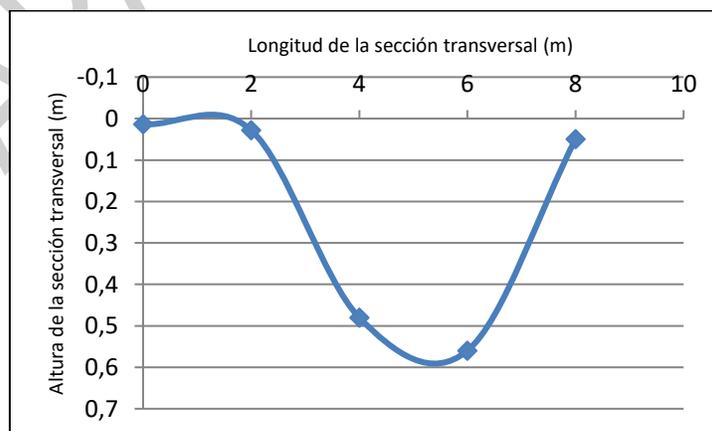


Gráfico 20. Sección transversal aforada Desembocadura río Cirilo, época seca.
Fuente: Elaboración propia.

El caudal resultante para este punto se muestra a continuación:



Tabla 51. Caudales para Desembocadura río Cirilo.

Desembocadura río Cirilo TU-RI- CI-D	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	--	7,81

Fuente: Elaboración propia.

El caudal obtenido en este punto de muestreo es bajo, comparado con otros analizados anteriormente, aunque es importante anotar que fue tomado en época seca, lo cual hace que la disponibilidad de agua sea menor en el punto.

3.8.12.2.9 Desembocadura río El Totumo (NE-RI-TO-D)

En este sitio de muestreo no fue posible realizar aforo en época seca debido a una empalizada que hizo imposible el aforo de la fuente, por lo tanto, solo se tiene el dato para época húmeda. La sección transversal aforada se presenta en el Gráfico 21:

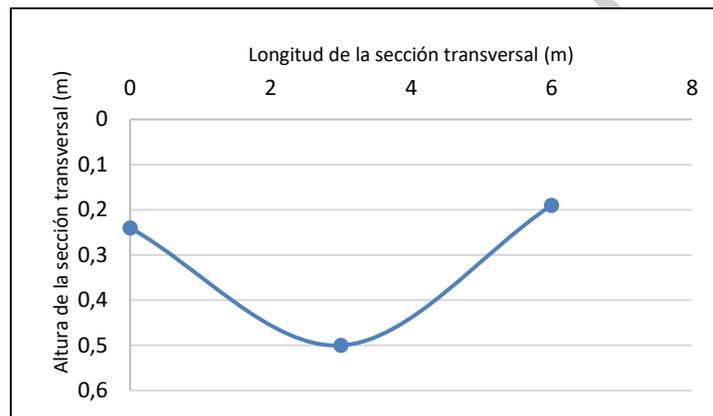


Gráfico 21. Sección transversal aforada Desembocadura río Totumo, época húmeda.

Fuente: Elaboración propia.

El caudal resultante para este punto se muestra a continuación:

Tabla 52. Caudales para Desembocadura río El Totumo.

Desembocadura río El Totumo NE-RI-TO-D	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
	132,132	--

Fuente: Elaboración propia.

El caudal obtenido en este punto muestra buena disponibilidad de agua en la fuente comparada con otras analizadas anteriormente; sin embargo, hay que tener en cuenta que este muestreo fue realizado en época húmeda, lo que puede aumentar el valor.

3.8.12.2.10 Desembocadura río Caimán Viejo (NE-RI-CV-D)

En este punto de muestreo se lograron realizar los dos aforos correspondientes a época húmeda y seca cada uno. Las secciones transversales aforadas se presentan en el Gráfico 22 y Gráfico 23:

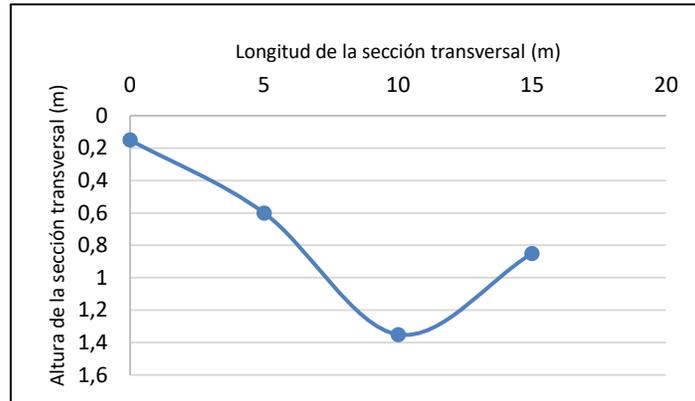


Gráfico 22. Sección transversal aforada río Caimán Viejo época húmeda.
 Fuente: Elaboración propia.

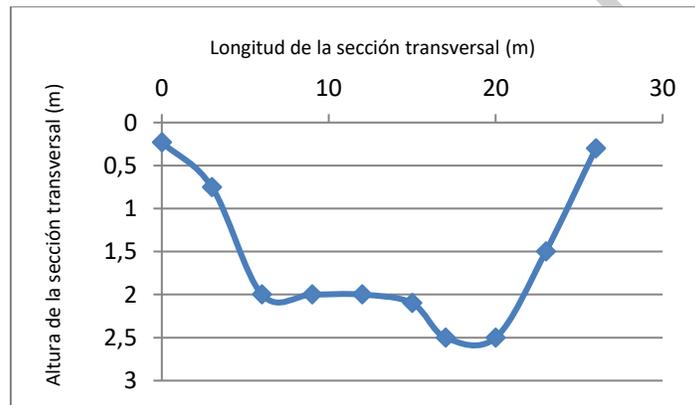


Gráfico 23. Sección transversal aforada río Caimán Viejo, época seca.
 Fuente: Elaboración propia.

Los caudales resultantes para este punto se muestran a continuación:

Tabla 53. Caudales para Desembocadura río Caimán Viejo.

Desembocadura río Caimán Viejo	Aforo época húmeda Q(L/s)	Aforo época seca Q(L/s)
NE-RI-CV-D	961,38	451,07

Fuente: Elaboración propia.

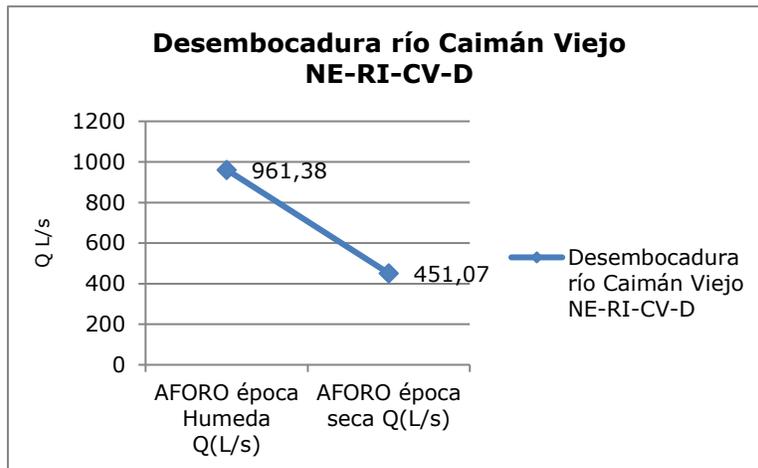


Gráfico 24. Caudales para Desembocadura río Caimán Viejo en época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este punto de muestreo, se observa que existe buena disponibilidad de agua en la fuente monitoreada para ambas épocas; sin embargo, se nota un cambio abrupto entre el caudal de época húmeda y el de época seca, lo que hace ver que la fuente es vulnerable a sufrir cambios en sus regímenes hidrológicos por eventos extremos.

En el Gráfico 25 se presenta el consolidado de los aforos realizados en las campañas de monitoreo del presente POMCA. Allí se observan las grandes diferencias que existen entre los caudales de época húmeda y época seca, con lo que se concluye que las fuentes hídricas de la cuenca se ven muy afectadas por las condiciones hidrológicas y climáticas, bajando su oferta considerablemente entre un periodo y otro.

De los sitios que fueron aforados durante las dos campañas de monitoreo del agua superficial, la estación ubicada en la desembocadura del río Caimán viejo presentó los mayores caudales para ambas épocas, seguido de las estaciones Nueva Antioquia aguas arriba, río Caraballo y Nueva Antioquia aguas abajo. Por su parte la desembocadura del río Cope presentó el menor caudal. Cabe recordar que algunos ríos solo pudieron ser aforados en una de las dos épocas climáticas de mediciones, por lo que su valor en el Gráfico 25 no se considera.

Al comparar los caudales de los ríos aforados, las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca presentan mayores valores de caudales si se compara con las demás estaciones, con excepción del ubicado en el río Caimán viejo; esto se pudo presentar debido a lluvias que se dieron durante la noche anterior al muestreo.

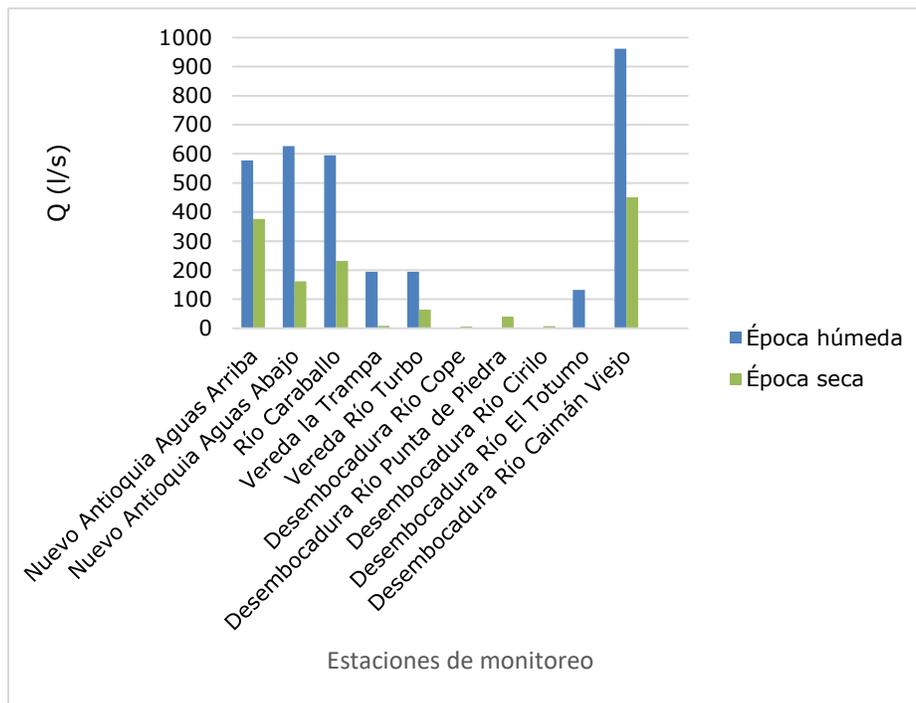


Gráfico 25. Caudales aforados en campañas de monitoreo.
Fuente: Elaboración propia.

3.8.12.3 Resultados calidad de agua superficial

Se presenta el análisis de calidad hídrica de los sitios de la cuenca monitoreados con base en los resultados de los parámetros individuales evaluados en el laboratorio y establecidos para realizar el índice de calidad del agua (ICA), como son: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno (DQO), relación nitrógeno total/fósforo total, conductividad eléctrica, pH y coliformes fecales, temperatura y demanda biológica de oxígeno. Los resultados se presentan para los monitoreos realizados en dos épocas climáticas contrastantes (húmeda y seca) en el año 2016 y 2017 respectivamente. Además, como se muestra en la Tabla 54, se revisó la normatividad nacional para calidad de agua y vertimientos puntuales, con el fin de contrastar con los resultados obtenidos en campo.

Tabla 54. Límites permisibles según normatividad nacional.

NORMA	PARÁMETRO	LÍMITE PERMISIBLE
Decreto 1594/1984, decreto 3930/2010, resolución 631/2015	Coliformes fecales	200 nmp/100ml (contacto primario) 5.000 nmp/100ml (uso agropecuario)
decreto 3930/2010, resolución 631/2015	PH	Entre 4,5 – 9,0
decreto 3930/2010, resolución 631/2015	DBO	5 mg/L
decreto 3930/2010, resolución 631/2015	DQO	200 mg/L
decreto 3930/2010, resolución 631/2015	Temperatura	40°C
decreto 3930/2010, resolución 631/2015	Fósforo total	Análisis y reporte
decreto 3930/2010, resolución 631/2015	Nitrógeno total	Análisis y reporte
decreto 3930/2010, resolución 631/2015	Solidos suspendidos totales	100 mg/l

Fuente: Elaboración propia.

3.8.12.3.1 Temperatura

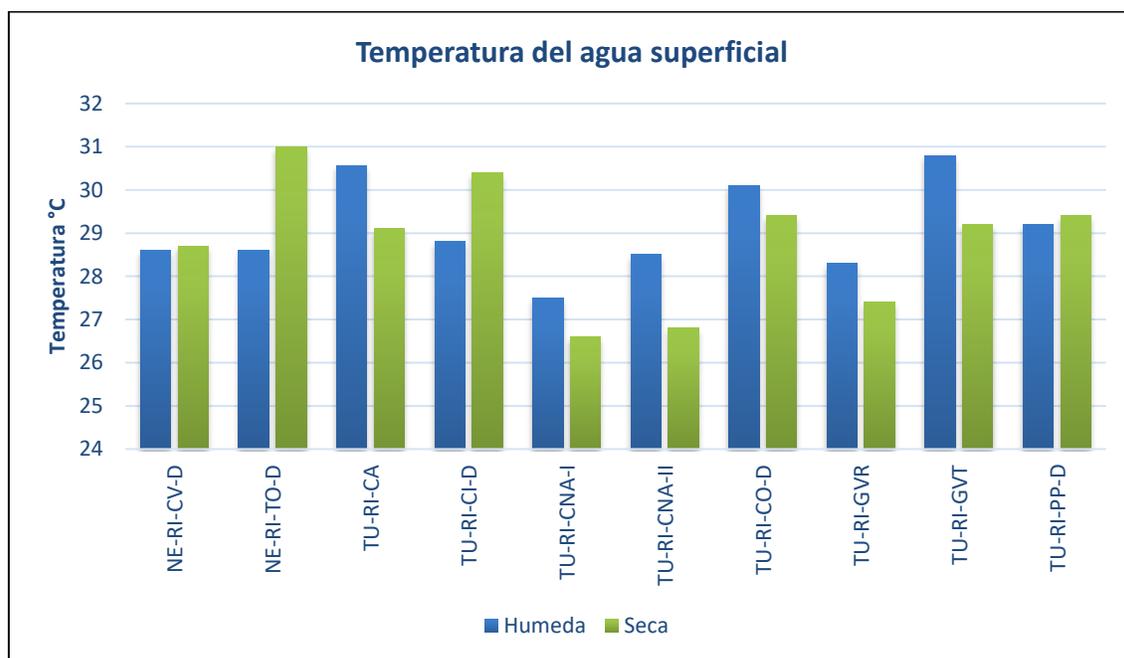


Gráfico 26. Temperatura del agua durante las campañas de muestreo, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

Durante las campañas realizadas se puede apreciar en el Gráfico 26 que las temperaturas para los monitoreos hechos durante la época húmeda oscilaron en su mayoría entre los 27°C y 29°C, donde solo tres estaciones presentaron valores mayores a 30°C (río Caraballo, vereda La Trampa y desembocadura del río Cope). Por su parte, la estación TU-RI-GVT (vereda La Trampa) presentó el mayor valor reportado con 30,8°C.

Para los muestreos efectuados en la época seca, los valores hallados se encuentran en el rango de los 26°C y 29°C, donde las estaciones TU-RI-CI (río Cirilo) y NE-RI-TO (río El Totumo) presentaron valores superiores a 30°C siendo este último sitio el que presentó el mayor valor reportado para esta campaña (31°C). Las diferencias entre cada valor reportado obedecen quizás a la hora del día en que se tomó la muestra, cambios altitudinales (como la estación ubicada en Nueva Antioquia) y microclimas generados por la cobertura vegetal que forma una bóveda sobre la fuente a posibles perturbaciones antrópicas. La resolución 631 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) indica que este parámetro, tendrá un valor permisible de 40°C por lo que se observa una calidad óptima en este aspecto al ver los datos obtenidos en campo para las diferentes estaciones.

3.8.12.3.2 Oxígeno disuelto

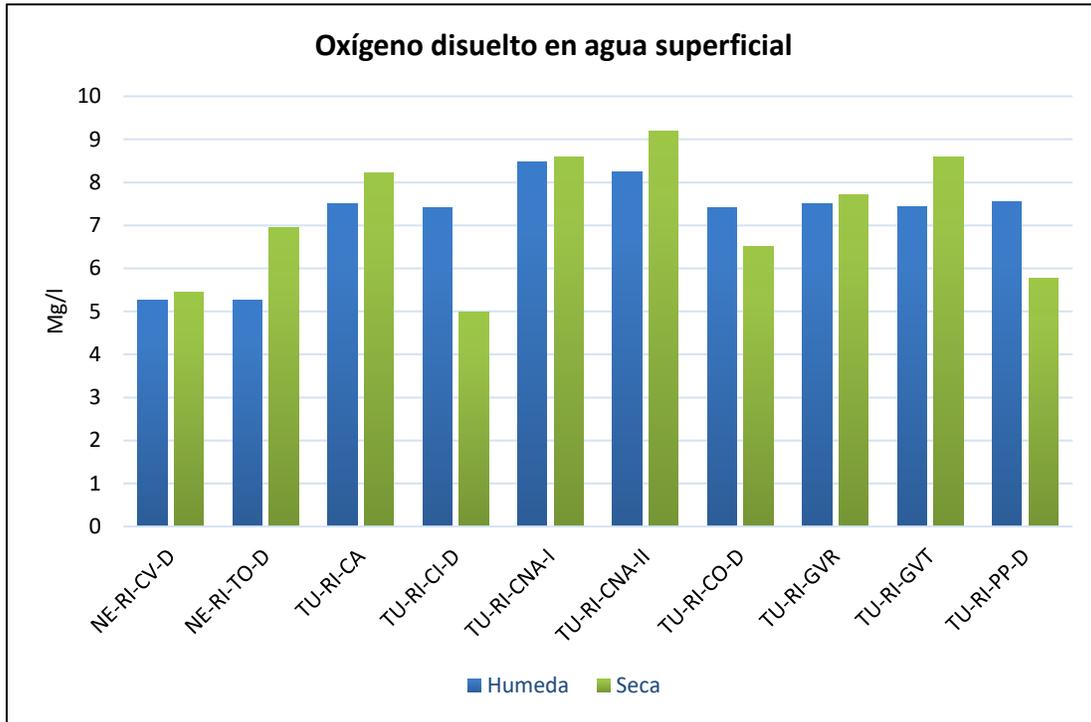


Gráfico 27. Oxígeno disuelto época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

La concentración de oxígeno disuelto reportó en general para todas las estaciones monitoreadas en ambas campañas, valores óptimos para la existencia de biota en la corriente, así como en sus procesos, con valores superiores a 5 mg/l. Se puede notar que las estaciones ubicadas en la zona media y alta de la cuenca presentan para ambas campañas valores altos en comparación con las que se ubican en las desembocaduras, este valor bajo de oxígeno disuelto con respecto a las otras estaciones se debe probablemente al represamiento del agua en el sitio, disminuyendo la circulación del mismo. Este tipo de circunstancias se relacionan con procesos de oxidación de materia orgánica atrapada en cuerpos de agua con baja circulación, lo que favorece la proliferación de microorganismos degradadores y obliga a una disminución del oxígeno disuelto.

Durante la campaña en la época húmeda se aprecia en la mayoría de las estaciones, valores con poca variabilidad con un rango entre 7,4 y 7,5 mg/l; solo las estaciones ubicadas en Nueva Antioquia presentaron los valores más altos (Gráfico 27). Al comparar con los datos registrados en la campaña de la época seca, se aprecia una mayor variabilidad entre estaciones, además de tener una tendencia hacia la disminución de la concentración de oxígeno a medida que se llega a las zonas limitantes con el mar con excepción de la estación ubicada del río el Totumo (NE-RI-TO). Cabe mencionar que los mayores valores encontrados fueron los ubicados en la zona alta de la cuenca (Nueva Antioquia aguas arriba y abajo, Vereda la Trampa).

Al comparar los resultados obtenidos con los objetivos de calidad trazados por CORPOURABA para este parámetro, se mantienen por encima de éstos (≥ 4) (CORPOURABA, 2007) para todas las estaciones ubicadas en las subcuencas Turbo,



Currulao y Guadualito (donde se enmarcan los objetivos de calidad) indicando que al momento se está cumpliendo este objetivo.

3.8.12.3.3 Demanda bioquímica de oxígeno - DBO

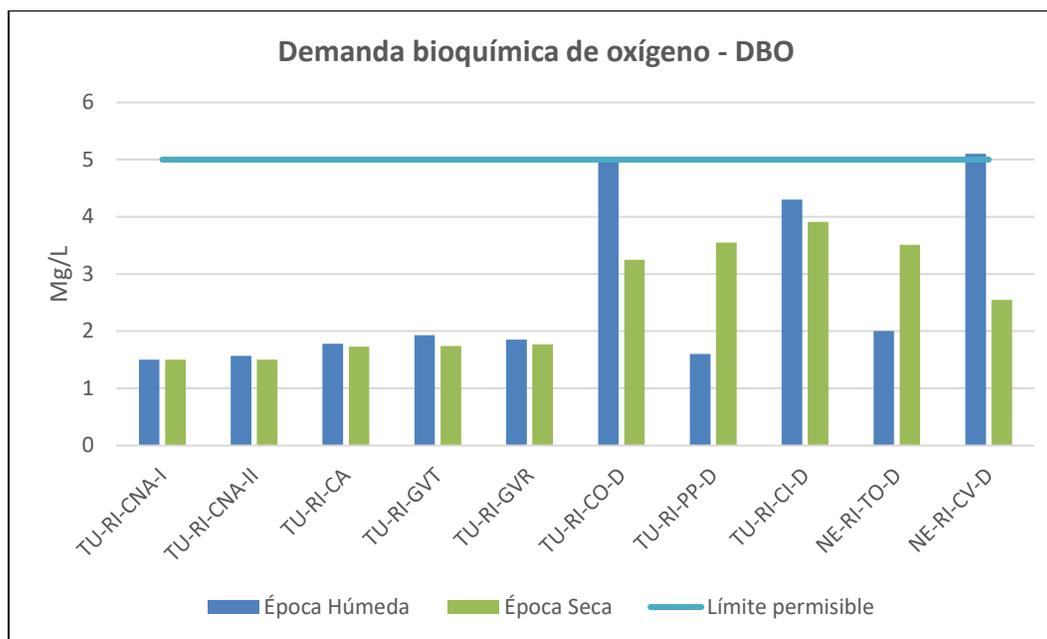


Gráfico 28. Demanda Bioquímica de oxígeno, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el Gráfico 28, en ambas campañas los valores más bajos se reportaron para las estaciones ubicadas en la zona alta y media de la cuenca; a la vez se nota que no hay una diferencia significativa entre las campañas de monitoreo; por el contrario, al comparar las desembocaduras, se presentaron diferencias significativas entre campañas, además de presentar valores más altos de DBO, esto pudo ser influenciado por residuos de origen antrópico, sumado a que son el tramo final del afluente por lo que recibe todo lo proveniente de aguas arriba; otro factor estaría asociado a la materia orgánica proveniente de plantas de riberas y manglar.

La campaña realizada durante la época húmeda en las desembocaduras presentó además una mayor variación en sus valores reportados, mientras para la época seca no se presentó dicha variación en esos mismos sitios. En el Gráfico 28 se aprecia que la estación con mayor valor reportado para la época húmeda fue NE-RICV-D (5,1 mg/l), seguido por TU-RI-CO-D (5 mg/l), mientras en la época seca la estación TU-R-CI-D presentó el valor más alto (3,91 mg/l). Por su parte el valor más bajo reportado para ambas campañas se dio en TU-RI-CNA-I (1,5 mg/l).

Durante las campañas de monitoreo los resultados de los valores de DBO en la totalidad de las estaciones muestreadas presentaron valores por debajo de 5,5 mg/l, lo que significa baja contaminación por materia orgánica en los sitios de muestreo, además se hallan por debajo de lo establecido en el decreto 3930 de 2010 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010) y la resolución 631 de 2015 (Ministerio de Ambiente y



Desarrollo Sostenible, 2015) para ríos influenciados por aguas residuales de centros urbanos (≤ 5 mg/l); por lo tanto, existe poca influencia de esta variable en el deterioro de la calidad de agua por descargas directas de materia orgánica.

Al comparar los resultados obtenidos con los objetivos de calidad trazados por CORPOURABA para la DBO en las subcuencas Turbo, Currulao y Guadualito (donde se enmarcan los objetivos de calidad para la cuenca), se tiene que al momento se está cumpliendo el objetivo de estar por debajo de 5 mg/l, para ambas campañas climáticas. Aunque para las estaciones ubicadas en las desembocaduras de Punta de Piedra, Cope, Cirilo, Totumo y Caimán Nuevo, no presentan objetivos de calidad, se puede notar que aún con valores más altos, se mantienen por debajo del objetivo dado para las cuencas mencionadas anteriormente.

3.8.12.3.4 Demanda química de oxígeno - DQO

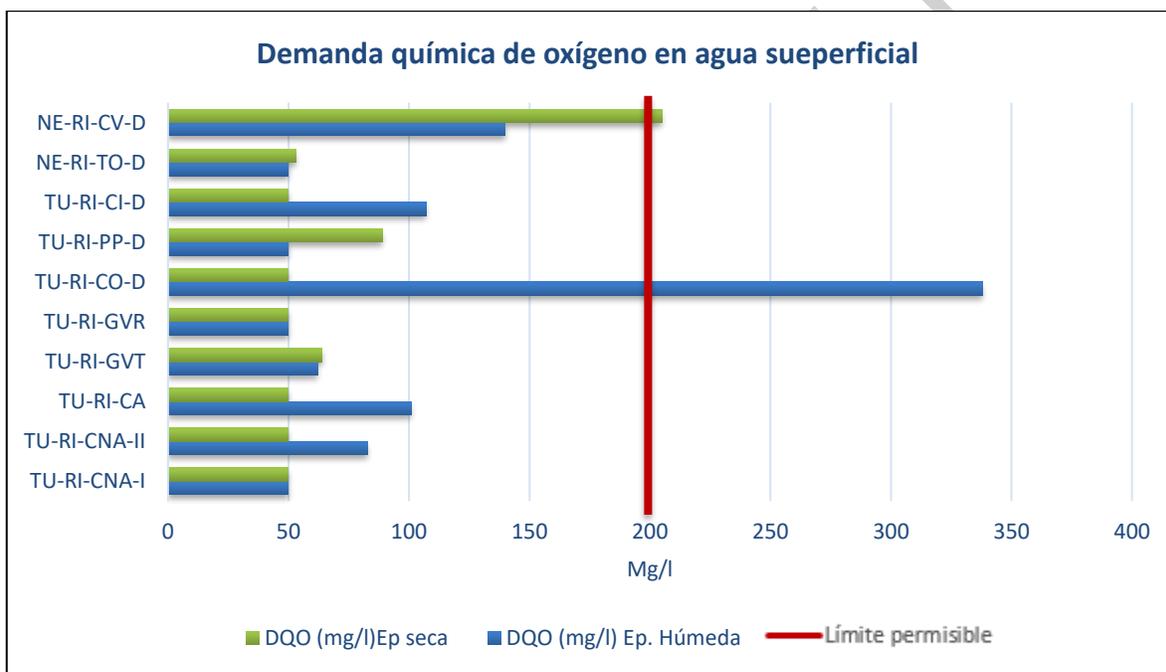


Gráfico 29. Demanda química de Oxígeno, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 29 se puede apreciar que durante la época húmeda, la mayoría de las estaciones reportaron valores por debajo de 120 mg/l, que oscilaron entre 50 y 109 mg/l, solo las estaciones TU-RI-CO-D (338 mg/l) y NE-RI-CV-D (140 mg/l) presentaron valores superiores a la media, siendo la estación ubicada en la desembocadura del río Cope la que presentó el mayor valor. Con respecto a la época seca, los datos hallados presentaron menos variabilidad, estando éstos en un rango menor (50-89 mg/l) donde la estación de Caimán viejo (NE-RI-CV-D) presentó el valor más alto y fuera de la media con 205 mg/l.

Al analizar ambas campañas entre cada estación, no se presenta una variación considerable entre época climática con excepción de la estación de la desembocadura del río Cope donde se da una diferencia significativa en los valores hallados entre la



época seca y la época húmeda. Los valores por debajo podrían deberse a que no hay una influencia tan marcada de algún asentamiento cercano, además debido a procesos de dilución. Por su parte, para la mayoría de las estaciones, los datos hallados en ambas campañas están dentro de los límites permisibles (200mg/l) para el decreto 3930 de 2010 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010) y sólo la estación TU-RI-CO-D sobrepasó este valor en su campaña de época húmeda, lo cual podría deberse a un mayor flujo de caudal causado por precipitaciones, generando un mayor arrastre de material de la ribera del afluente.

3.8.12.3.5 Sólidos suspendidos totales -SST



Gráfico 30. Concentración de sólidos suspendidos totales, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

Los sólidos suspendidos durante la época húmeda mostraron una notoria variación entre estaciones: en cinco (5) de ellas, se hallaron valores por debajo de los 100 mg/l, en tres (3) estaciones superaron los 300 mg/l: río Caraballo (TU-RI-CA), Vereda la Trampa (TU-RI-VT) y Vereda río Turbo (TU-RI-VR); el sitio TU-RI-VT presentó el valor más alto (733 mg/l) para esta campaña. Por su parte, para la época seca, los valores encontrados oscilaron entre 9 y 37 mg/l y como se aprecia en el Gráfico 30, hay muy poca variación entre éstas si se compara con los resultados obtenidos durante la campaña anterior; para ésta el mayor valor reportado fue para la desembocadura del río Caimán viejo con 37 mg/l.

Cómo se observa en el Gráfico 30, para la época seca, los valores hallados están dentro del límite permisible para este parámetro con un máximo recomendado de 100 mg/l (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010), mientras en la campaña de la época húmeda, se encontraron valores que superan este límite, lo cual puede estar relacionado con la resuspensión de material sedimentado en el lecho debido al cambio



en el régimen hidráulico, sumado a procesos de erosión de cuencas por el aumento del caudal por precipitaciones en la zona, lo que movilizaría material durante ese fenómeno natural y causaría un incremento en el valor de SST.

Los resultados obtenidos para la concentración de SST en las diferentes estaciones, mostraron variaciones entre sitios que al compararse con los objetivos de calidad trazados por COROURABA, para, las estaciones ubicadas en las subcuencas Turbo, Currulao y Guadualito (donde se enmarcan los objetivos de calidad para tres ríos de la cuenca), presentaron valores superiores al esperado para su zona (≤ 10 mg/l para la zona alta de la subcuenca del río Turbo; ≤ 30 mg/l para la zona alta y media de la subcuenca del Currulao y ≤ 20 mg/l para la subcuenca del río Guadualito). Cabe decir que estos valores se reportaron para la época húmeda, ya que, durante la época seca las estaciones monitoreadas cumplen con el objetivo al estar por debajo del valor dado. Esto se puede deber al aumento de las lluvias en la zona durante la época húmeda generando un mayor arrastre de sólidos en el agua.

Para la estaciones ubicadas en las desembocaduras de Punta de Piedra, Cope, Cirilo, Totumo y Caimán Nuevo, no se presentan objetivos de calidad de sus subcuencas, sin embargo, al comparar sus resultados con los estipulados por la Corporación para las otras tres subcuencas, se puede notar que para la época húmeda, solo las estaciones ubicadas en la desembocaduras de los ríos Cope, Totumo y Caimán Viejo están cumpliendo con el objetivo, aunque para la época seca todas las estaciones ubicadas en las desembocaduras se encuentran cumpliendo el objetivo de calidad propuesto (se resalta que para estas estaciones, al no contar con objetivos de calidad, se usaron los que están para las otras tres subcuencas, solo para comparar sus valores).



3.8.12.3.6 pH en agua superficial

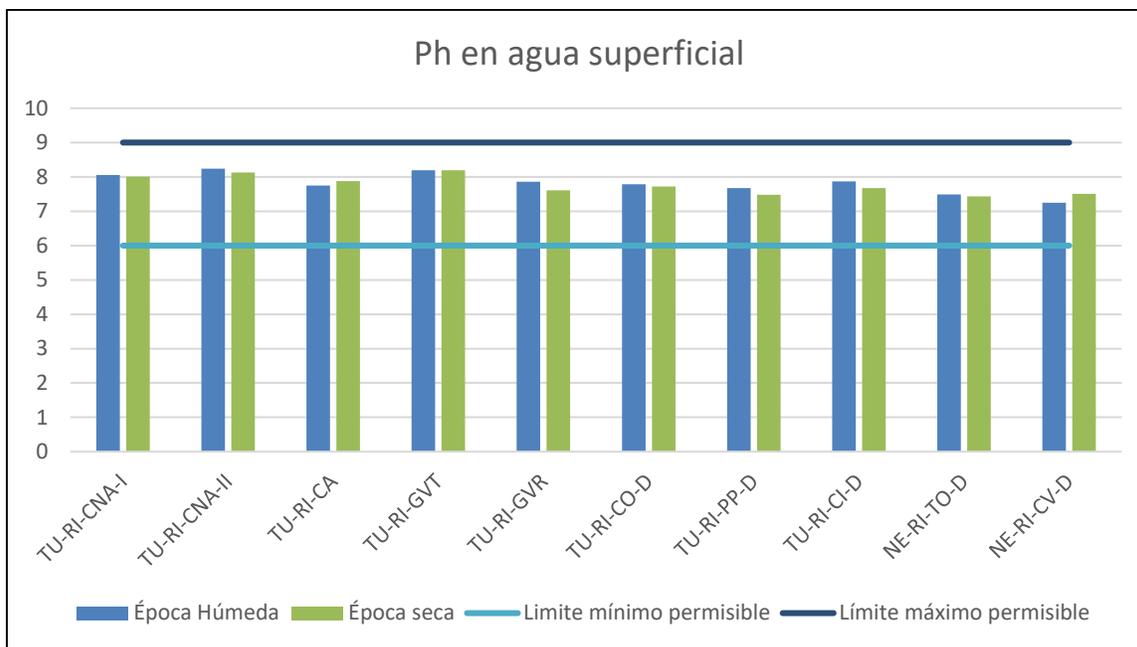


Gráfico 31. pH en agua superficial, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

El valor de pH más bajo para la época húmeda se encontró en la desembocadura del río Caimán viejo (NE-RI-CV-D) (7,25), mientras para la época seca fue la estación ubicada en la desembocadura del río el Totumo (NE-RI-TO-D) (7,43). Por su parte el mayor valor reportado para la época húmeda se encontró en el sector de Nueva Antioquia (TU-RI-CNA-II) (8,24) y la vereda la Trampa (TU-RI-GVT) (8,13). En ambas campañas se aprecia que los mayores valores se encontraron en las estaciones ubicadas en la zona alta y media de la cuenca disminuyendo en las que se encontraban en las desembocaduras tendiendo estas últimas a un pH neutro, además como se aprecia en el Gráfico 31, en las estaciones, entre campañas, no se aprecia una diferencia significativa en los valores reportados. El decreto 3920/10 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010) establece como límite permisible para las aguas con contacto primario, un rango de pH entre 5-9 y para preservación de fauna, entre 6,5-8,5, lo que indica que, durante los monitoreos dados, las aguas presentaron valores óptimos según este parámetro.

Los resultados obtenidos para el pH en las diferentes estaciones para ambas campañas de monitoreo estuvieron dentro del objetivo de calidad trazado por CORPOURABA para las estaciones ubicadas en las subcuencas Turbo, Currulao y Guadualito (pH entre 4,5 y 9).

Para las estaciones ubicadas en las desembocaduras de Punta de Piedra, Cope, Cirilo, Totumo y Caimán Nuevo, (se resalta que para estas estaciones al no contar con objetivos de calidad se tuvieron en cuenta los de las subcuencas río Turbo, Currulao y Guadualito, solo para comparar sus valores), éstos presentaron valores que se encuentran dentro de los objetivos de calidad propuestos por la Corporación.



3.8.12.3.7 Fósforo total

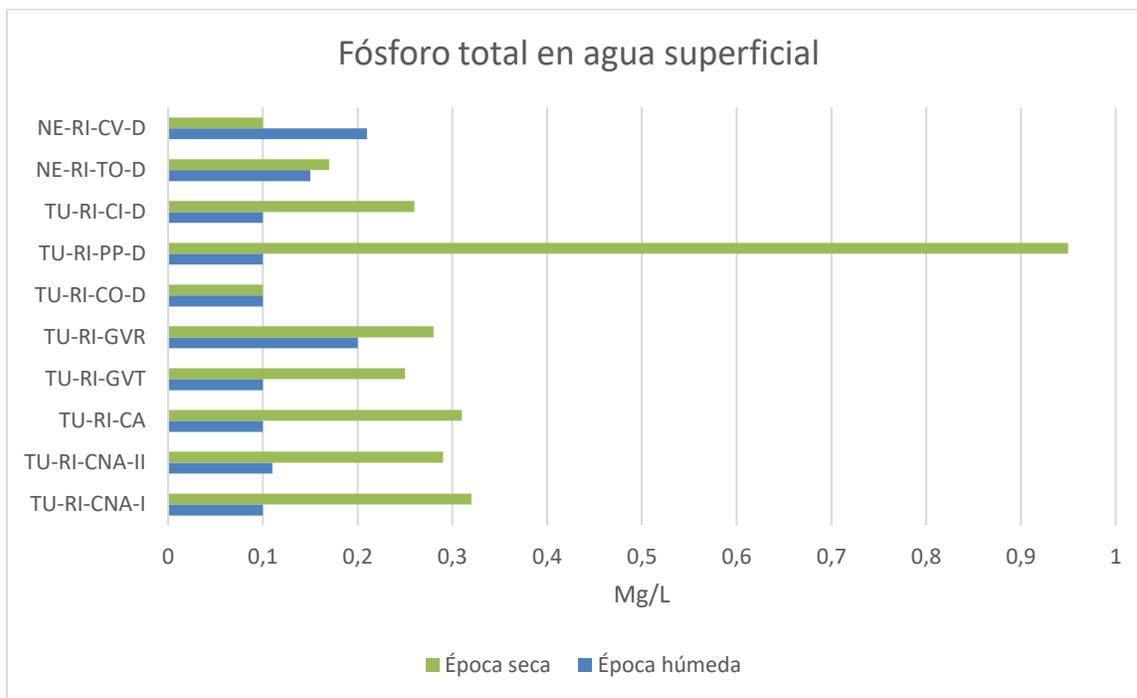


Gráfico 32. Fósforo total en agua, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores reportados de Fósforo total en agua durante la campaña en época húmeda oscilaron entre 0,1 a 0,15 mg/l, mostrando poca variación entre estaciones; el mayor valor que se reportó fue en la desembocadura del río Caimán Viejo (NE-RI-CV-D) con 0,21 mg/l seguido del sitio ubicado en la vereda río Turbo (TU-RI-GVR) con 0,2 mg/l. Con respecto a los datos hallados durante el muestreo en época seca, hay una mayor concentración de fósforo que en época húmeda, encontrando la mayoría de los datos en un rango de 0,25 a 0,3 mg/l; la estación de la desembocadura del río Punta de Piedra (TU-RI-PP-D) presentó el valor más alto para esta campaña y para ambas épocas climáticas con 0,95 mg/l. Al comparar entre las campañas realizadas, la mayoría de las estaciones presentan variaciones significativas entre épocas con una diferencia de 0,1 mg/l como se muestra en el Gráfico 32, en especial en el punto TU-RI-PP-D con un aumento considerable en la concentración de este parámetro.



3.8.12.3.8 Nitrógeno total

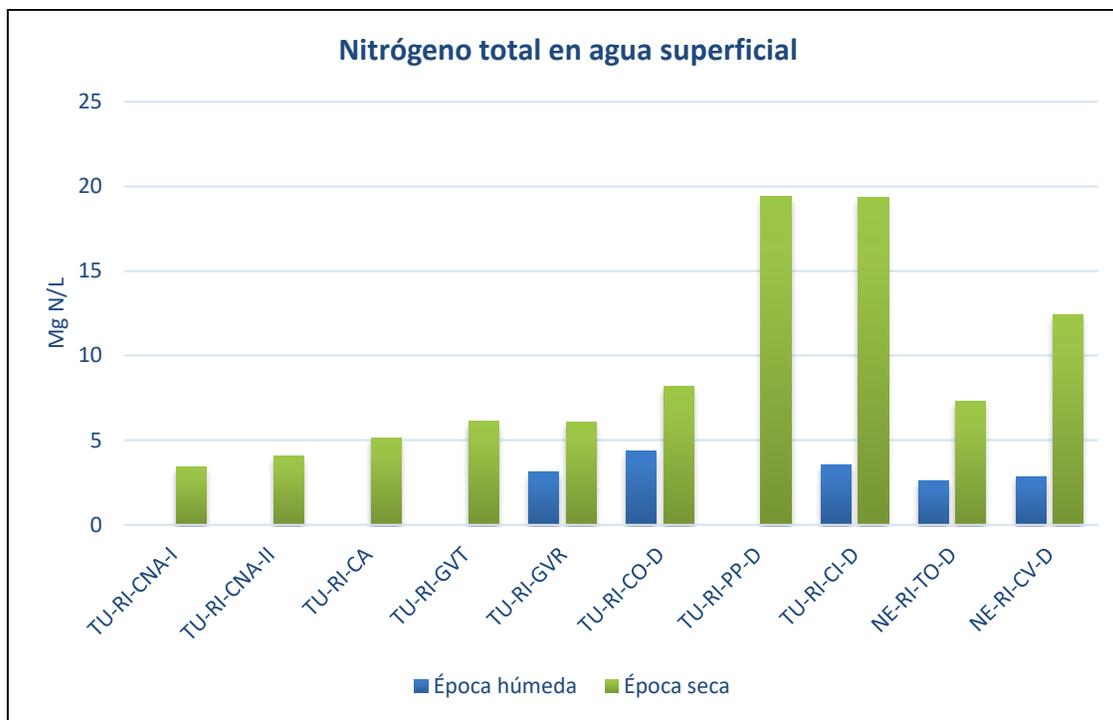


Gráfico 33. Nitrógeno total en agua, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

Este parámetro presentó para todas las estaciones para la época húmeda valores por debajo a 10 mg/l, encontrando su mayor valor en la desembocadura del río cope (TU-RI-CO-D) con 4,37 mg/l; por su parte las estaciones Nueva Antioquia aguas arriba (TU-RI-CNA-I), Nueva Antioquia aguas abajo (TU-RI-CNA-II), río Caraballo (TU-RI-CA), vereda la Trampa (TU-RI-GVT) y desembocadura río Punta de Piedra (TU-RI-PP-D), presentaron valores no detectables lo que indica que no fueron detectados por los métodos usados, por lo que la presencia de este parámetro está por debajo de los estándares del procedimiento usado. Las estaciones ubicadas en las desembocaduras reportaron, por su parte, valores entre los 2,6 y 4,37 mg/l, con su mayor valor ubicado en la desembocadura del río Cope (TU-RI-CO-D).

Para la campaña en la época seca, las concentraciones encontradas fueron más altas con respecto a los reportados en la época húmeda; la mayoría de los valores hallados se encuentra entre 3,42 y 8,16 mg/l. Las estaciones TU-RI-PP-D (19,4 mg/l), TU-RI-CI-D (19,32 mg/l) y NE-RI-CV-D (12,44 mg/l) presentaron los valores más altos para esta campaña. Como se nota en el Gráfico 33, en ambos muestreos, las estaciones ubicadas en la zona baja de la cuenca (desembocaduras) presentaron mayores valores con respecto a los otros sitios.

Los bajos niveles o la ausencia de nitrógeno total (sobre todo en la campaña en época húmeda) en algunas estaciones puede estar relacionado con los procesos de desnitrificación, donde los nitratos son reducidos hasta amonio con el respectivo consumo de oxígeno. Esto indica que, en primer lugar, los afluentes por su alto contenido



de oxígeno disuelto favorecen la nitrificación y, en segundo lugar, los afluentes se están auto purificando.

3.8.12.3.9 Conductividad en agua superficial

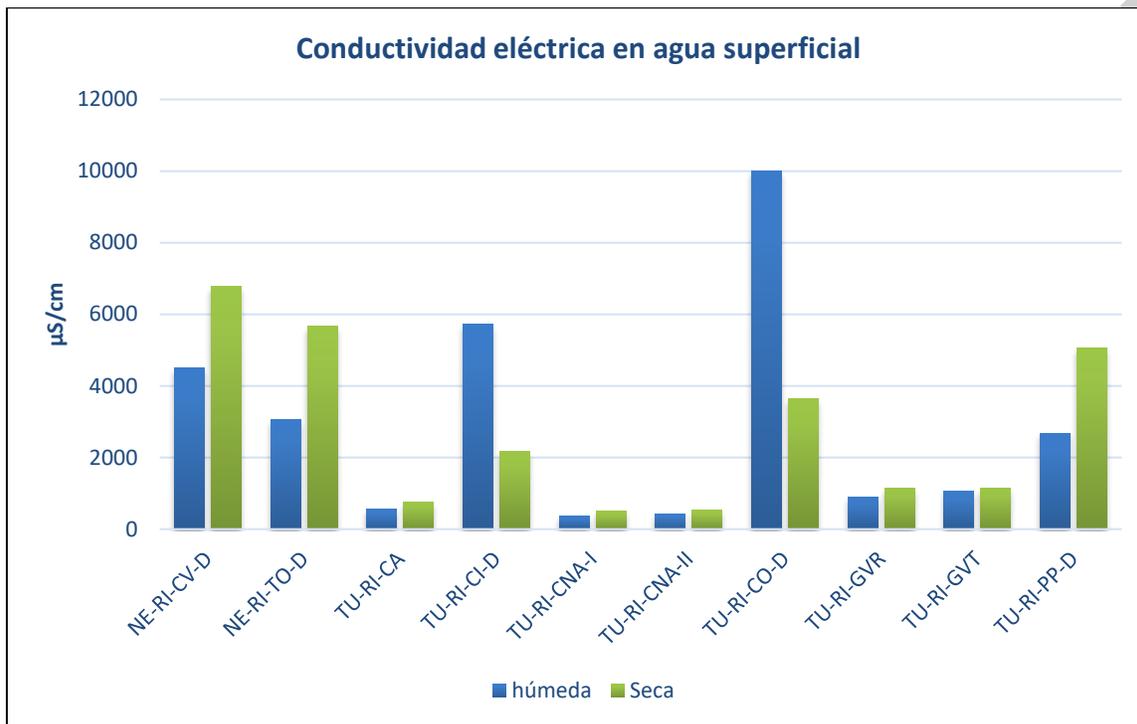


Gráfico 34. Conductividad en agua superficial, época húmeda y seca.
Fuente: Elaboración propia.

Cómo se aprecia en el Gráfico 34, cinco estaciones presentaron valores por debajo de 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en ambas campañas de muestreo, ubicadas en la zona media y alta de la cuenca, además de no presentar una variación significativa entre épocas climáticas. Al comparar los valores encontrados en los sitios ubicados en las desembocaduras de la cuenca, hay una mayor variación tanto entre estaciones como entre las dos campañas, además de que sus datos son mucho más altos estando por encima de los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo la estación TU-RI-CO-D la que tuvo el valor más alto (10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



3.8.12.3.10 Coliformes fecales

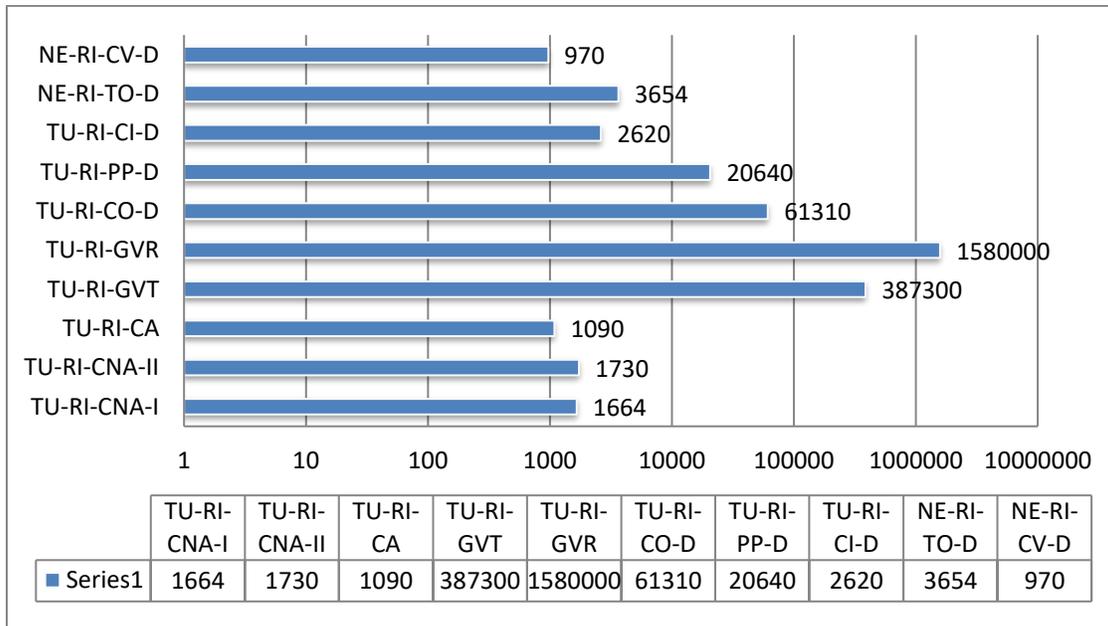


Gráfico 35. Coliformes fecales. Muestreo época húmeda.
 Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa cómo en las diferentes estaciones para la época húmeda (Gráfico 35) hay presencia de coliformes fecales con una concentración superior al límite permisible que para la normatividad colombiana en su decreto ley 1594 de 1984 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1984) y en el decreto 3930 de 2010 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010), es de 200 NMP/100ml para contacto primario y 1000 NMP/100ml para la preservación y uso agroindustrial, encontrando los mayores valores en las estaciones ubicadas en la vereda río Turbo (TU-RI-GVR) y la vereda la trampa (TU-RI-GVT), la cual cuenta con una concentración que supera el millón de NMP/100ml. Como se nota en el Gráfico 35, entre cada estación se da una variación significativa con excepción de las estaciones TU-RI-CNA-II, TU-RI-CNA-I Y TU-RI-CA con concentraciones entre los 1.000 y 1.700 NMP/100ml.

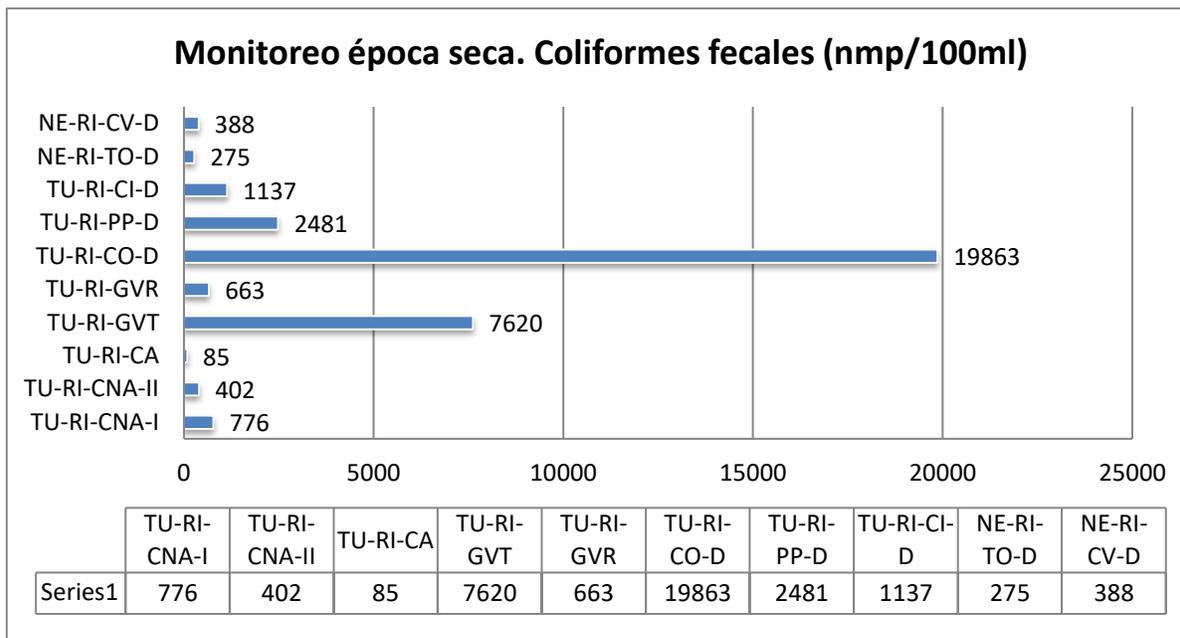


Gráfico 36. Coliformes fecales. Muestreo época seca.
Fuente: Elaboración propia.

Para la época seca, los valores encontrados fueron mucho menor con respecto a la campaña en época húmeda (Gráfico 36), encontrando en este caso dos (2) estaciones con valores superiores a 6.000 NMP/100ml, seis (6) estaciones reportaron valores por debajo de 1.000 NMP/100ml lo que las hace aptas para uso agrícola según lo describe la normatividad; de éstas, solo una (1) presentó condiciones óptimas para contacto primario al estar por debajo de los 200 NMP/100ml, la cual se ubica en el río Caraballo (TU-RI-CA).

Los resultados obtenidos para la concentración de coliformes fecales en las diferentes estaciones (donde se enmarcan los objetivos de calidad), mostraron variaciones entre sitios, que al compararse con los objetivos trazados por CORPOURABA ($CF \leq 5.000$ para la zona alta de la subcuenca del río Turbo; $CF \leq 3.000$ para la zona alta y $CF \leq 40.000$ para la zona media de la subcuenca del Currulao y $CF \leq 40.000$ para la subcuenca del río Guadualito), para las estaciones ubicadas en las subcuencas Turbo, Currulao presentaron valores por debajo del objetivo trazado, solo la estación ubicada en la vereda río Turbo no cumplió al tener un valor superior al esperado para su zona. Cabe decir que estos valores se reportaron para la época húmeda, ya que, durante la época seca las estaciones monitoreadas cumplen con el objetivo trazado, al estar por debajo del valor dado.

Las estaciones ubicadas en las desembocaduras de Punta de Piedra, Cope, Cirilo, Totumo y Caimán Nuevo, no presentan objetivos de calidad de sus subcuencas, sin embargo, al comparar sus resultados con los objetivos estipulados por la Corporación para las otras tres subcuencas en la zona de desembocaduras, se puede notar que para la época húmeda, solo la estación ubicada en la desembocadura de Caimán Viejo se encuentra cumpliendo con este objetivo ($CF \leq 3.000$ y $CF \leq 2.000$); para la época seca todas las estaciones están cumpliendo el objetivo de calidad propuesto, con excepción de las



ubicadas en las desembocaduras del río Cope y Punta de Piedra que superan el objetivo propuesto por la Corporación (se resalta que para estas estaciones al no contar con objetivos de calidad, se usaron las que están para las otras tres subcuencas, solo para comparar sus valores).

3.8.13 Diagnóstico del recurso hídrico mediante los índices de calidad de agua

3.8.13.1 Índice de Calidad de Agua (ICA) para red de monitoreo implementada

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el ICA de acuerdo a las campañas de monitoreo realizadas correspondientes a época húmeda y época seca. Para esto se aplicó el índice utilizando seis variables fisicoquímicas: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno (DQO), relación nitrógeno total/fósforo total, conductividad eléctrica y pH; y usando un séptimo parámetro el cual es la concentración de coliformes fecales en agua (*Escherichia coli*). Los valores de los parámetros mencionados se encuentran en el [Anexo 65](#) Matriz de cálculo ICA.

De acuerdo con los datos que se presentan en la Tabla 55, para el ICA de seis variables para la época húmeda, cinco estaciones presentaron calidad MALA, mientras las otras cinco REGULAR; se nota de forma particular que los puntos ubicados en las desembocaduras son las que presentan una calidad REGULAR. Las estaciones como TU-RI-CNA-II, TU-RI-CA y TU-RI-PP-D con una calidad MALA tienen cercanía con centros poblados, cultivos de banano y puntos de descargas de vertimientos, mostrando su afectación a la calidad del recurso.

Por su parte el índice con siete (7) variables para la campaña en época húmeda mostró como resultado un cambio en la calidad del recurso en la mayoría de las estaciones, revelando que ocho de los diez sitios presentan calidad MALA y dos presentaron calidad MUY MALA (TU-RI-CA y TU-RI-GVT), estas últimas ubicadas en la zona media y alta de las subcuencas de los ríos Currulao y Guadualito respectivamente.

En el Gráfico 37 se muestran los resultados del ICA para 6 y 7 variables de cada una de las estaciones monitoreadas en época húmeda. Las barras horizontales representan los rangos de calidad regular (amarillo), mala (naranja) y muy mala (rojo), con el fin de mostrar en que rango se ubica cada estación. La Figura 4 y la Figura 5 muestran el mapa del ICA para 6 y 7 variables respectivamente en la época húmeda.

Tabla 55. Resultados del ICA de seis y siete variables para la época húmeda

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Nueva Antioquia río arriba	TU-RI-CNA-I	51,01	REGULAR	32,080	MALA
Nueva Antioquia río abajo	TU-RI-CNA-II	49,74	MALA	30,736	MALA
Río Caraballo	TU-RI-CA	36,56	MALA	22,741	MUY MALA
Guadualito vereda la Trampa	TU-RI-GVT	37,53	MALA	19,826	MUY MALA
Río Turbo Vereda Río Turbo	TU-RI-GVR	49,47	MALA	30,240	MALA
Desembocadura Río Cope	TU-RI-CO-D	62,96	REGULAR	41,118	MALA
Desembocadura Río Punta de Piedra	TU-RI-PP-D	47,12	MALA	28,028	MALA
Desembocadura río Cirilo	TU-RI-CI-D	58,53	REGULAR	37,758	MALA
Desembocadura río El Totumo	NE-RI-TO-D	61,25	REGULAR	43,932	MALA



FASE DE DIAGNÓSTICO
 PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	ICA (6)	CALIDAD	ICA (7)	CALIDAD
Desembocadura río Caimán Viejo	NE-RI-CV-D	53,34	REGULAR	41,524	MALA

Fuente: Elaboración propia.

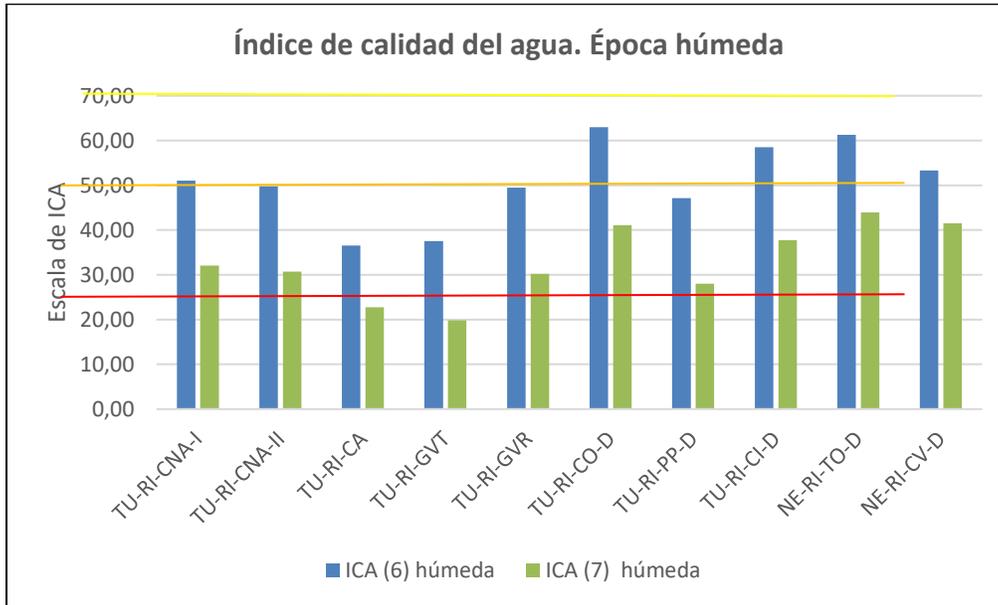


Gráfico 37. Índice de calidad de agua. Época húmeda.
 Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

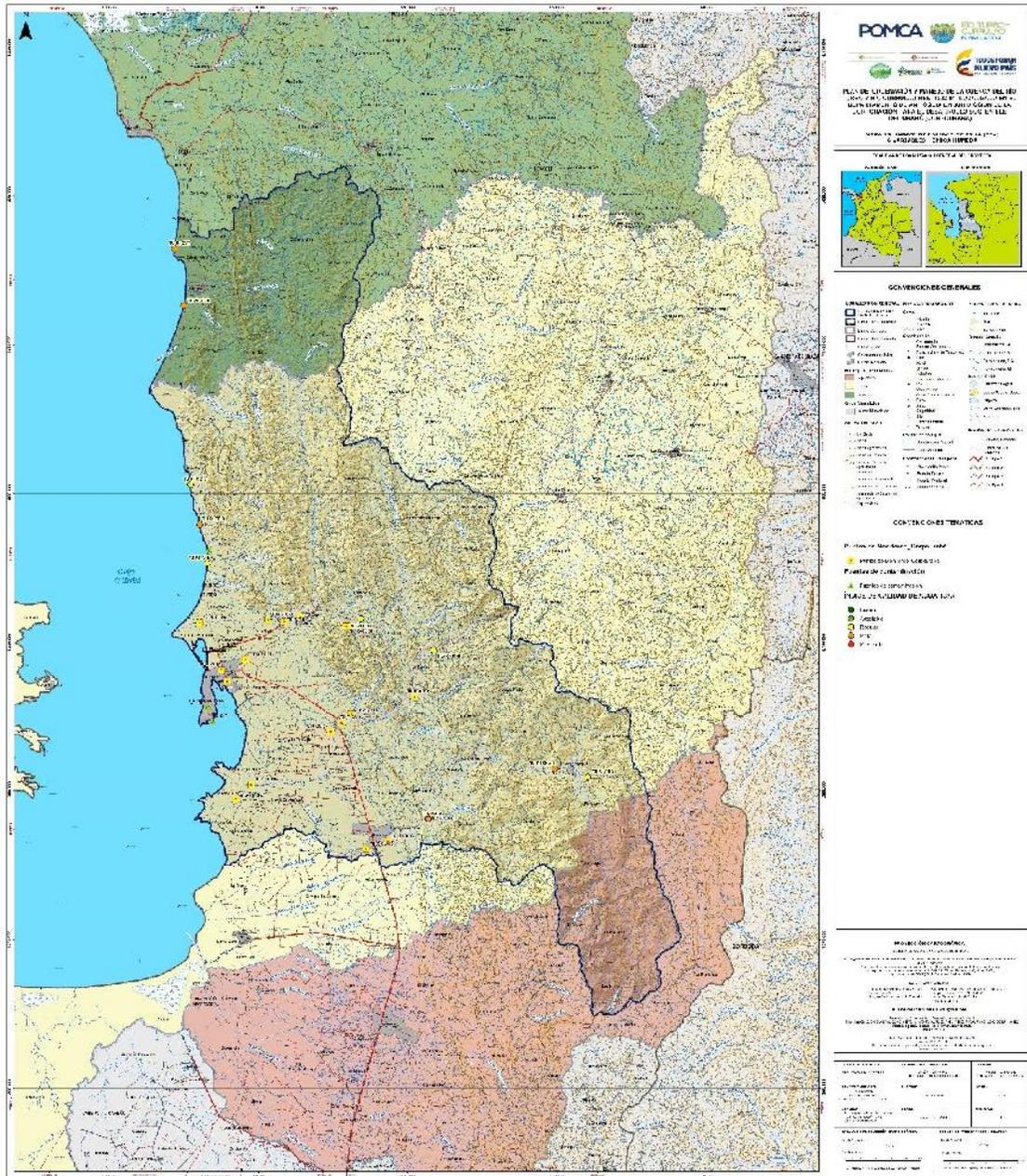


Figura 4. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 6 variables, época húmeda.
Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

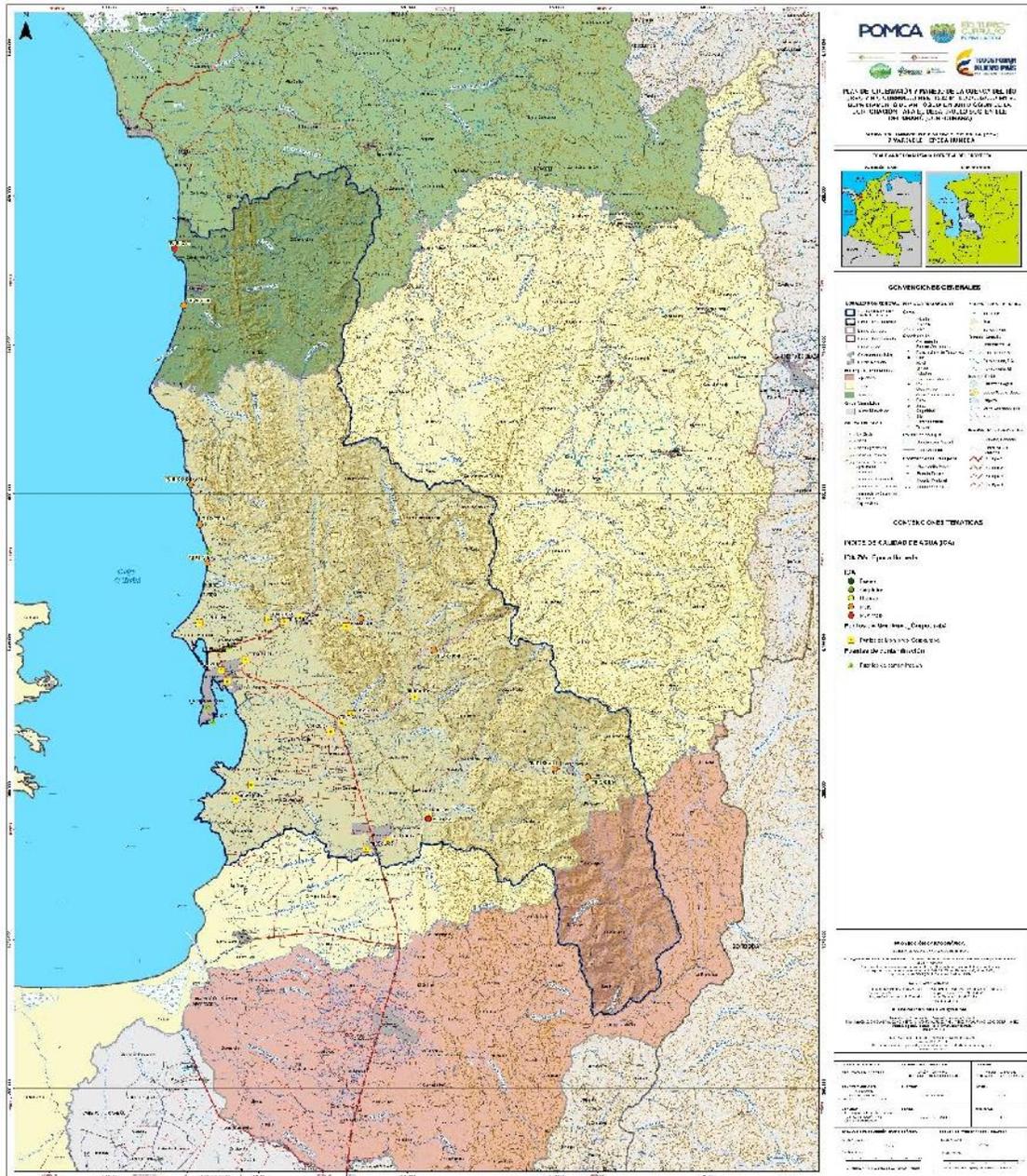


Figura 5. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 7 variables, época húmeda.
Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación del ICA para la época seca (Tabla 56), los resultados para el índice con seis (6) variables mostraron un cambio con respecto a los obtenidos en la campaña de época húmeda, pasando de un 50% a un 100% de las estaciones con una calidad del recurso REGULAR. Por su parte el ICA con siete (7) variables, reportó el 70% de las estaciones con calidad del recurso como MALA, solo las estaciones TU-RI-CA, TU-RI-GVR y NE-RI-TO-D presentaron un índice con calidad REGULAR. Al comparar ambas campañas, se aprecia una mejora en la calidad del recurso, tanto para el ICA con seis



(6) variables como para el ICA con siete (7) variables; en esta última, las estaciones TU-RI-CA y TU-RI-GVT que presentaron una calidad MUY MALA en época húmeda, pasaron tener una calidad REGULAR y MALA respectivamente en época seca.

En el Gráfico 38 se muestran los resultados del ICA para 6 y 7 variables de cada una de las estaciones monitoreadas en época seca. Las barras horizontales representan los rangos de calidad regular (amarillo), mala (naranja) y muy mala (rojo), con el fin de mostrar en que rango se ubica cada estación. La Figura 6 e Figura 7 muestran el mapa del ICA para 6 y 7 variables en época seca.

Tabla 56. Resultados del ICA de seis y siete variables para la época seca.

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	ICA6	CALIDAD	ICA 7	CALIDAD
Nueva Antioquia río arriba	TU-RI-CNA-I	62,19	REGULAR	46,55	MALA
Nueva Antioquia río abajo	TU-RI-CNA-II	59,92	REGULAR	48,71	MALA
Río Caraballo	TU-RI-CA	65,61	REGULAR	55,99	REGULAR
Guadualito vereda la Trampa	TU-RI-GVT	63,29	REGULAR	42,74	MALA
Río Turbo Vereda Río Turbo	TU-RI-GVR	66,54	REGULAR	50,21	REGULAR
Desembocadura Río Cope	TU-RI-CO-D	64,06	REGULAR	43,85	MALA
Desembocadura Río Punta de Piedra	TU-RI-PP-D	60,21	REGULAR	42,04	MALA
Desembocadura río Cirilo	TU-RI-CI-D	61,24	REGULAR	47,41	MALA
Desembocadura río El Totumo	NE-RI-TO-D	65,73	REGULAR	53,59	REGULAR
Desembocadura río Caimán Viejo	NE-RI-CV-D	58,18	REGULAR	49,49	MALA

Fuente: Elaboración propia.

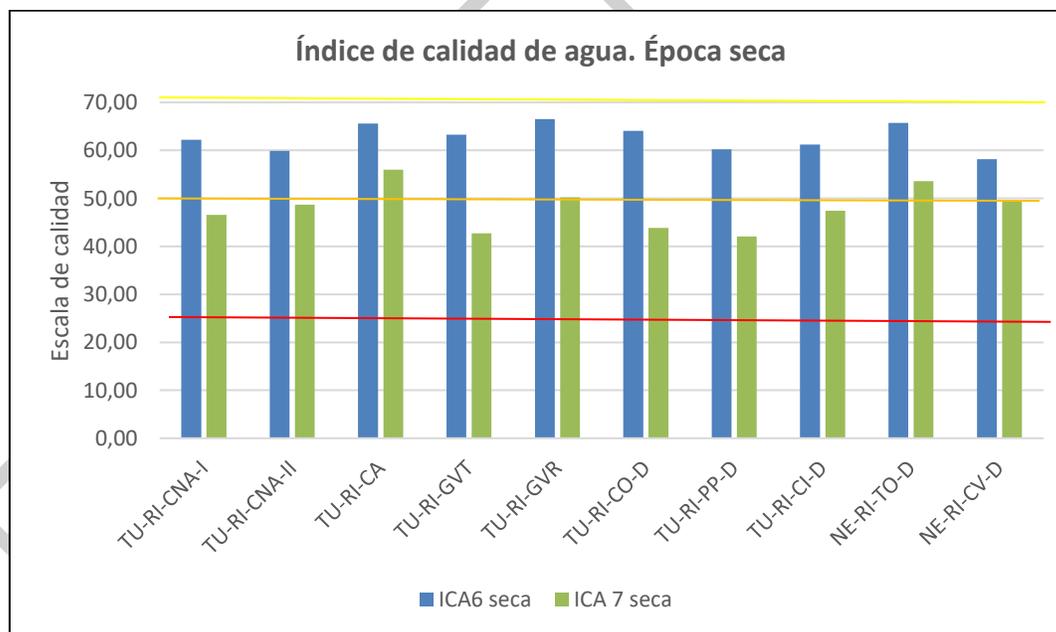


Gráfico 38. Índice de calidad de agua. Época seca.
 Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

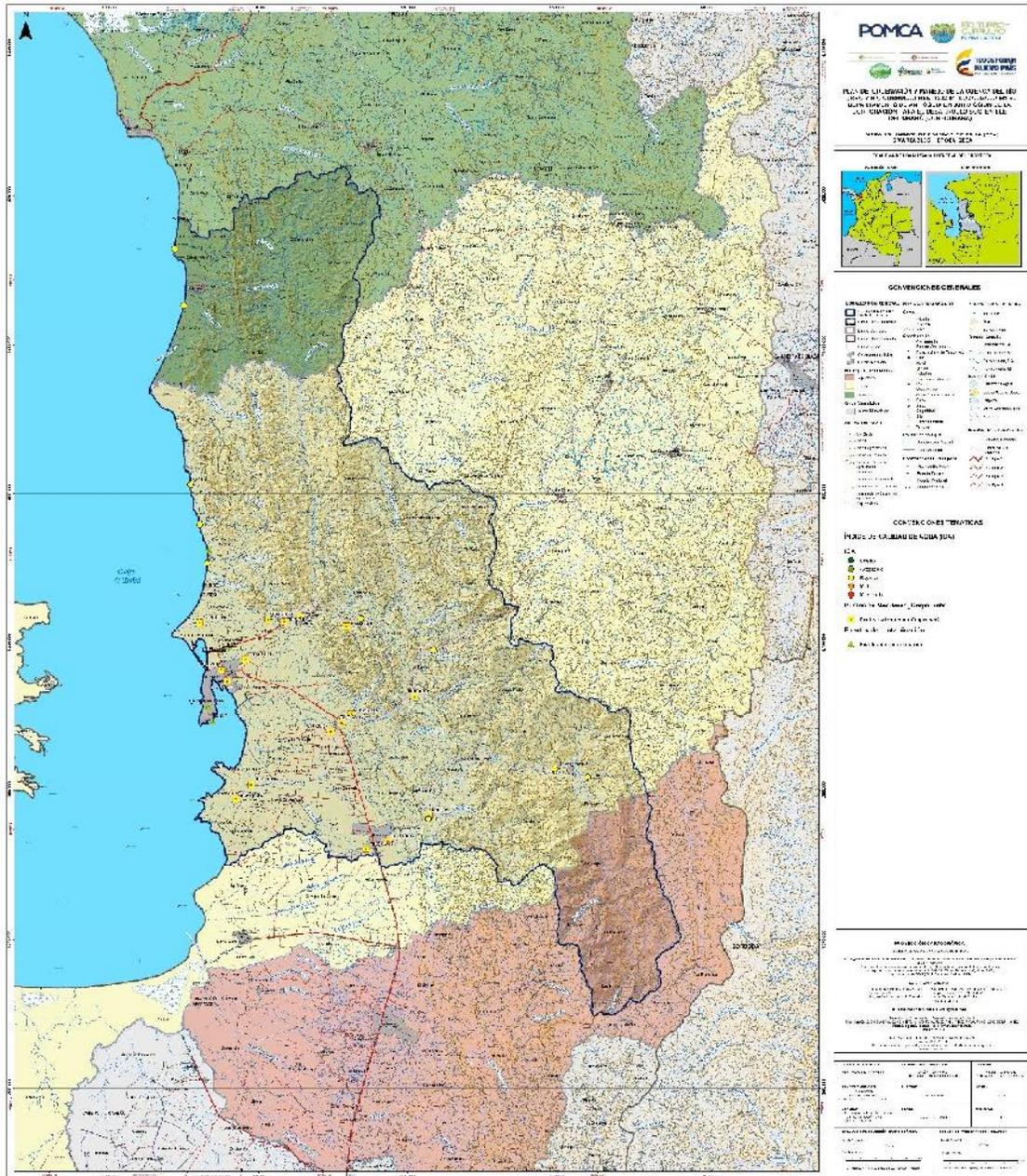


Figura 6. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 6 variables, época seca.
Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

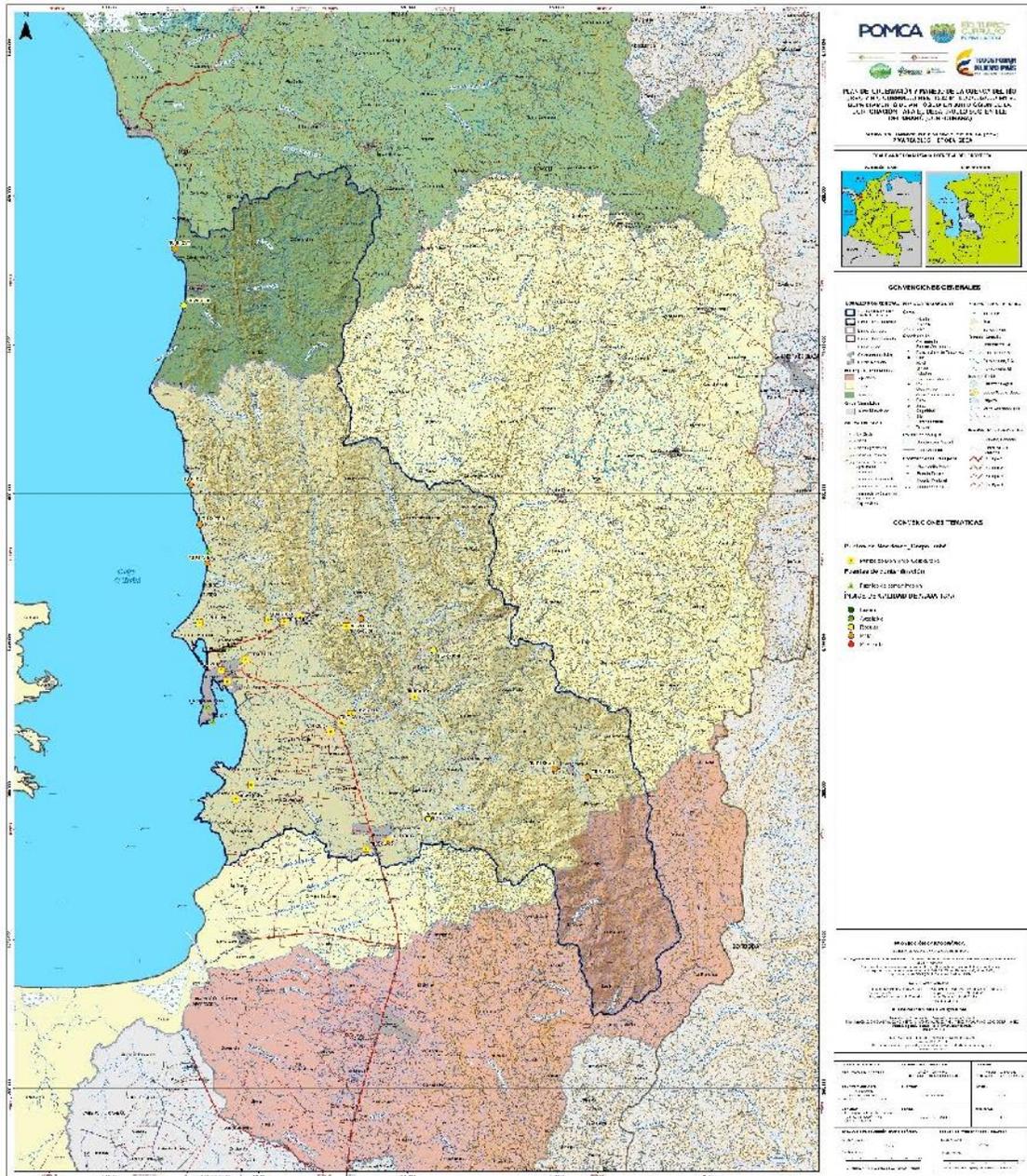


Figura 7. Índice de Calidad de Agua - ICA, para 7 variables, época seca.
Fuente: Elaboración propia.

Al promediar los resultados obtenidos del índice de calidad de agua ICA con seis y siete variables para ambas campañas, se encontró que sólo la estación TU-RI-GVT presenta una calidad MALA mientras las demás se presentan con una calidad REGULAR para el caso del ICA con seis (6) variables. Por su parte, para el ICA con siete (7) variables, todas las estaciones presentan una calidad MALA para el recurso (Tabla 57 y Gráfico 39).



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 57. Resultados del ICA de seis y siete variables. Promedio época húmeda y seca.

SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	PROM ICA 6	CALIDAD	PROM ICA 7	CALIDAD
Nueva Antioquia río arriba	TU-RI-CNA-I	56,60	REGULAR	39,31	MALA
Nueva Antioquia río abajo	TU-RI-CNA-II	54,83	REGULAR	39,72	MALA
Río Caraballo	TU-RI-CA	51,09	REGULAR	39,37	MALA
Guadualito vereda la Trampa	TU-RI-GVT	50,41	MALA	31,28	MALA
Río Turbo Vereda Río Turbo	TU-RI-GVR	58,01	REGULAR	40,23	MALA
Desembocadura Río Cope	TU-RI-CO-D	63,51	REGULAR	42,48	MALA
Desembocadura Río Punta de Piedra	TU-RI-PP-D	53,66	REGULAR	35,03	MALA
Desembocadura río Cirilo	TU-RI-CI-D	59,88	REGULAR	42,58	MALA
Desembocadura río El Totumo	NE-RI-TO-D	63,49	REGULAR	48,76	MALA
Desembocadura río Caimán Viejo	NE-RI-CV-D	55,76	REGULAR	45,51	MALA

Fuente: Elaboración propia.

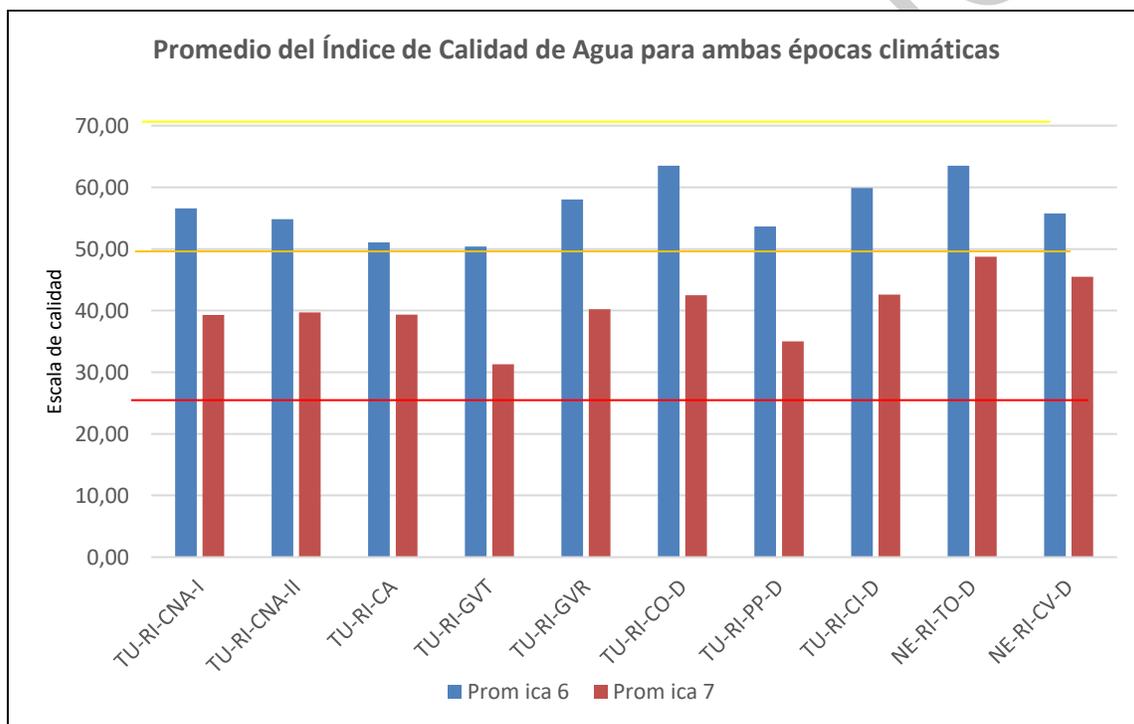


Gráfico 39. Promedio del índice de calidad de agua de seis y siete variables para ambas campañas monitoreadas.
 Fuente: Elaboración propia.

Al revisar los resultados de las variables que comprenden el ICA de forma individual, se nota que parámetros como pH y oxígeno disuelto, presentan valores por debajo de los límites permitidos en la normatividad y solo se presentan casos puntuales de límites por fuera de la normatividad con algunas estaciones, como es el caso de SST, aunque registrando valores altos durante la época húmeda.

Valores de conductividad altos en las zonas donde están las desembocaduras, se relacionan principalmente con la mezcla de agua marina y, por ende, sales que alteran este parámetro. Por su parte, las concentraciones de compuestos orgánicos e



inorgánicos fue bajo (con excepción de lo encontrado para este último en la estación TU-RI-GVT), esto se puede ver en las concentraciones de la DQO y DBO₅ debido a que los valores encontrados son bajos estando dentro de los rangos permisibles en la normatividad colombiana, lo mismo ocurre con los demás parámetros relacionados con este indicador como Nitrógeno Total y Fósforo Total, que presentaron valores bajos, que pueden deberse a procesos de dilución originados por un aumento de caudal debido a lluvias.

Para el ICA con seis variables, los parámetros que pueden estar influenciando el resultado principalmente son los Sólidos Suspendidos Totales (SST) sobre todo, los obtenidos en la época húmeda, donde los valores fueron los más altos, ya que éstos son limitantes para la vida acuática. Además de éstos, los valores de Nitrógeno Total y Fósforo Total que, aunque presentaron valores bajos, indican un grado de contaminación por estos parámetros. Por su parte, para el ICA con siete (7) variables en las estaciones monitoreadas para ambas campañas, el principal proceso asociado a la calidad de agua que afecta este indicador es el microbiológico, lo que refleja el paso de estas fuentes por sitios poblados que realizan sus descargas a estos cuerpos de agua, lo que explicaría por qué el valor tan bajo de este indicador.

La evaluación de los resultados del monitoreo realizado durante los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017 arrojó que la calidad fisicoquímica de los afluentes se ve afectada por procesos hidrodinámicos del sistema según las condiciones del afluente, debido al tipo de lecho y riberas del cauce, así como el aumento del caudal por precipitaciones y escorrentías, como ocurrió por ejemplo para los SST que pueden verse aumentados por la época climática.

3.8.13.2 Índice De Calidad De Agua (ICA) para red de monitoreo de Corpourabá

Como se mencionó anteriormente, la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá -CORPOURABA, tiene en el área de la cuenca 19 estaciones de monitoreo de calidad del agua, para las cuales se realizan mediciones constantes, sin embargo, no todos los años se monitorean todas las estaciones.

A continuación, se presentan las estaciones monitoreadas en el año 2016 (se monitorearon 16 estaciones de las 19 ubicadas en la cuenca) y el ICA para seis y siete variables obtenido en cada una de ellas, con el fin de tener una visión más amplia de la calidad de las fuentes hídricas de la cuenca en su totalidad para el año inmediatamente anterior, uniendo los resultados del monitoreo que realizó la Corporación y el realizado por el POMCA a finales del 2016 y principios del 2017.

Tabla 58. Resultados del ICA de seis y siete variables estaciones de CORPOURABA, año 2016.

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	PROM ICA 6	CALIDAD	PROM ICA 7	CALIDAD
Antes de El Dos	15/11/2016	TU-R-TU-01	45,21	MALA	30,14	MALA
Puente El Dos	15/11/2016	TU-R-TU-02	45,31	MALA	35,40	MALA
Bocatoma CONHYDRA	15/11/2016	TU-R-TU-03	30,20	MALA	25,92	MALA
Desembocadura	15/11/2016	TU-R-TU-04	31,28	MALA	19,25	MUY MALA



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	PROM ICA 6	CALIDAD	PROM ICA 7	CALIDAD
Antes de La Lucila	22/12/2016	TU-Q-PT-01	52,60	REGULAR	40,45	MALA
Desembocadura Puerto tranca	30/11/2016	TU-Q-PT-02	39,00	MALA	34,89	MALA
Desembocadura Veranillo	30/11/2016	TU-Q-VC-01	38,12	MALA	34,24	MALA
El Limón	24/11/2016	TU-R-GU-01	56,13	REGULAR	35,37	MALA
Futuraseo S.A. E.S.P.	24/11/2016	TU-R-GU-02	59,09	REGULAR	37,89	MALA
Puente Guadualito	24/11/2016	TU-R-GU-03	52,84	REGULAR	33,95	MALA
Después del pueblo	24/11/2016	TU-R-GU-04	63,10	REGULAR	42,88	MALA
Desembocadura	24/11/2016	TU-R-GU-05	54,70	REGULAR	37,75	MALA
Antes del río Caraballo	10/11/2016	TU-R-CU-01	35,23	MALA	18,29	MUY MALA
Antes de área urbana (arenera)	10/11/2016	TU-R-CU-02	32,93	MALA	16,40	MUY MALA
Puerto Cesar	10/11/2016	TU-R-CU-04	32,86	MALA	16,52	MUY MALA

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se aprecia en la Tabla 58, el índice de calidad del agua (ICA) en 15 de las 16 estaciones monitoreadas por CORPOURABA en el año 2016 presentan calidad entre REGULAR y MALA para seis variables y entre MALA y MUY MALA para siete variables. De las subcuencas que conforman la cuenca, sólo la perteneciente al río Guadualito presentó para este monitoreo un ICA de calidad REGULAR para seis (6) variables en todas sus estaciones en comparación con las otras.

Por su parte, la subcuenca del río Currulao fue la única que presentó calidad MUY MALA en todas sus estaciones medidas para el ICA de siete (7) variables. Como se sabe, la variable que más es analizada para el ICA de siete variables es la cantidad de coliformes fecales, expresada en NMP/100ml, por lo tanto, con este resultado se evidencia que las corrientes de agua monitoreadas por CORPOURABA en el año 2016 tienen una concentración alta de coliformes fecales, tanto así que la calidad del agua disminuye notablemente.

En la Tabla 59 se presentan los resultados para el monitoreo realizado en el punto de muestreo ubicado en la desembocadura del río Caimán Nuevo, el cual se evalúa con el Índice de Calidad de Agua Marina.

Tabla 59. Resultados del ICA para estaciones de CORPOURABA año 2016.



SITIO DE MUESTREO	FECHA	CÓDIGO	ÉPOCA	ICAMRAP	CALIDAD
Desembocadura río Caimán Nuevo	13/4/2016	DGI038	seca	78,32	BUENO
Desembocadura río Caimán Nuevo	1/11/2016	DGI038	húmeda	16,49	MALA

Fuente: Elaboración propia.

El punto de la red de CORPOURABA ubicado más al norte, en la desembocadura del río Caimán Nuevo, es el único que presentó dos monitoreos durante las épocas climáticas contrastante (seca y húmeda), además que hace parte de la red de monitoreo de calidad ambiental marina REDCAM, por lo que, dado las características del sitio, usa el índice de calidad ambiental marina para contacto primario ICAMrap. Como se puede ver en la Tabla 59, el sitio presentó una calidad del recurso BUENA para la época seca, mientras, en la época húmeda su valor bajó considerablemente quedando ésta en una calidad MALA.

3.8.13.3 Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)

El IACAL es un índice que muestra la vulnerabilidad de la cuenca a la contaminación, producto de las actividades que se realizan en ella, y que está influenciada por la variabilidad climática, la cual regula o limita la disponibilidad del recurso hídrico; es por esto, que el IACAL se realiza para año normal y año seco (Orjuela & López, 2013).

Para el caso del POMCA Río Turbo-Currulao, el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua, se realizó, tal como lo piden los Alcances técnicos, a nivel de subcuenca hidrográfica. En el [Anexo 66](#) se presentan los cálculos correspondientes.

La estimación del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua se hizo con base en la hoja metodológica presentada por el IDEAM y ajustada en el año 2013 (Orjuela & López, 2013), donde se presenta el marco conceptual, la fórmula para el cálculo y la metodología. Se debe decir, además, que la información secundaria con que se contó para realizar el índice fue muy escasa, tal como se expresa en el subcapítulo de Estimación de cargas contaminantes.

La estimación del índice se realizó con las cargas contaminantes halladas anteriormente para cada una de las subcuencas y la oferta hídrica de éstas en año con condiciones hidrológicas normales y secas, la cual se muestra en la Tabla 60:

Tabla 60. Oferta hídrica subcuencas para año medio y año seco.

ID	SUBCUENCA HIDROGRÁFICA	OFERTA HÍDRICA AÑO MEDIO (l/s)	OFERTA HÍDRICA AÑO SECO (l/s)
1	Río Currulao	5.384,58	502,22
2	Río Guadualito	2.523,09	62,77
3	Quebrada Guadualito	191,44	4,76
4	Quebrada El Cuna	861,33	21,43
5	Zona Urbana Turbo	313,75	7,80
6	Río Turbo	2.946,59	168,06
7	Quebrada Aguas Claras - Estorbo	294,73	16,74
8	Quebrada Cope	168,97	9,60
9	Quebrada NN1	53,36	3,03
10	Río Punta de Piedra	198,63	11,31
11	Quebrada NN2	30,31	1,72



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

ID	SUBCUENCA HIDROGRÁFICA	OFERTA HÍDRICA AÑO MEDIO (l/s)	OFERTA HÍDRICA AÑO SECO (l/s)
12	Río Cirilo	216,92	12,35
13	Quebrada NN3	40,50	2,30
14	Quebrada Tié	39,80	2,26
15	Quebrada NN4	78,88	4,48
16	Río Caimán Nuevo	1.768,55	100,63
17	Quebrada Seca	115,08	6,53
18	Río Totumo	184,36	13,75
19	Quebrada Manuela	84,70	6,32
20	Quebrada La Anguilla	95,31	7,11
21	Río Caimán Viejo - Tigre	1.994,06	148,60

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del índice, en primer lugar, se estimó el $iacal_{ijt}$ para año medio y año seco, tal como lo muestra la Ecuación 1; éste se calculó para cada una de las variables de calidad evaluadas.

Ecuación 1. Estimación de la carga de la variable i ponderada por la oferta hídrica.

$$iacal_{ijt \text{ año medio y año seco}} = \frac{Cc_{ijt}}{O_{\text{año medio y año seco}}}$$

Donde,

$iacal_{ijt \text{ año medio y año seco}}$ Son las estimaciones de las cargas de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subcuena j durante el período de tiempo t ponderado por la oferta hídrica estimada para un año medio o un año seco

Cc_{ijt} es la carga de la variable i que se puede estar vertiendo a la subcuena j durante el periodo de tiempo t

$O_{\text{año medio y año seco}}$ son, respectivamente, la oferta hídrica estimada para un año medio y para un año seco.

Los resultados del $iacal_{ijt}$, se evaluaron en los rangos presentados en la hoja metodológica del índice (Orjuela & López, 2013) y de acuerdo a esto, se obtuvo el $caticacal$ para cada variable de calidad de cada subcuena; luego, se aplicó la Ecuación 2 para determinar finalmente el Índice de Alteración Potencial de cada subcuena. El procedimiento se realizó tanto para año medio como para año seco, variando entre uno y otro la oferta hídrica de las subcuencas.

Ecuación 2. Índice de alteración potencial de la calidad del agua.

$$IACAL_{jt-\text{año medio y año seco}} = \frac{\sum_{i=1}^n caticacal_{ijt-\text{año medio y año seco}}}{n}$$

Donde,

$IACAL_{jt-\text{año medio y año seco}}$ es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subcuena j durante el período de tiempo t , evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio y seco respectivamente.

$caticacal_{ijt-\text{año medio y año seco}}$ es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subcuena j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año medio y seco respectivamente.



n es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

3.8.13.3.1 Resultados

Los resultados del cálculo del IACAL de todas las subcuencas para año medio y año seco se muestran en la Tabla 61, Figura 8 y Tabla 62, Figura 9 respectivamente.

Tabla 61. IACAL año medio.

ID	SUBCUENCA HIDROGRÁFICA	IACAL	CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN DE LA PRESIÓN
1	Río Currulao	3,8	4	ALTA
2	Río Guadualito	4	4	ALTA
3	Quebrada Guadualito	3,8	4	ALTA
4	Quebrada El Cuna	4	4	ALTA
5	Zona Urbana Turbo	5	5	MUY ALTA
6	Río Turbo	3,2	3	MEDIA-ALTA
7	Quebrada Aguas Claras - Estorbo	3,6	4	ALTA
8	Quebrada Cope	3,6	4	ALTA
9	Quebrada NN1	3,6	4	ALTA
10	Río Punta de Piedra	2,8	3	MEDIA-ALTA
11	Quebrada NN2	3,6	4	ALTA
12	Río Cirilo	2,6	3	MEDIA-ALTA
13	Quebrada NN3	3,6	4	ALTA
14	Quebrada Tié	2,8	3	MEDIA-ALTA
15	Quebrada NN4	4	4	ALTA
16	Río Caimán Nuevo	2,8	3	MEDIA-ALTA
17	Quebrada Seca	3,6	4	ALTA
18	Río Totumo	3,2	3	MEDIA-ALTA
19	Quebrada Manuela	5	5	MUY ALTA
20	Quebrada La Anguilla	3,2	3	MEDIA-ALTA
21	Río Caimán Viejo - Tigre	3	3	MEDIA-ALTA

Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO - CURRULAO

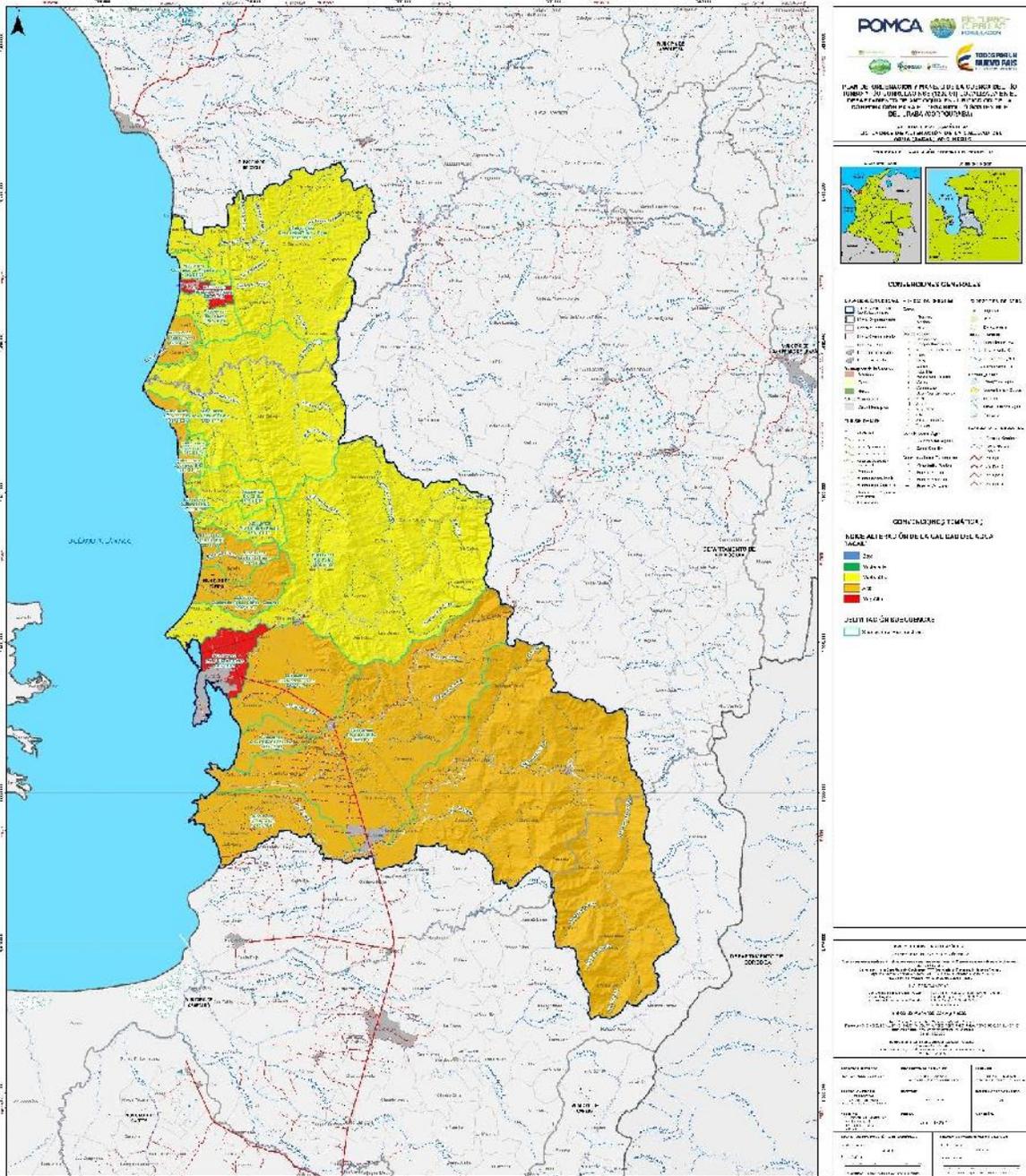


Figura 8. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua - IACAL, año medio.
Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

Tabla 62. IACAL año seco.

ID	SUBCUENCA HIDROGRÁFICA	IACAL	CATEGORÍA DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN DE PRESIÓN
1	Río Currulao	5	5	MUY ALTA
2	Río Guadualito	5	5	MUY ALTA
3	Quebrada Guadualito	5	5	MUY ALTA
4	Quebrada El Cuna	5	5	MUY ALTA
5	Zona Urbana Turbo	5	5	MUY ALTA
6	Río Turbo	5	5	MUY ALTA
7	Quebrada Aguas Claras - Estorbo	5	5	MUY ALTA
8	Quebrada Cope	5	5	MUY ALTA
9	Quebrada NN1	5	5	MUY ALTA
10	Río Punta de Piedra	5	5	MUY ALTA
11	Quebrada NN2	5	5	MUY ALTA
12	Río Cirilo	4,6	5	MUY ALTA
13	Quebrada NN3	5	5	MUY ALTA
14	Quebrada Tié	5	5	MUY ALTA
15	Quebrada NN4	5	5	MUY ALTA
16	Río Caimán Nuevo	4,8	5	MUY ALTA
17	Quebrada Seca	5	5	MUY ALTA
18	Río Totumo	5	5	MUY ALTA
19	Quebrada Manuela	5	5	MUY ALTA
20	Quebrada La Anguilla	5	5	MUY ALTA
21	Río Caimán Viejo - Tigre	5	5	MUY ALTA

Fuente: Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO - CURRULAO

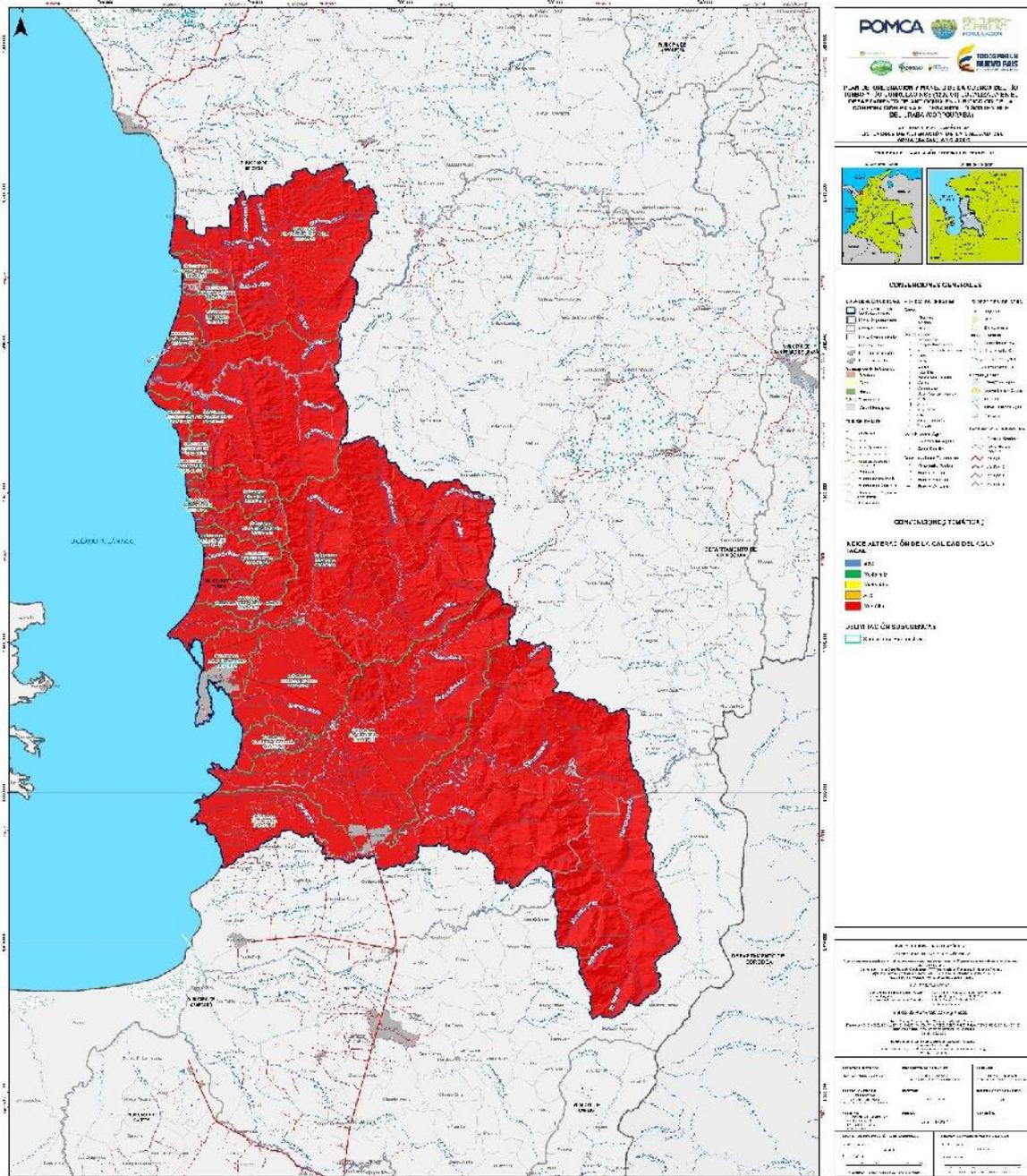


Figura 9. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua - IACAL, año seco.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del Índice de Alteración Potencial para año medio muestran que las subcuencas presentan una calificación de presión de Media-Alta a Muy Alta, es decir, en condiciones hidrológicas normales, la cuenca en general presenta una vulnerabilidad media con tendencia a alta a ser contaminada, debido a que las cargas contaminantes aportadas por los sectores más representativos de la cuenca tienen un valor alto aunque



se ven aminoradas por la oferta hídrica en algunas subcuencas, pues cuando se tienen dichas condiciones, se favorece la autodepuración de contaminantes.

La subcuenca Zona Urbana de Turbo presenta un IACAL con calificación Muy Alta, es decir, la vulnerabilidad a la contaminación del agua se encuentra en dicha categoría; este hecho se puede explicar por la gran presión que existe sobre ella por las actividades agropecuarias y domésticas ya que se tienen actividades agrícolas, ganaderas, domésticas y además se sabe por el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio (AGUAS DE URABÁ, 2009), que en la zona urbana se realizan vertimientos inadecuados a los caños que atraviesan el municipio, sobre todo, vertimientos domésticos, ya que la cobertura del alcantarillado en general es mala; así mismo, la parte alta de esta subcuenca presenta cultivos permanentes intensivos (según el mapa de coberturas). Estas dos situaciones, sumado a que no se tiene una oferta hídrica abundante, hacen que la presión sobre el recurso hídrico sea muy alta y por ende, también la vulnerabilidad a su contaminación.

Por su parte, en la subcuenca de la Quebrada La Manuela, predominan actividades pecuarias (ganadería de bovinos), con grandes extensiones de tierra dedicadas a esta actividad; además de esto, tiene uno de los centros poblados más representativos del área de estudio: la cabecera del corregimiento El Totumo, la cual genera una presión muy alta sobre la cuenca pues no se tienen ni sistemas de alcantarillado, ni de tratamiento de aguas residuales; debido a esto, se tiene un IACAL con calificación Muy Alta.

El 52,38% de la cuenca presenta presión Alta, por lo que la vulnerabilidad a la contaminación en esta porción del territorio es significativa. Esto se explica porque en general, la cuenca está muy intervenida con cultivos permanentes y áreas de pastoreo extensivo, actividades que generan presión sobre el recurso hídrico; sumado a que solo se tiene cobertura de alcantarillado en la zona urbana de Turbo y los sistemas de tratamiento de aguas residuales son prácticamente inexistentes en la cuenca.

En el caso específico de las subcuencas del río Currulao y río Guadualito se presenta un IACAL con calificación Alta en año medio debido a la alta presión que existe por parte de las actividades productivas en ambas subcuencas, ya que además de tener cultivos permanentes intensivos de plátano y banano en su parte baja, presentan también un área significativa de pastoreo semi intensivo para la actividad ganadera; ambas subcuencas poseen centros poblados que ejercen presión sobre el recurso hídrico. Los anteriores tres factores hacen que las subcuencas en mención presenten una vulnerabilidad a la contaminación del agua alta. Además de esto, se debe tener en consideración que en este sector es donde se genera todo el desarrollo económico de la cuenca, pues allí están localizados los principales polos de desarrollo, por ende, es donde más población se encuentra asentada; así, es coherente pensar que dichas subcuencas tengan tal presión.

Es importante mencionar que aún en condiciones de oferta hídrica normal, donde se pueden auto depurar los contaminantes con mayor facilidad por las condiciones de caudal adecuadas, el IACAL presentó calificaciones altas, lo cual indica que, si los usos predominantes siguen siendo las actividades intensivas, y a futuro se mantiene esta tendencia, éstas podrían verse muy afectadas, incluso en año medio.



Para el caso de condiciones hidrológicas de año seco, es decir, donde se presenta un déficit de oferta hídrica, que, además, en la cuenca es muy marcado, se observa cómo el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua presenta una calificación Muy Alta para todas las subcuencas jerarquizadas. Esta situación se debe principalmente a las caídas abruptas de los caudales en todas ellas cuando se tienen condiciones extremas de sequía, con lo cual, se presentan grandes problemas de disponibilidad de agua, que finalmente conllevan a que la capacidad de autodepuración de los afluentes disminuya y, por ende, la carga contaminante asociada a los vertimientos difusos de las diferentes actividades productivas existentes en la cuenca no pueda ser diluida.

3.8.14 Conclusión

Los caudales encontrados en los ríos aforados permiten ver que, en cada estación de muestreo, la cantidad de agua está directamente influenciada por la época climática, dadas las precipitaciones que originaban fluctuaciones del caudal de los sitios muestreados, en algunos casos encontrando diferencias significativas de un aforo a otro en algunos sitios. Los mayores valores de caudal se obtuvieron durante la época húmeda; es debido a esto que no fue posible muestrear tres puntos ubicados en las desembocaduras, ya que las lluvias en la noche anterior al monitoreo lo impidieron, pues ocasionaron un aumento considerable en su caudal, dificultando el aforo. Además de esto, se permite ver que todas las estaciones presentaron valores de caudales por debajo de 1 m³/s.

La evaluación de los resultados del monitoreo realizado durante los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017 arrojó que los parámetros temperatura, pH y oxígeno disuelto se encuentran dentro de los límites establecidos en la normatividad colombiana y que éstos se ven solo afectados por los procesos hidrodinámicos del sistema según las condiciones del afluente en el momento de la toma de la muestra. Por su parte los SST también presentaron esta variabilidad y mucho más marcada entre las épocas climáticas, encontrando valores muy altos durante la época húmeda, contrario a la época seca con resultados muy bajos; esto puede deberse a factores como el tipo de lecho y riberas del cauce, así como el aumento del caudal por precipitaciones y escorrentías, que pueden verse aumentados por la época climática.

En cuanto a la presencia de nutrientes tales como Nitrógeno total y Fósforo total, presentaron valores bajos (aunque en la normatividad actual no hay un valor admisible, solo el de análisis y reporte según lo descrito en la resolución 631 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), indicando que para la fecha que se realizaron estos monitoreos puntuales, las aguas presentaban concentraciones bajas o moderadas de contaminación de este parámetro, dado que en el caso del nitrógeno total, para la época húmeda, varias estaciones no tuvieron valores detectables por el método usado y fueron aumentando hacia la zona baja donde se encontraban los puntos ubicados en las desembocaduras. Esto puede estar relacionado con la dilución del nutriente en el agua, que es mayor cuando aumenta el caudal de los afluentes monitoreados, lo que mostraría porqué en esos puntos se reportan para época seca valores de Nitrógeno y Fósforo Total; además de esto, la cercanía de plantaciones de banano en algunas estaciones podría estar aportando por infiltración estos nutrientes en el afluente.



Las concentraciones microbianas en la mayoría de los de sitios de muestreo presentaron para ambas campañas, niveles por encima de los límites permisibles para el uso de contacto primario así como para uso agrícola, con valores, en algunas estaciones, por encima de los 1000 NMP/100 ml; en cuanto a esto, los mayores valores registrados fueron de los sitios donde sus afluentes pasan a través de centros poblados, cultivos agrícolas y potreros con ganado, recibiendo descargas de aguas residuales y materia orgánica. Cabe decir, además, que los coliformes fecales son el parámetro que influye fuertemente el ICA con siete (7) variables, mostrando que la calidad del agua disminuye considerablemente en las estaciones de monitoreo y evidencia una fuerte contaminación por microorganismos patógenos en toda la cuenca.

Se compararon los resultados de las variables analizadas con el objetivo de calidad trazado para las subcuencas río Turbo, Currulao y Guadualito, obteniendo que, para las estaciones propuestas, los valores están por debajo del esperado, solo las variables SST y coliformes fecales tuvieron estaciones que superaban los valores propuestos en los objetivos de calidad, notándose principalmente para la época húmeda. Lo que además indica con más fuerza que estas dos variables inciden sobre la calidad del recurso en la cuenca. Cabe decir que las estaciones ubicadas en las desembocaduras no tienen estructurados objetivos de calidad.

El resultado hallado para el índice de calidad del agua ICA con seis (6) y siete (7) variables muestra que, para la época húmeda, ninguna de las estaciones ubicadas en cada subcuenca presentó una calidad BUENA, encontrando una Calidad de REGULAR y MALA (seis variables) y de MALA y MUY MALA (siete variables). Por el contrario de la campaña seca, donde para seis variables todas presentaron un resultado REGULAR y con siete pasó a estar entre REGULAR y MALA, con el 70% de las estaciones en esa última calificación.

Los valores reportados del ICA en la red de monitoreo de CORPOURABA, para la campaña de 2016, presentó una calidad REGULAR Y MALA con seis variables donde la subcuenca del río Guadualito presentó para todas sus estaciones una calidad REGULAR. Usando el ICA con siete variables la calidad en la cuenca se mantuvo MALA con tres estaciones que presentaron una calidad MUY MALA.

Al unificar estos resultados con los obtenidos con las estaciones nuevas para el año 2016, estaría indicando que la cuenca sufre una fuerte intervención antrópica en toda su área de influencia, presentando una calidad REGULAR del recurso desde la parte alta de la misma, la cual disminuye a medida que se baja por la cuenca hasta llegar a la zona cerca al mar, esto al analizarla con el ICA con seis variables, ya que, con siete variables, toda la cuenca desde la zona alta empeora su calidad a MALA y encontrando en algunos sitios una calidad MUY MALA.

Los resultados obtenidos con el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL para año medio indicaron que la cuenca tiene una tendencia Media a Muy Alta de presentar vulnerabilidad a la contaminación ya que las actividades intensivas como cultivos permanentes, y extensivas como pastoreo, las cuales se encuentran de manera generalizada en toda el área de la cuenca río Turbo-Currulao, contribuyen a que la presión sobre el recurso hídrico sea alta en más de la mitad de la cuenca y por ende, también la vulnerabilidad a la contaminación. Así mismo, el resultado hallado para el año seco mostró que se presenta gran presión por parte de las actividades productivas,



obteniendo para tales condiciones, un IACAL con calificación Muy Alta para todas las subcuencas, dado principalmente por las condiciones hidrológicas y climáticas que causan la gran disminución en los caudales de las fuentes hídricas de manera generalizada y, por ende, una pérdida de la capacidad de autodepuración de los afluentes.

Es importante mencionar, además, que la falta y escases de información sobre vertimientos puntuales y cargas contaminantes asociadas en la cuenca, hizo que el cálculo de éstas se tuviera que realizar de manera estimada para las tres principales actividades de la cuenca: ganadería, agricultura y uso doméstico, a partir de factores de vertimiento encontrados en literatura e información secundaria inferida.

El resultado encontrado con el IACAL contrasta con los resultados obtenidos con el ICA, donde en la época húmeda, la calidad del agua para todas las estaciones fue peor al compararla con la época seca; esto podría deberse a que el IACAL se ve influenciado por la variabilidad climática y la disponibilidad del recurso hídrico, mientras que el ICA por su parte, puede verse influenciado por los volúmenes de caudal ya que el volumen de agua que se desplaza por una corriente, determina la capacidad de dilución ante contingencias o vertimientos (puntuales o no puntuales) es decir, midiendo la cantidad de contaminantes que puede recibir una corriente determinada en un momento puntual.

Según lo encontrado en el análisis de la información suministrada, en la red de monitoreo de CORPOURABA, se observó que ésta comenzó a funcionar desde el año 2003, aumentando el número de estaciones en los años 2004, 2006 y 2007. Además de esto solo en los primeros años se efectuaron monitoreos durante las dos épocas climáticas, con excepción de la estación que hace parte de la REDCAM que sí los realiza. Con respecto a la calidad del recurso en la cuenca, ésta osciló entre REGULAR Y MALA en los diferentes años principalmente para el ICA con seis variables. La subcuenca que presentó en promedio mejor calidad fue la del río Guadualito que mantuvo una calidad REGULAR para el índice con seis variables.

El estado de la cuenca al analizarlo con el ICA de siete variables presentó una tendencia a una calidad MALA en la mayoría de los años, además de reportarse en algunos una calidad MUY MALA. Se concluye entonces que la red ha sido útil como herramienta para hacer vigilancia de la calidad del recurso en los distintos años desde su creación, permitiendo analizar en un periodo de tiempo el grado de presión antrópica al que se ha visto sometida la cuenca y sus subcuencas por factores climáticos, hidrológicos y antrópicos que hacen variar su calidad.



3.9 GEOMORFOLOGÍA

En este capítulo se presenta el origen y evolución de la cuenca, enmarcado en el contexto de los diferentes eventos y procesos que han tenido lugar en el área como: las deformaciones debidas a la tectónica y los movimientos orogénicos que incidieron en el origen, desarrollo y evolución de los diferentes paisajes plegados y fallados, sobre los cuales se encuentran ubicados los distintos sistemas de relieve, las unidades y subunidades geomorfológicas en la cuenca.

Es importante destacar que una vez verificadas las unidades y subunidades geomorfológicas durante los trabajos de campo llevados a cabo con limitaciones y restricciones a lo largo de los recorridos previamente seleccionados, se efectuó una reinterpretación de los diferentes insumos, junto con la incorporación y ajuste de los datos tomados y verificados en campo. Con dicha información, se delinearon las unidades definitivas con base en las unidades y subunidades previamente interpretadas, mediante la utilización de diferentes insumos (imágenes multispectrales, imágenes de radar de INTERA, modelos digitales, Fotografías Aéreas a color y pancromáticas) y finalmente, se elaboró la memoria técnica explicativa del mapa geomorfológico.

Se identificaron y delinearon setenta (70) unidades y subunidades geomorfológicas, la gran mayoría localizadas sobre el flanco occidental de la cordillera Occidental, ocupando parte del sistema Montañoso; las restantes unidades, se encuentran localizadas sobre los sistemas de valles intramontanos, asociados a los cinco principales ríos como: El Caimán Nuevo, Caimán Viejo, Turbo, Guadualito y Currulao y su prolongación sobre la extensa planicie aluvial de Piedemonte, donde se encuentran los grandes abanicos-terrazza coalescentes, cuya parte distal, se prolonga hasta alcanzar la zona de la interface entre la llanura aluvial y la planicie marina a nivel del mar, donde se encuentra una franja estrecha de la planicie marina-litoral y costera. La totalidad de unidades y subunidades interpretadas pertenecen a cinco (5) ambientes morfogenéticos y fueron clasificadas y distribuidas de la siguiente forma: Diez y ocho (18) unidades pertenecen al ambiente Denudacional, veintiuna (21) unidades del ambiente Estructural, quince (15) unidades del ambiente fluvial, trece (13) unidades del ambiente Marino litoral y costero y tres (3) unidades de origen Antrópico. Cada una de las unidades y subunidades interpretadas y representadas en la leyenda del mapa, se identificaron con un símbolo, una descripción y su código de color según el ambiente respectivo.

3.9.1 Objetivo general

Obtener el mapa geomorfológico de la cuenca de los ríos Turbo y Currulao a escala 1:25.000, a partir de la recopilación de información secundaria existente y publicada y la generación de información primaria, a partir del uso e interpretación de imágenes de sensores remotos, modelos digitales y fotografías aéreas pancromáticas y a color, con el propósito de obtener el mapa geomorfológico como apoyo a las demás temáticas para la zonificación de la susceptibilidad y amenazas en el marco de la inclusión de la gestión del riesgo en el POMCA de la cuenca Río Turbo-Currulao.

3.9.2 Objetivos específicos



- Elaborar el mapa geomorfológico con su leyenda de la cuenca del río Turbo-Currulao de acuerdo con la metodología de Carvajal, 2012; SGC, 2012, recomendada por el protocolo.
- Definir y determinar los ambientes morfogenéticos predominantes en el área de la cuenca del río Turbo-Currulao con el propósito de obtener la cartografía geomorfológica a escala 1:25.000 de las 15 planchas individuales que cubren el área de la cuenca.
- Comprobar las unidades geomorfológicas delineadas en la fase de fotointerpretación mediante trabajos de verificación en el campo y efectuar la toma de los datos morfodinámicos, junto con la toma de fotografías de campo para complementar la descripción de las unidades y los procesos.

3.9.3 Alcances y limitaciones

Atendiendo a las especificaciones técnicas recomendadas en el Protocolo, se efectuó una fotointerpretación geomorfológica a la escala 1:25.000, aplicando el sistema jerarquizado para la clasificación de las unidades geomorfológicas Carvajal, 2012; SGC, 2012, basado en la utilización de diferentes insumos como: Imágenes de satélite, Radar Aerotransportado y Fotografías Aéreas, modelos digitales y mapas topográficos base, y un de trabajo de campo.

3.9.4 Insumos utilizados

En los siguientes apartes de esta sección, se enuncian y relacionan los diferentes insumos existentes y disponibles que fueron utilizados y seleccionados en diferentes Entidades y/o suministrada por el Consorcio POMCA-Río Turbo-Currulao, CORPOURABÁ, y que fueron utilizados en forma adecuada durante el período de ejecución del proyecto, los insumos utilizados, se enuncian a continuación.

3.9.4.1 Mapas topográficos base a Escala 1:25.000 del IGAC

Se utilizaron mapas topográficos o bases cartográficas suministrados en formato análogo y digital a escala 1:25.000, elaborados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, estos mapas contienen información sobre: curvas de nivel, hidrografía, vías, construcciones y puntos de control, etc. La cartografía en formato análogo fue utilizada para transferir la información interpretada sobre las fotografías aéreas e imágenes a los mapas base mediante el uso del instrumento de transferencia conocido como "Sketchmaster". Los mapas topográficos base en formato digital fueron utilizados para plasmar las unidades geomorfológicas digitalizadas mediante el programa ArcGis, para la obtención del mapa geomorfológico final en bloque y por planchas individuales a escala 1:25.000.

3.9.4.2 Imágenes de Sensores Remotos



Las imágenes de Sensores Remotos utilizadas incluyeron dos (2) mosaicos de imágenes de Radar del sistema Aerotransportado de INTERA que cubren las planchas 69 y 79 a la escala 1:100.000 (Figura 10), a partir de las cuales se obtuvo una cobertura de doce (12) planchas georreferenciadas a escala 1:25.000, para la obtención del mapa geomorfológico preliminar de la cuenca.

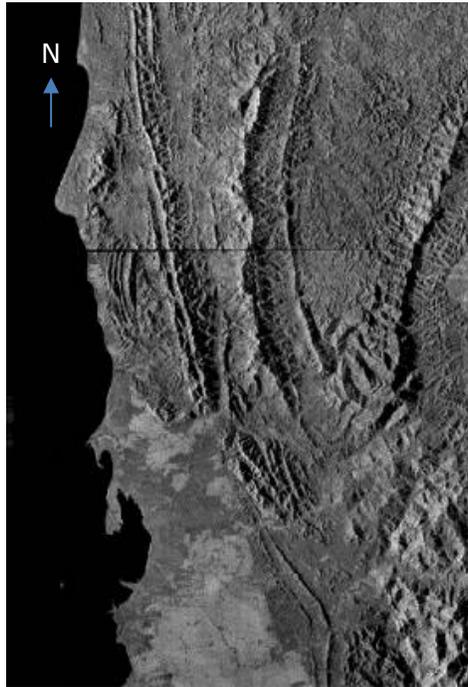


Figura 10. Mosaico de las Imágenes de radar INTERA, planchas 69 y 79.
Fuente: (IGAC, 1992).

Se utilizó una imagen de satélite del sistema RapidEye, de buena resolución, que cubre gran parte de la cuenca. Esta imagen presenta una ventaja con respecto a otras imágenes, por presentar una baja cobertura de nubes y permite tener una vista sinóptica de gran parte de la cuenca río Turbo-Currulao, ver Figura 11.



Figura 11. Imagen RapidEye de la cuenca del río Turbo-Currulao.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.4.3 Modelos Digitales de Elevación (DEM)

Los modelos digitales de elevación (DEM), son capas “raster” muy importantes para la representación del relieve y muestra la expresión de las pendientes, donde la elevación está representada como píxeles con resolución 12,5m x 12,5 m y 5mX5m metros para la escala 1:25.000. Los modelos digitales de elevación, se utilizaron para generar mapas de sombras a color y en la escala de grises, donde se puede apreciar mejor, la configuración del relieve en tres dimensiones (Ver Figura 12 y Figura 13).

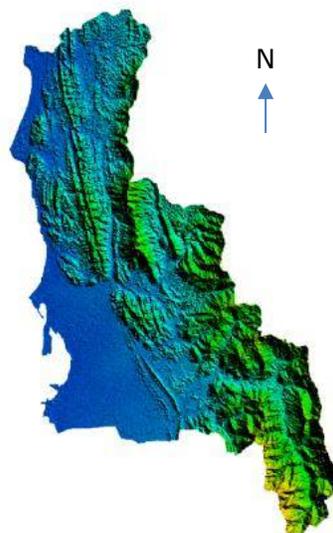


Figura 12. Modelo de sombras a color de la cuenca.
Fuente: Modelo DEM ALOS_PALSAR

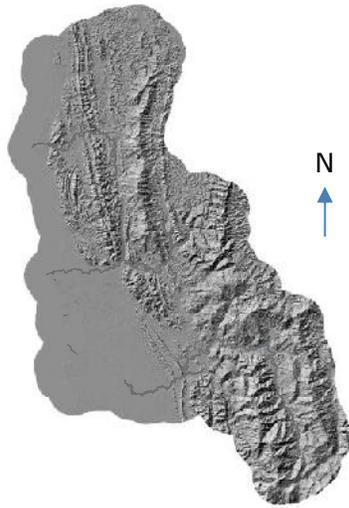


Figura 13. Modelo de sombras en tono de grises, derivado del modelo digital del terreno de 5mx5m de resolución sobre el área de la cuenca
Fuente: IGAC, 2016

Se utilizó el mapa de pendiente en grados con resolución de 5mX5m, elaborado por el Profesional Geomático, con base en el modelo digital suministrado por el IGAC, con éste mapa de pendiente en grados, se pudo delinear y detallar mejor las diferentes unidades, geomorfológicas en los distintos ambientes, y particularmente fue útil en la identificación y delineación de los ambientes: Fluvial, Estructural y Denudacional, ver Figura 14.

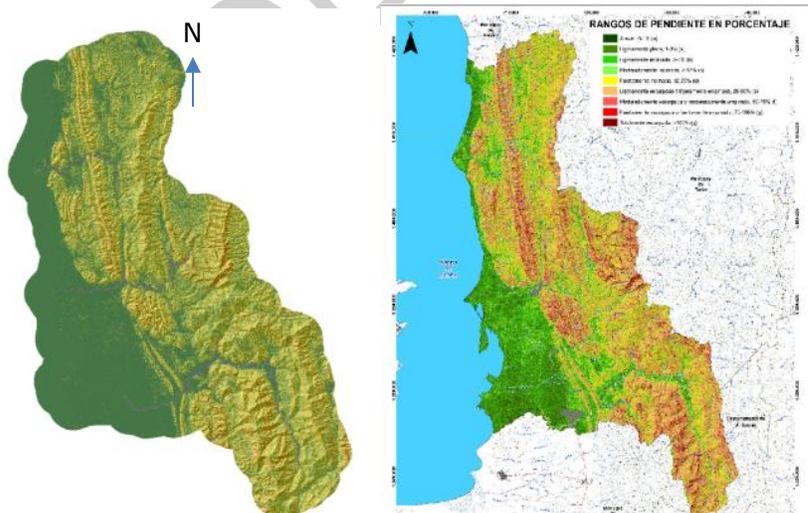


Figura 14. Mapas de pendiente en grados derivados del DTM de 5mX5m de resolución, para visualizar los ambientes morfogenéticos en la cuenca
Fuente: Elaboración propia.

3.9.4.3.1 Fotografías aéreas pancromáticas y a color a diferentes escalas



La información contenida sobre la fotografía constituye un registro permanente y fiel de los objetos y fenómenos que se presentan sobre la superficie terrestre en el momento mismo de la toma; su uso e interpretación estereoscópica multitemporal en diferentes fechas, facilita además la visión sinóptica de conjunto y permite hacer un análisis multitemporal de las unidades y procesos morfodinámicos en poco tiempo y sobre grandes áreas a la vez que facilita el análisis del mismo fenómeno a escalas diferentes y en distintas fechas.

El levantamiento geomorfológico, mediante la interpretación detallada de fotografías aéreas pancromáticas estereoscópicas, para obtener una visión tridimensional general durante la fase previa al trabajo de campo y de acuerdo con la escala del trabajo. También, se usaron Ortofotografías aéreas a color de alta resolución y con mayor escala, con el propósito de detallar las unidades y subunidades y al mismo tiempo fueron utilizadas para llevar a cabo el inventario de los movimientos en masa identificados y representados en el mapa de la cuenca Turbo-Currulao.

3.9.5 Metodología aplicada y fases del estudio

Para la ejecución de las diferentes tareas adelantadas en desarrollo del proyecto, se siguieron las indicaciones del protocolo mostrado en el diagrama de procesos (MADS, 2013) y se desarrollaron las fases, que comprenden a) Revisión y recopilación de información existente, b) Preparación de la información básica existente, c) Procesamiento de la información de insumos utilizados, d) Trabajos de fotointerpretación, e). Trabajos de verificación en el campo f) Reinterpretación de insumos y ajuste de la información colectada en campo. g) Elaboración de los mapas finales con su respectiva leyenda. h) Preparación de la memoria técnica explicativa que acompaña el mapa geomorfológico.

3.9.5.1 Revisión y compilación de información

Revisión y recopilación de información existente en las Entidades, sobre estudios y trabajos previos llevados a cabo en la jurisdicción de la cuenca río Turbo-Currulao. Incluyó el inventario de cobertura de imágenes de satélite, fotografías aéreas, cartografía Básica, modelo digital de elevación e información temática relacionada con la génesis de las geoformas, con el fin de obtener una visión general de la geomorfología del área de estudio. Se preparó la información básica existente, desde el tratamiento digital de las imágenes y obtención de modelos digitales del terreno, elaboración del mapa de pendientes y preparación de los pares estereoscópicos de las fotografías aéreas.

Procesamiento de la información de insumos utilizados. Trabajos de Fotointerpretación y Generación del mapa preliminar mediante la interpretación de fotografías aéreas, diferenciando las unidades y subunidades por su origen y relación con su ambiente morfogenético (Figura 15).



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

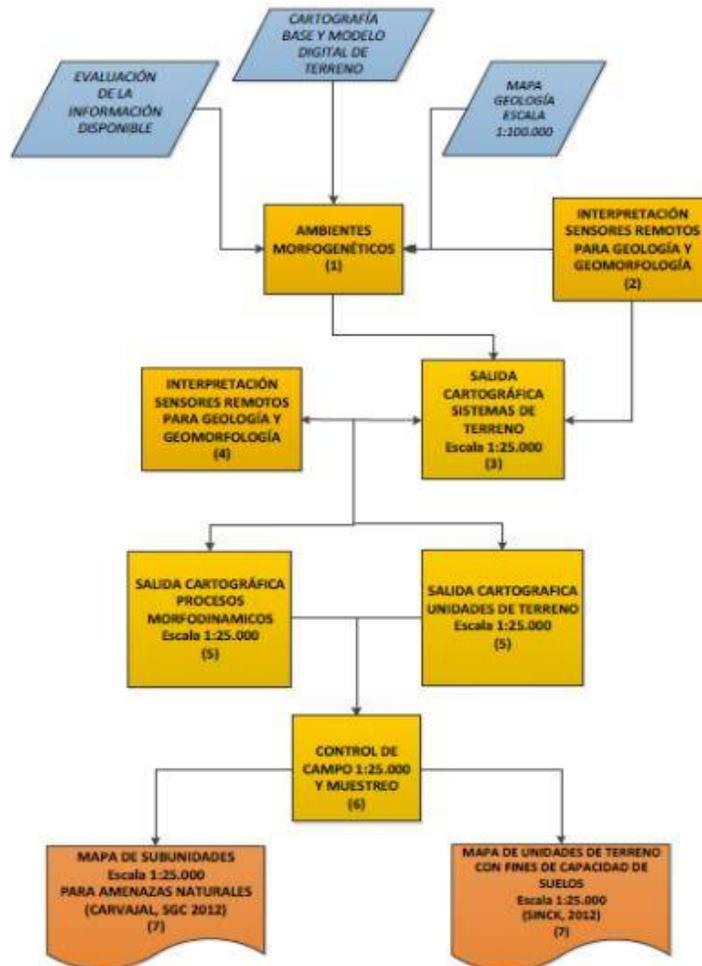


Figura 15. Diagrama del proceso para la obtención del producto de Geomorfología requerido para el POMCA de la cuenca de los ríos Turbo-Currulao
Fuente: (MADS, 2015).

El primer paso seguido en el proceso para la elaboración del mapa geomorfológico, fue la búsqueda de información e insumos básicos en diferentes Entidades como el IGAC, IDEAM, Servicio Geológico Colombiano, Universidad Nacional de Colombia, CORPOURABÁ y demás; junto con la información recibida a través de la Unión Temporal Río Turbo-Currulao de la suministrada previamente por CORPOURABA. Durante la búsqueda y adquisición de la información en las diferentes entidades permitió conocer la existencia de los insumos indispensables para el desarrollo del proyecto, el estado del conocimiento geomorfológico de la cuenca; así como la evaluación, análisis y estado de la preparación de la información básica y temática disponible, tanto en medio análogo como en medio digital.

La búsqueda de información de acuerdo con la temática, el año de generación y las áreas de cobertura, en particular para establecer la existencia y calidad de la cobertura de las fotografías aéreas, imágenes de radar y satélite; y existencia de información temática, se realizó la búsqueda según el propósito, la escala y pertinencia para el proyecto, lo



cual permitió enfocar y conocer las áreas que requerían mayor atención porque tenían menor nivel de información disponible.

Los mapas topográficos base fueron utilizados para la transferencia de las unidades geomorfológicas y los procesos morfodinámicos observados e interpretados sobre las fotografías aéreas, esto fue posible mediante la georreferenciación de toda la información y la utilización del modelo digital de elevación.

Teniendo en cuenta la gran diferencia entre utilizar información existente a escalas 1:100.000 o mayores y producir una cartografía a escala 1:25.000, sustentada con fotointerpretación detallada y controles de campo: las publicaciones cartográficas y la bibliografía disponible no enfoca descripciones detalladas ni soportan resultados de apoyo tangibles y representativos, por lo tanto no fue necesario utilizar bibliografía disponible.

Las unidades geomorfológicas interpretadas sobre las fotografías aéreas y las imágenes de radar fueron transferidas a los mapas base para completar los mapas geomorfológicos a escala 1:25.000 para su posterior digitalización y obtener los mapas digitales preliminares como producto de la interpretación de las imágenes en la oficina y posterior verificación de las unidades geomorfológicas en el campo.

La mayoría de las imágenes de satélite y fotografías aéreas que cubren el área del proyecto, presentan una alta cobertura de nubes que dificultaron su interpretación, por lo que fue necesario acudir al uso de imágenes de radar del sistema Aerotransportado de INTERA, 1992; que tienen una buena resolución para el 90% del área, pero se tuvo el inconveniente con la presencia de sombras. Para la cuenca alta del río Currulao no se tiene cobertura de imágenes de Radar de buena resolución, pero existe una cobertura de fotografías aéreas a color que suplieron parcialmente la información, las cuales fueron empleadas durante el proceso de interpretación para los propósitos de obtener la cartografía geomorfológica; se utilizaron también mosaicos de fotografías a color para cartografiar unidades geomorfológicas y para identificar y localizar los movimientos en masa. Toda esta información fue preparada y almacenada en la base de datos diseñada para tal propósito, con el fin de facilitar la superposición con otros insumos para la delineación de unidades geomorfológicas que sirvieron de apoyo para la preparación del mapa geomorfológico preliminar de campo, mediante el uso del programa ArcGis y aplicación de un Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En la fase de elaboración del mapa geomorfológico de la cuenca se consultaron tres modelos digitales de elevación uno con 30mx30m de resolución de la (NASA), otro modelo con resolución de 12,5m x 12,5 m. de Global Mapper y finalmente, se utilizó un tercer modelo digital de elevación del terreno elaborado por el IGAC, con resolución de 5mx5m, el cuál fue desarrollado en el año 2009 a partir de la restitución de fotografías tomadas por el IGAC, para la Gobernación del departamento de Antioquia.

A partir de este modelo de 5mx5m de alta resolución, se generó un modelo de sombras, que sirvió para mejorar y resaltar los rasgos y unidades geomorfológicas cartografiados en la cuenca. Adicionalmente, se generó un mapa de pendiente en grados, el cuál fue muy útil en la delineación de las unidades y subunidades geomorfológicas interpretadas con los diferentes insumos.



Con respecto al uso de las imágenes de satélite multispectrales, se realizó la búsqueda de varias combinaciones de imágenes de distintas fechas, para encontrar la mejor combinación y óptimo contraste para su interpretación, pero se tuvo el problema de la excesiva cobertura de nubes en toda la región, lo que limitó su uso. Con base en el modelo digital, se elaboró el mapa de pendientes que fue clasificado de acuerdo con los rangos propuestos por la metodología del Servicio Geológico Colombiano para obtener un buen contraste y una mejor evidencia de los cambios en la topografía, los colores utilizados para la representación del mapa de pendientes también ayudaron a resaltar las geoformas. Este último insumo fue de gran utilidad en la corroboración y delimitación de las unidades geomorfológicas en la cuenca y en particular en el proceso de efectuar el control de calidad de las unidades geomorfológicas, especialmente las de origen fluvial, estructural y denudacional.

3.9.5.2 Trabajos de fotointerpretación

La mayor parte de la información fue obtenida a partir de la interpretación de las fotografías aéreas pancromáticas y digitales a color, complementada con imágenes de satélite RapidEye, espacio mapas de imágenes de radar, modelos digitales de diferente resolución y el mapa de pendientes derivado del modelo digital del terreno (DTM), para delinear y complementar las unidades geomorfológicas, en las zonas de mayor complejidad tectónica y estratigráfica.

Durante el proceso de interpretación de los diferentes insumos, para la elaboración del mapa geomorfológico, se definieron y delimitaron las unidades y subunidades geomorfológicas, para ello se procedió con el trazo de la red de drenaje sobre las imágenes y fotografías aéreas con el fin de identificar los patrones de drenaje, establecer su relación con el control estructural ejercido sobre las geoformas y al mismo tiempo determinar su incidencia en la estabilidad e inestabilidad de las laderas por los cambios de pendiente y su relación con los movimientos en masa y la erosión de acuerdo con la presencia o no de vegetación. Se analizaron los cambios litológicos y su comportamiento de acuerdo con la exposición de las geoformas desarrolladas sobre las distintas estructuras geológicas, según la orientación de rumbos y buzamientos de los estratos y su relación con el tipo de pliegues desarrollados. Su expresión geomorfológica, sobre todo, si se presentan fallas o lineamientos que ejercen un fuerte control en las unidades geomorfológicas cartografiadas.

En esta fase se interpretaron doce (12) Imágenes de radar de INTERA a escala 1:25.000, con resolución de 5m, sobre las cuales se colocó un acetato para delinear las unidades y subunidades geomorfológicas. Para la franja litoral y costera, se utilizaron tres (3) fajas de fotografías aéreas pancromáticas con escalas 1:10.300, desde el sector sur del área de Turbo, hasta el límite del área en el sector norte, en las inmediaciones del río Caimán Viejo, próximo a la localidad de Necoclí. Sobre el mismo tramo, se interpretaron varios mosaicos de Ortofotos a color tomadas con la cámara digital que cubren la franja costera y disponible en el Geoportal de la Gobernación de Antioquia.

Adicionalmente, se interpretaron fotografías a escala 1:20.000, sobre la parte central de la cuenca alta del río Currulao y para las demás áreas, se utilizaron fotografías a escalas que oscilaban entre 1:27.000 y 1:31.000 del IGAC, con varios contrastes, desde moderado a bajo y algunas de las fotos presentaban una excesiva cobertura de nubes, que dificultaron en alto grado la interpretación.



Con la interpretación visual monoscópica de las imágenes de satélite y radar, se pudo obtener una vista sinóptica general del área de estudio y fue sobrepuestas a los mapas de sombras y de pendientes y con la ayuda de las fotografías a color y pancromáticas, se pudo definir y delimitar las unidades y subunidades geomorfológicas, discriminadas en cada ambiente morfogenético, como también la detección de los rasgos y procesos morfodinámicos, más destacados en la cuenca.

En esta fase, también se procedió a superponer las imágenes de radar y satélite RapidEye, sobre el mapa de sombras o Hill shade, derivado del modelo digital DEM. Se utilizaron diferentes combinaciones de las bandas y filtros en las imágenes y se probaron varias vistas en la iluminación para el mapa de sombras, con el propósito de resaltar y destacar la expresión de los diferentes trenes estructurales que controlan las unidades geomorfológicas expuestas en el área de estudio.

El uso de la información geológica, fue muy importante como apoyo en la fase de fotointerpretación para identificar no solo las unidades litológicas y geomorfológicas y su ambiente de formación, sino también para establecer la relación que existe entre la configuración de las geoformas con el control estructural de las unidades geomorfológicas, que no solo se refleja en la litología, sino en su expresión geomorfológica, que en algunos casos, están controladas por las estructuras plegadas y falladas, que en algunos casos sirvieron de ayuda en la identificación y delimitación de las diferentes unidades geomorfológicas identificadas y delineadas en el mapa geomorfológico final.

En esta fase, también se ejecutaron trabajos de fotointerpretación relacionados con la morfodinámica, para la Identificación e inventario de los movimientos en masa en la cuenca, especialmente los más pequeños que fueron interpretados como: "Golpe de cuchara", sobre las fotografías aéreas pancromáticas de escala 1:10.300 y sobre ortofotomosaico derivados de fotografías Aéreas a color de alta resolución, sobre los cuales fueron identificados y representados como puntos sobre el mapa, según la simbología utilizada en la metodología del (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

Sobre las fotografías aéreas, además de la identificación puntual de los movimientos de remoción en masa, se pudo preparar y programar desde la oficina los trabajos de campo, mediante la selección de los distintos recorridos a lo largo de las vías de acceso y en las secciones más representativas para visitar durante los trabajos de campo. De ésta forma, se pudieron identificar y definir sobre las ortofotos los sitios más críticos desde el punto de vista morfodinámico y poder ubicar las áreas de mayor complejidad geomorfológica para realizar los análisis más detallados.

Como resultado del proceso de fotointerpretación, se obtuvo un mapa geomorfológico preliminar, el cual fue el resultado de transferir las unidades geomorfológicas interpretadas sobre las fotografías y las imágenes de radar a los mapas topográficos base a escala 1:25.000, para su posterior digitalización y convertirlos a formato digital.

La cartografía geomorfológica preliminar elaborada en ésta fase, fue suministrada a las profesionales de campo (Ingeniera Geóloga Sandra Marcela Montoya y Ana Isabel Restrepo), como documento básico de apoyo para su comprobación y complementación con las observaciones realizadas y los datos colectados durante la fase de campo.



Para una mejor comprensión, sobre los criterios y los elementos utilizados en la etapa de fotointerpretación y aplicados en la identificación y caracterización de las unidades geomorfológicas y los movimientos en masa durante la etapa de fotointerpretación, para la posterior descripción de las unidades y subunidades durante la fase de verificación en el campo. Durante esta fase se analizaron las características morfológicas con cambios súbitos de la Pendiente entre cóncava y convexa; si había evidencias de antiguos desprendimientos, en forma rectilínea o semicircular o si había laderas con pendientes escalonadas, relieves irregulares con formación de ondulaciones. Presencia de cobertura de vegetación de protección o si esta vegetación era escasa y desordenada; o si, se presentaban cambios en la cobertura vegetal, con zonas de vegetación menos abundante, (manchas elongadas y claras), y los cambios observados con la presencia de vegetación asociada a los drenajes principales y anomalías con la curvatura de los ríos por socavación lateral de orillas.

En cuanto a la morfodinámica, fueron interpretados los movimientos en masa en las áreas más afectadas por pequeños desprendimientos de carácter puntual conocidos como: “golpes de cuchara” y otros deslizamientos de mayor tamaño identificados como del tipo: Rotacional y/o traslacional.

3.9.6 Metodología aplicada

Para los estudios de cartografía geomorfológica aplicada es fundamental definir las unidades geomorfológicas y ambientes morfogenéticos de una región. En este trabajo, se utilizó la jerarquización geomorfológica adoptada por Carvajal (2002) según SGC (2012) y ajustada por Gómez et al. (2012), la cual relaciona las escalas de trabajo con el nivel de unidades definidas y el ambiente morfogenético asociado.

Para el entendimiento de esta memoria explicativa, es pertinente definir los ambientes morfogenéticos entre los cuales se agrupan las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Estos ambientes se describen brevemente en la Tabla 63.

En cuanto a la nomenclatura de las unidades geomorfológicas, se ajustó a lo establecido en los estándares propuestos por Carvajal, 2012; SGC, 2012 a nivel de unidades y subunidades geomorfológicas, basada en la simbología definida por (VERSTAPPEN, 1992). Para la definición de los colores para las unidades geomorfológicas, se usaron los códigos (RGB) de colores utilizados por el Servicio Geológico Colombiano para la clasificación de las unidades según los ambientes morfogenéticos representados en los mapas y la leyenda.

Tabla 63. Ambientes morfogenéticos. Tomado de (Verstappen & Van Zuidam, 1992) y (SGC, 2012).

AMBIENTE	DESCRIPCIÓN	COLOR
Morfoestructural	Comprende geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamiento y fallamiento, y geoformas originadas por la actividad tectónica activa que se ha prolongado durante el Cuaternario (ambiente neotectónico).	Púrpura



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

AMBIENTE	DESCRIPCIÓN	COLOR
Volcánico	Abarca las regiones donde se generan geoformas volcánicas por extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra.	Rojo
Denudacional	Determinado principalmente por procesos de meteorización, procesos erosivos hídricos y fenómenos de transposición o de remoción en masa que actúan sobre las geoformas pre-existentes.	Marrón
Fluvial	Está conformado por geoformas generadas por procesos relacionados con la actividad fluvial.	Azul
Marino profundo y costero	Reúne las geoformas construidas por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero del mar.	Verde
Glaciar	Definido por geoformas originadas por la acción glacial, tanto de los casquetes polares como en altas montañas.	Gris
Eólico	Comprende geoformas formadas por la acción del viento, como agente modelados del paisaje en zonas desérticas principalmente.	Amarillo
Kárstico	Agrupar las geoformas que son producto de la meteorización y dilución de rocas y materiales fácilmente solubles en ambientes húmedos y cálidos, tales como calizas y sal.	Naranja
Antropogénico y/o biológico	Conformado por geoformas originadas por la actividad del hombre, la cual modifica la superficie del terreno.	Negro

Fuente: Elaboración propia.

Los códigos asignados a las unidades geomorfológicas en el mapa corresponden a los propuestos y adaptados por (Carvajal 2012; SGC, 2012). La primera letra identifica el ambiente morfogenético definido para la Unidad así: Denudativo (D), Estructural (S), Fluvial (F), Marino, litoral y costero (M), Antropogénico (A). La segunda y tercera letra identifica las iniciales del nombre de la unidad o subunidad de acuerdo con su ambiente morfogenético, y se representa en el mapa mediante códigos de colores, lo mismo que los utilizados en la leyenda respectiva.

Según la metodología sugerida en el Protocolo, los sistemas jerárquicos combinan las categorías morfoestructurales relacionadas con los procesos endógenos con los ambientes morfodinámicos de los procesos exógenos. Se priorizan los procesos morfoestructurales relacionados con los procesos tectónicos formadores del relieve, seguido por los diferentes modelados para cada tipo de ambiente presentes en la cuenca. Un ambiente morfogenético, agrupa las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Los ambientes morfogenéticos se agrupan en:

Ambiente morfoestructural: corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos. Incluye el ambiente geotectónico (geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario). El color utilizado en la cartografía para estos paisajes es el púrpura.

Ambiente volcánico: asociado en las regiones donde predominan los procesos que generan geoformas volcánicas por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra. Color recomendado el rojo de acuerdo con Verstappen y Van Zuidam (VERSTAPPEN, 1992).

Ambiente denudacional: determinado por la actividad de procesos de meteorización, y predominantemente de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o



de remoción en masa actuantes sobre geoformas pre-existentes. Para este tipo de regiones el color adoptado es el marrón.

Ambiente fluvial: corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial. Se propone el color azul para estas regiones.

Ambiente marino profundo y costero: determinado por las geoformas construidas por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero del mar. El color propuesto para este tipo de región es el verde.

Ambiente antropogénico y/o biológico: morfologías formadas por la actividad del hombre que modifica la superficie del terreno. Geoformas cartografiadas en tramas de color negro.

Según Carvajal, (2012) la jerarquización está relacionada con la escala de trabajo (de menor a mayor escala) y según el nivel de detalle del estudio. En este sentido considera varios niveles desde lo regional a lo local, conservando siempre el siguiente orden: Geomorfoestructura, la Provincia, Región, Unidad, Subunidad y componente, (ver Figura 16), donde la base regional está fundamentada en la génesis geológica de las geoformas y los ambientes morfogenéticos, y el detalle basado en los ambientes morfogenéticos, expresión morfológica, litología y procesos morfodinámicos.

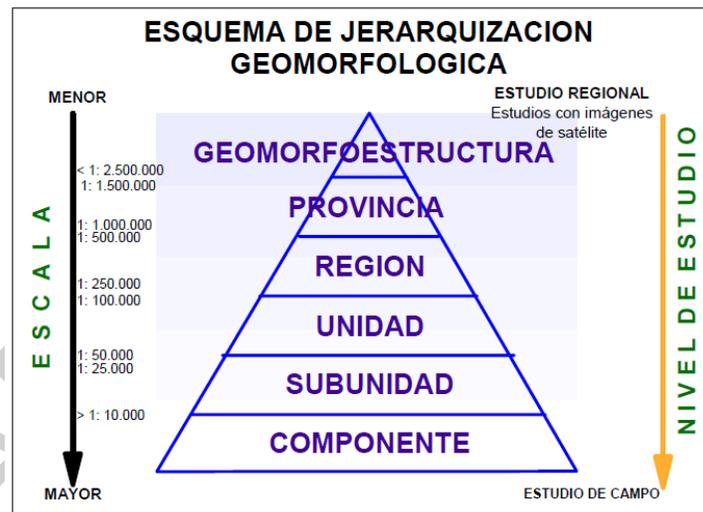


Figura 16. Esquema de jerarquización geomorfológica
Fuente: (CARVAJAL; SGC, 2012).

Dado que la identificación de las formas del relieve se ha basado normalmente en su génesis de formación, la morfología, la morfogénesis y los mecanismos de generación, difícilmente se pueden separar. Las geoformas, deben ser representadas de tal manera, que su origen y desarrollo sean claramente reconocibles. En la Tabla 64, se presenta las características de nomenclatura en las jerarquías geomorfológicas propuestas.

Tabla 64. Visión de la Jerarquización geomorfológica propuesta y aspectos generales de la nomenclatura y la relación entre geoformas en cada división o categoría. (Modificado de Carvajal,



2011).

Geomorfo Estructural	Provincia	Región	Unidades	Subunidades	Componentes
Sistema Orogénico Andino	Cinturón Montañoso del Sinú	Ambiente Denudacional Serranía Denudacional Serranía de Abibe-Las Palomas	Inselbergs Glacis Cerros Residuales	Glacis erosión Deslizamientos Ladera denudada Conos de deslizamientos	Barrancos Escarpes Coronas de deslizamientos
		Ambiente Fluvial Llanura Aluvial	Llanura de Inundación Abanico Fluvial Terrazas Fluviales	Basines Terrazas Fluviales Deltas de Desbordes Deltas Lagunares Barras	Orillares Escarpes Terrazas Albardones Causas
		Ambiente Estructural Serranías Estructurales	Sierras Homoclinales Sierras Anticlinales Espinazos Cuestas	Laderas Estructurales Laderas de Contrapendientes Cornisas Estructurales	Escarpes de Fallas Facetas Triangulares Lagos de Falla Trincheras de Fallas
		Ambiente Marino Llanura Costera del Caribe	Terraza Marina Isla Barrera Espiga Playón	Plataforma de Abrasión Playa Duna Costera P. Intermareal	Acantilado Cresta de Playa Pináculo

Fuente: Elaboración propia.

3.9.6.1 Corroboración de unidades geomorfológicas (trabajo de campo)



El trabajo de campo se llevó a cabo en el período comprendido entre el 29 de noviembre y el 17 de diciembre de 2016, por parte de las Ingenieras Geólogas Sandra Montoya y María Isabel Restrepo, quienes pudieron adelantar parcialmente la verificación de las unidades geomorfológicas interpretadas sobre las imágenes y fotografías aéreas para la obtención del mapa preliminar, debido a problemas de orden público, restricciones de acceso sobre todo en la zona norte del área; como también algunos problemas de logística para llevar a cabo los recorridos por la franja marina litoral y costera; por lo tanto no se pudo realizar la colección de puntos de coordenadas en los recorridos programados y previamente seleccionados (ver informe de programación de los trabajos de campo), para la tomar las fotografías de campo, hacer medición de datos estructurales, coleccionar información para el diligenciamiento de los formatos de campo sobre la morfodinámica y demás datos complementarios que no pudieron ser obtenidos durante la fase de interpretación de las imágenes y fotografías aéreas.

Para la verificación de las unidades geomorfológicas cartografiadas y de acuerdo a las características de la zona de estudio, se planificaron varios recorridos de campo con una dirección E-W, dado que las principales geoformas tienen un tren de orientación N-S. Para la recolección de puntos y caracterización de movimientos en masa se planificaron recorridos de acuerdo a las zonas morfodinámicamente activas o con cicatrices de deslizamientos identificadas previamente por medio de fotointerpretación, aprovechando igualmente los recorridos E-W para la recolección de eventos nuevos. A continuación se describen los recorridos planificados (Figura 17).



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

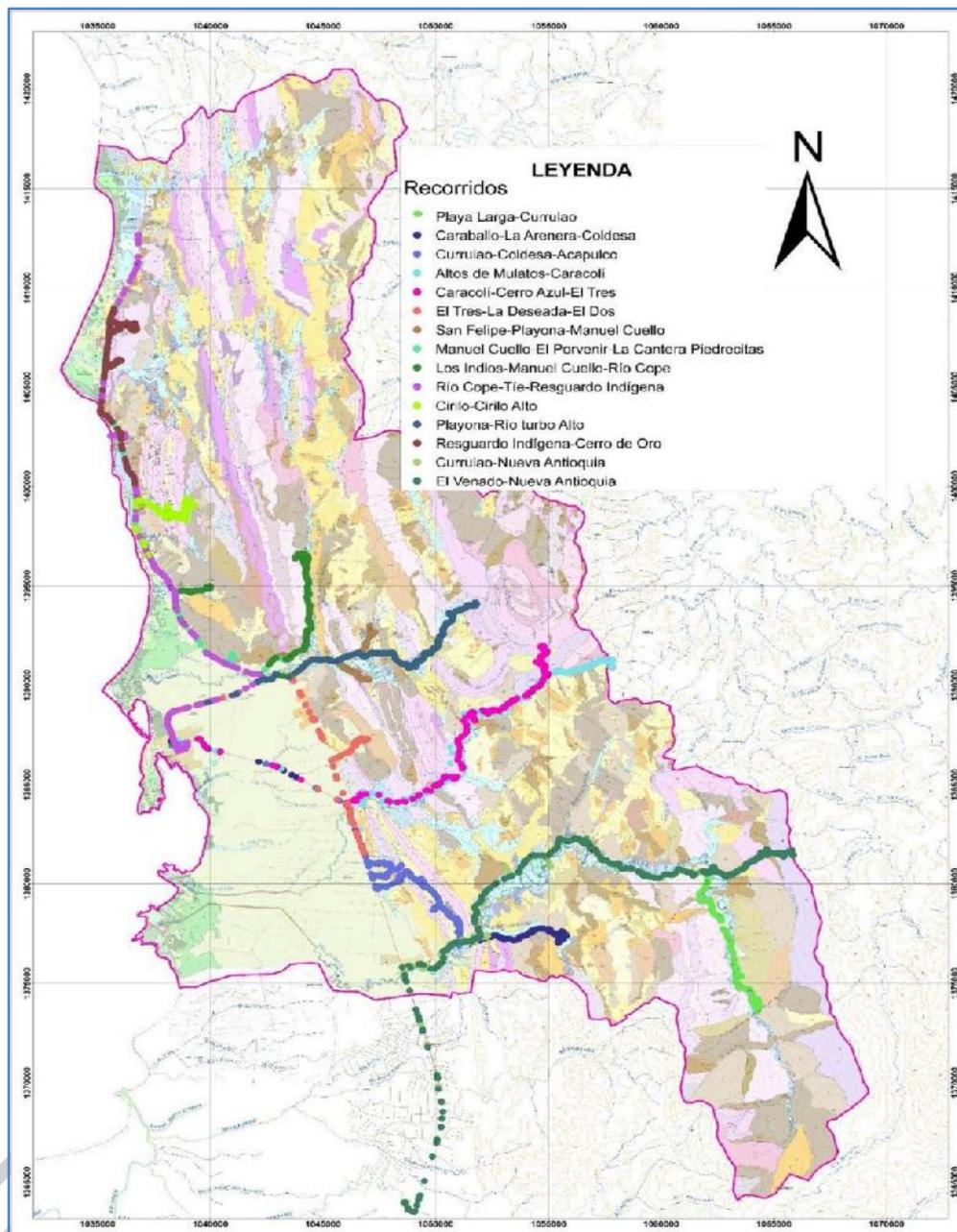


Figura 17. Mapa de recorridos pre-campo
Fuente: Elaboración propia.

La verificación de las unidades geomorfológicas en el campo, fue realizada con el apoyo de los mapas preliminares, elaborados previamente en la oficina, los cuales fueron luego ploteados y entregados a las Ingenieras geólogas para su verificación en el campo.

Durante los recorridos efectuados en el campo, se tomaron las fotografías panorámicas y puntuales, junto con la medición de datos estructurales. Se efectuó la toma de puntos de coordenadas con GPS, en las Estaciones y puntos de control morfodinámicos, para



complementar las descripciones y observaciones realizadas durante los diferentes recorridos efectuados y previamente seleccionados en la oficina.

Una vez verificadas parcialmente las unidades interpretadas y descritas durante los recorridos preseleccionados en el campo, se procedió a efectuar la incorporación de la información colectada y relacionada con las características morfogénicas, morfológicas, morfométricas y morfodinámicas, no incluidas en la fase preliminar de la fotointerpretación, donde se identificaron y se clasificaron las distintas unidades geomorfológicas desarrolladas sobre las principales estructuras geológicas que conforman los sistemas montañosos, los valles intramontanos, sobre el sector más oriental y central de la cuenca, hasta llegar a la zona de transición entre la zona montañosa y el piedemonte, donde se encuentra la extensa planicie aluvial de los principales ríos que drenan el área y se va ampliando gradualmente, hasta confluir con la planicie marina que ocupa el sector más occidental del área de trabajo y bordeando el sector más oriental del Golfo de Urabá.

Es importante destacar que los mapas geomorfológicos preliminares obtenidos en la fase de fotointerpretación, fueron parcialmente verificados y modificados durante los trabajos de campo, debido a una serie de cambios propuestos por las Ingenieras geólogas, quienes tuvieron que afrontar una serie de inconvenientes relacionados con la logística para efectuar los recorridos previamente programados, y las restricciones para el ingreso a las reservas indígenas y en algunos sectores por difíciles condiciones por falta de vías de acceso y en otros sitios por razones de orden público, que impidieron realizar la verificación de las unidades geomorfológicas interpretadas, sobre todo hacia los sectores más norte de la cuenca, cubierta con las planchas 69-IV-A,B,C y D.

La información colectada en campo, fue registrada en la libreta y en los formatos diligenciados durante la fase de campo, la cual fue posteriormente incorporada al mapa geomorfológico final, junto con los datos, que no se habían incluido en la leyenda preliminar. Los formatos de campo utilizados, fueron tomados de los formatos adoptados por el Servicio Geológico Colombiano que fueron a su vez adaptados de los utilizados por el Proyecto Multinacional Andino (PMA, 2007).

Durante el trabajo de campo, se hicieron observaciones en puntos previamente seleccionados en los recorridos programados desde la oficina y fueron nombrados como Estaciones, identificadas con las letras iniciales del profesional de campo seguido de un número consecutivo (SMAR-000) a lo largo de los recorridos efectuados y en sitios seleccionados que presentaban la mejor vista para la toma de las fotografías en el campo y lograr las mejores secciones en el terreno y la toma de datos en los puntos de control de coordenadas, identificados con dos letras y un número consecutivo (PC-000); muchos de éstos puntos fueron tomados en sitios previamente seleccionados sobre las fotografías, con el objetivo de aclarar dudas e inconsistencias del mapa geomorfológico preliminar, en donde se tomaron datos y fotos de campo sobre distintas geoformas representativas de las unidades geomorfológicas interpretadas previamente en la oficina.

Durante los diferentes recorridos realizados, se hicieron observaciones y descripciones puntuales en sitios de observación con la toma de puntos de coordenadas para la localización e identificación de las unidades geomorfológicas y la toma de fotografías panorámicas complementarias para la descripción de las unidades geomorfológicas y sus



principales características, según el tipo de estructura geológica, comportamiento de las capas de roca, según la conformación de la secuencia estratigráficas, la disposición de los planos estructurales y las contrapendientes, que en muchos casos inciden en la ocurrencia de procesos morfodinámicos activos observados y representados.

Se realizaron observaciones y verificaciones de campo en las secciones y sitios previamente seleccionados sobre las imágenes y fotografías Aéreas y que pudieron ser visitados en compañía de los guías de campo y con el apoyo de los mapas geomorfológicos preliminares, previamente elaborados mediante la interpretación de imágenes de radar, satélite y fotografías aéreas pancromáticas y a color disponibles sobre el área de la cuenca del río Turbo-Currulao.

Se efectuaron descripciones de las unidades geomorfológicas en diferentes lugares y en distintas secciones, comprobando las geoformas interpretadas y delineadas en la fase de fotointerpretación, dónde se hicieron descripciones sobre las características morfológicas, morfogenéticos, y los procesos morfodinámicos, que permitieron determinar las zonas más susceptibles de ser afectadas por los procesos de erosión y fenómenos de remoción en masa, y en ésta forma poder conocer las zonas de mayor potencial a la susceptibilidad e inestabilidad del terreno.

3.9.7 Jerarquización geomorfológica

Los procesos geomorfológicos, así como las características morfoestructurales del área, son el resultado de los diferentes procesos tectónicos, sumado a procesos exógenos que terminaron de modelar el relieve en esta zona hacia finales del Holoceno cuando terminó la Orogenia Andina.

El ambiente morfogenético, en el cual se modelaron las geoformas presentes en el área está asociado a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas.

El rango altitudinal presente en el área (0 msnm hasta los 1000 msnm), es un factor determinante en la caracterización morfodinámica, lo que evidencian las distintas geoformas. Con ayuda del DEM, se definieron las UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS para la cuenca (Figura 18).



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

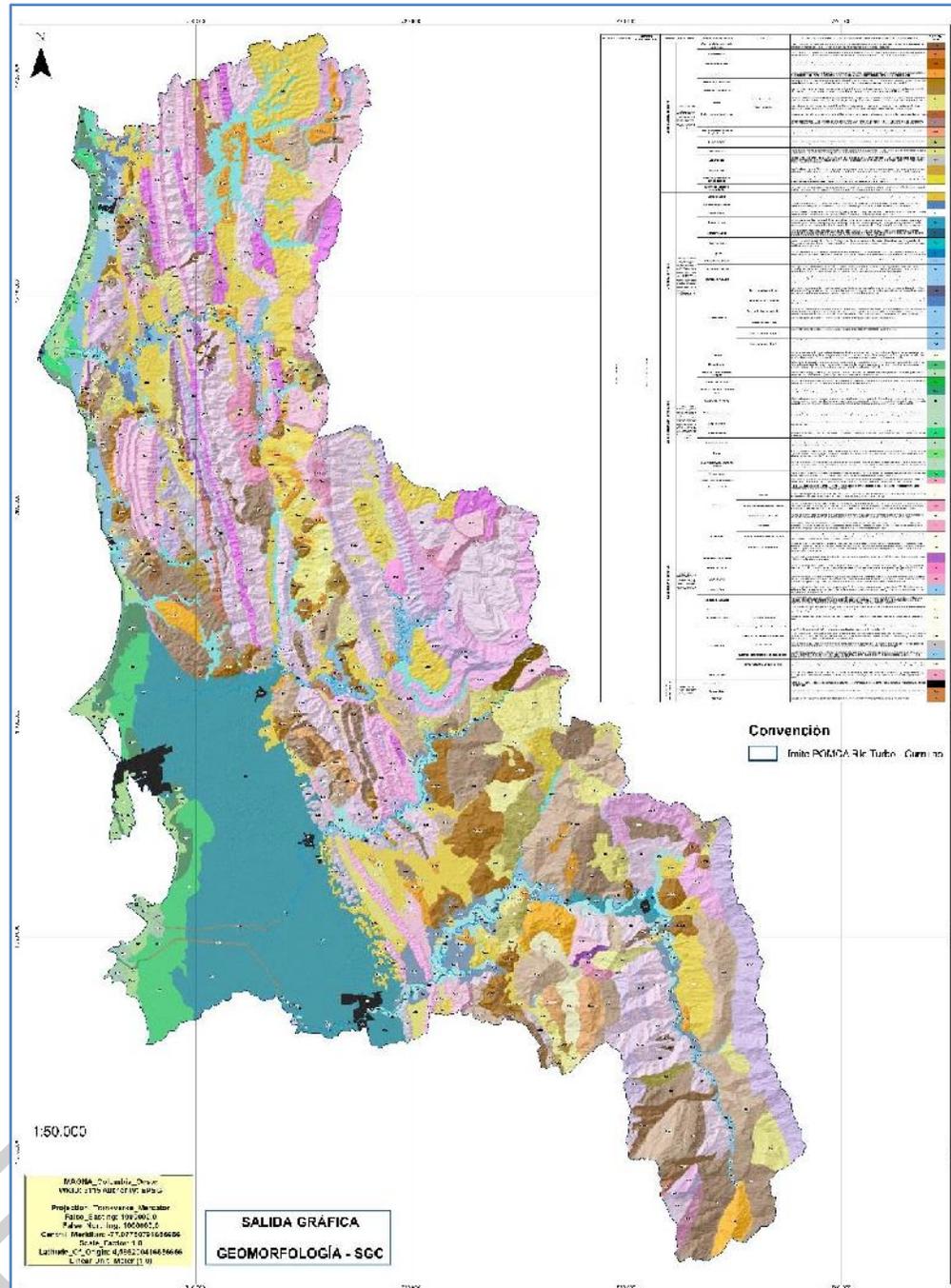


Figura 18. Unidades geomorfológicas identificadas en la Cuenca Río Turbo-Currulao.
Fuente: Elaboración propia.

La **Geomorfoestructura**, se relaciona con la evolución tectónica que ha tenido lugar en la cuenca, es decir los procesos endógenos o internos que dieron origen al macro relieve (Cordilleras, Orógenos o Cuenas), sobre el cual ha actuado y evolucionado las distintas geformas en función de la morfodinámica (modelado externo), es decir los procesos geomorfológicos exógenos



La provincia, tiene que ver con el macro-relieve presente y las características geológicas similares predominantes en el área de la cuenca, en este caso (Cordillera Occidental).

La Región, está relacionada con los ambientes morfogenéticos predominantes, en condiciones climáticas homogénea, sobre materiales litológicos similares, se identificaron los siguientes ambientes morfogenéticos, (Estructural, Denudacional, Fluvial, Marino, Litoral y Costero).

La unidad geomorfológica, representa a cada una de las formas individuales originadas a partir de los distintos procesos geológicos y geomorfológicos específicos que se pueden presentar a escala 1:25.000, (se separaron las distintas unidades por cada ambiente morfogenético).

La subunidad, se definen como la subdivisión menor hecha sobre una unidad geomorfológica delineada, de acuerdo con los contrastes morfológicos y morfométricos asociados con ciertos tipos de materiales geológicos consolidados (las rocas en los Espinazos) y en los depósitos no consolidados como (sedimentos de las terrazas), que fueron separados para la escala 1:25.000. Para su representación y espacialización en el mapa, solo se tuvieron en cuenta, las subunidades geomorfológicas. Interpretadas y asociadas a: Espinazos, Sierras homoclinales, Sierras sinclinales, los glacis y las terrazas; donde se dividieron en subunidades geomorfológicas, tal como se puede ver en la estructura de la leyenda del mapa geomorfológico final y en la respectiva Geodatabase.

El Componente, se refiere al máximo nivel de detalle que se puede hacer de una subunidad geomorfológica para una escala 1:10.000 o mayor. De acuerdo a lo anterior y para los propósitos de la elaboración del mapa geomorfológico a escala 1:25.000, solo se consideró hasta la categoría de subunidad y, por lo tanto, no se identificaron, ni se espacializaron componentes.

3.9.8 Atributos del mapa geomorfológico

La descripción de las unidades geomorfológicas está basada en las características derivadas de la interpretación de los diferentes insumos y los atributos colectados y descritos durante los trabajos de verificación en el campo y, de acuerdo con cada uno de los ambientes geomorfológicos predominantes. Dichos atributos se encuentran consignados en la Geodatabase. Entre los principales atributos contemplados en la descripción de las unidades se incluyeron: La morfología, morfometría, morfogénesis y morfodinámica.

3.9.8.1 Morfología

Se relaciona con los aspectos cualitativos de la unidad geomorfológica, es decir su fisonomía o aspecto que muestra la unidad en cuanto a su forma o aspecto que se ve reflejado en la configuración de su geometría, gradiente topográfico y forma de la pendiente.

3.9.8.2 Morfometría



Tiene que ver con la descripción de los aspectos cuantitativos de la unidad geomorfológica en términos de sus medidas como: longitud, área, tamaño y magnitud de la pendiente. Entre las características del terreno tenidos en cuenta para su descripción se incluyó, el contraste del relieve (conocido como relieve relativo local), que hace referencia a las diferencias de altitud de una geoforma o unidad entre su parte más alta y la más baja de ésta, y es considerada independiente de la altura absoluta sobre el nivel del mar.

Este atributo es muy importante, ya que refleja o indica la energía potencial desarrollada sobre un sistema de drenaje y sus efectos erosivos sobre los materiales constitutivos de las geoformas. En el área de la cuenca del río Turbo-Currulao, la altura máxima del relieve se encuentra sobre la zona montañosa, dónde están expuestas de preferencia las unidades de origen Estructural y Denudacional, desarrolladas sobre rocas sedimentarias plegadas y falladas, cuya altitud está por debajo de los 800 metros; mientras que las unidades de origen fluvial, se encuentran desarrolladas sobre depósitos cuaternarios, no consolidados de origen fluvial, localizados a lo largo de los ríos y ocupando el fondo de los valles intramontanos a diferentes alturas, hasta alcanzar los rangos más bajos a nivel del mar, donde se encuentran las unidades de origen marino litoral y costero, que están formando los deltas, barras litorales y playas, compuestos por depósitos de materiales blandos no consolidados de sedimentos clásticos y bioclásticos.

Otro de los parámetros tenidos en cuenta es la inclinación de la ladera, en la dirección del plano estructural y corresponde al ángulo que forman las superficies del terreno con respecto a un plano horizontal y varía desde plana a suavemente inclinada, muy inclinada y hasta, vertical. Sobre la contrapendiente, la pendiente varía desde escarpada a muy escarpada y hasta alcanzar la vertical; dependiendo del tipo de material que conforma la unidad geomorfológica, que en la zona varía desde materiales rocosos conformados por clásticos finos y blandos, moderadamente blandos, poco resistentes; hasta materiales clásticos de grano grueso con resistencia variable desde moderadamente resistentes a muy resistentes, que a su vez tiene cierta relación con la susceptibilidad a los movimientos en masa.

La longitud de la ladera se consideró también como un parámetro muy importante, ya que da una indicación de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas y determina la mayor o menor superficie de exposición para el desarrollo de los procesos morfodinámicos.

Por otro lado, se consideró la forma de la ladera que refleja indirectamente la resistencia de los materiales frente a los procesos erosivos o la existencia de un control estructural debido a la presencia de estructuras geológicas y esta condición favorece la ocurrencia de movimientos en masa que pueden desarrollarse sobre dichas laderas. Los movimientos en masa de tipo rotacional del tipo golpes de cuchara, se observaron sobre pendientes desde cóncavas hasta convexas.

Los movimientos en masa de tipo traslacional están asociados a pendientes rectilíneas controladas por los planos de estratificación. Los patrones de drenaje desarrollados sobre las diferentes geoformas, fueron tenidos en cuenta en la descripción y el análisis geomorfológico, ya que dan indicación indirecta de la permeabilidad y porosidad de las



rocas y materiales no consolidados; también dan indicación de la dirección de la pendiente y el tipo de estructura predominante en el subsuelo, como también la densidad de fracturamiento o si se presenta un control estructural por causa del fracturamiento o el plegamiento de las rocas sedimentarias expuestas en la región.

3.9.8.3 Morfogénesis

Se refiere al origen de una unidad o al ambiente morfogenético en el cual se ha formado y aplica para las diferentes geoformas desarrolladas sobre el área de estudio, lleva implícita la evolución, ya que fueron el producto de la acción de diferentes procesos de origen endógeno (tectónica y orogénesis) y procesos de origen exógeno (como los agentes hidrometeorológicos), que han actuado sobre las geoformas y han modelado los paisajes, relieves y formas del terreno actuales. Estos paisajes han evolucionado bajo la influencia de diferentes agentes exógenos (como el agua, el viento) y controlados por la influencia de la fuerza de gravedad, estos han actuado como modeladores sobre la superficie del terreno modificando su expresión a lo largo de la escala del tiempo geológico.

3.9.8.4 Morfoestructura y Litología

La Morfoestructura da una indicación sobre los distintos tipos de modelados, según su origen (estructural y denudacional), o según el tipo de litología sobre la cual se desarrollan las unidades geomorfológicas, en este caso se presentan rocas sedimentarias clásticas estratificadas de distinta granulometría, (Figura 19 y Figura 20), las cuales dependiendo de su composición dan diferente expresión a las geoformas resultantes después de la ocurrencia de procesos endógenos producto de las deformaciones tectónicas (antiguas inactivas o pasivas) y la acción de los distintos procesos exógenos producto de la interacción de agentes hidrometeorológicos (recientes activos y actuales). La influencia de la Morfoestructura y la litología en el área del proyecto se ve reflejada sobre todo en el desarrollo de las unidades de origen estructural y denudacional, que han sido modeladas sobre las grandes estructuras geológicas regionales de tipo anticlinal y sinclinal, afectadas por fallas regionales y locales, sobre las cuales se han desarrollado las unidades y subunidades geomorfológicas expuestas sobre la cuenca del río Turbo-Currulao. La configuración de cada una de las unidades es variable y está dependiendo mucho del tipo y disposición de las diferentes secuencias de rocas sedimentarias que conforman los trenes estructurales en dirección norte-sur espacio y tiempo de las geoformas; y están directamente relacionados con el origen de las rocas y los depósitos superficiales; como también con los procesos endógenos y exógenos que han actuado sobre la superficie durante las etapas de evolución de las geoformas que actualmente se encuentran en la región.



Figura 19. Estratificación de rocas sedimentarias clásticas de grano fino, Estación SMAR_068
Fuente: Elaboración propia.



Figura 20. Rocas sedimentarias clásticas de grano grueso tipo areniscas, PC-016-punto GPS-572. Coordenadas 1.388.169,004N, 716.048,482E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.8.5 Morfodinámica

Está relacionada con los diversos procesos geomorfológicos activos que han actuado sobre la superficie de las geoformas desde su origen, hasta los tiempos actuales e indirectamente inciden sobre la superficie desde el interior de la Tierra como la tectónica (fuerzas internas,) y los eventos generados por la interacción de los procesos exógenos relacionados con agentes de la hidrosfera y la atmósfera, que han actuado por largos períodos de tiempo sobre la superficie terrestre.

La morfodinámica en este caso particular, está enfocada a la identificación y localización de los movimientos en masa que se encuentran sobre el área de la jurisdicción de la cuenca del río Turbo-Currulao.

Este parámetro tiene relación con los distintos procesos geodinámicas causados por agentes exógenos que han actuado sobre la superficie de la tierra, responsables de los procesos denudativos pasados y actuales, entre los cuales se encuentran: la escorrentía



superficial del agua de lluvia, las aguas corrientes de los ríos y quebradas, la acción de las olas, corrientes marinas costeras y el efecto de las mareas y el viento.

La acción y efecto de estos procesos exógenos están claramente evidenciados y representados en los procesos de meteorización de las rocas, los procesos de remoción en masa, la formación y erosión de los suelos, junto con el transporte y acumulación de los materiales transportados por el agua de los ríos al océano formando los deltas, las espigas y las playas.

A los factores de cambio y modificación de los paisajes y las geoformas, también se incluye la acción de los animales y la actividad del hombre que ha transformado y modificado las condiciones naturales del medio. Estos agentes son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que han afectado a las distintas geoformas expuestas en la superficie terrestre, ya sea degradándolas o bien construyendo y modificando nuevas geoformas en la cuenca.

Entre los principales procesos se incluye la erosión, en sus diferentes modalidades como la erosión pluvial, que se inicia con el efecto de las gotas de lluvia que poco a poco van disgregando el material, dejándolo expuesto para ser transportado por la escorrentía superficial que genera inicialmente un escurrimiento difuso y luego una erosión laminar sobre la superficie del suelo. En etapas posteriores la escorrentía superficial se va acentuando, dando origen a la formación de surcos y cárcavas; y en estados más avanzados de los procesos de erosión se presenta la erosión regresiva o remontante, que finalmente y debido al uso del suelo, genera los movimientos de remoción en masa (ver Figura 21).

La morfodinámica, permitió identificar los procesos de erosión y movimientos en masa, que han ocurrido en el área de estudio, utilizando criterios indirectos sobre la estabilidad o inestabilidad del terreno con fines de la zonificación. En el proceso de identificación y caracterización de los movimientos en masa en la cuenca del río Turbo-Currulao, se utilizaron Fotografías Aéreas pancromáticas y Ortofotos a color de alta resolución de la cámara digital para la identificación e interpretación de los movimientos en masa y posteriormente, se verificaron en campo, usando los formatos de campo del SGC y del proyecto Multinacional Andino PMA-GMA, 2007, con los cuales se efectuaron descripciones y se tomaron datos del inventario de los movimientos en masa, los que en su gran mayoría corresponden a movimientos activos del tipo golpe de cuchara (Figura 21 y Figura 22).



Figura 21. Deslizamiento de tipo rotacional en la cuenca alta del río Guadualito Estación SMAR-052, PI-79IIB. Coordenadas 1.392.066,325N, 727.089,566E.
Fuente: Elaboración propia.

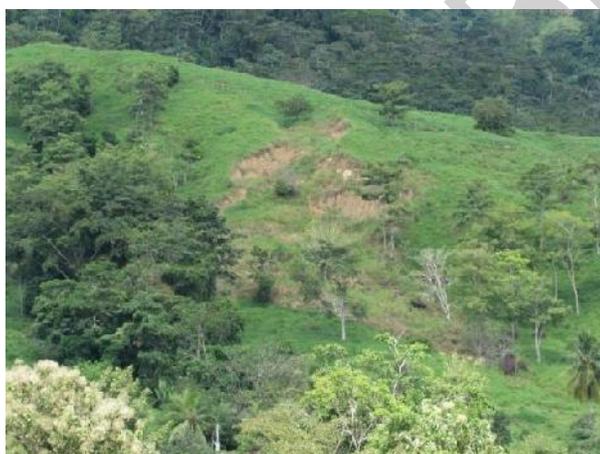


Figura 22. Deslizamiento activo en la modalidad "Golpe de cuchara", localizado en la Estación SMAR_073; PI-79IIB. Coordenadas 1.393.878,724N, 716.360,691E.
Fuente: Elaboración propia.

Mediante interpretación la interpretación de imágenes satelitales, se especializo los sitios con eventos de movimientos en masa, apoyados con los registros consignados en la base de datos y el modelo de elevación (Figura 23).

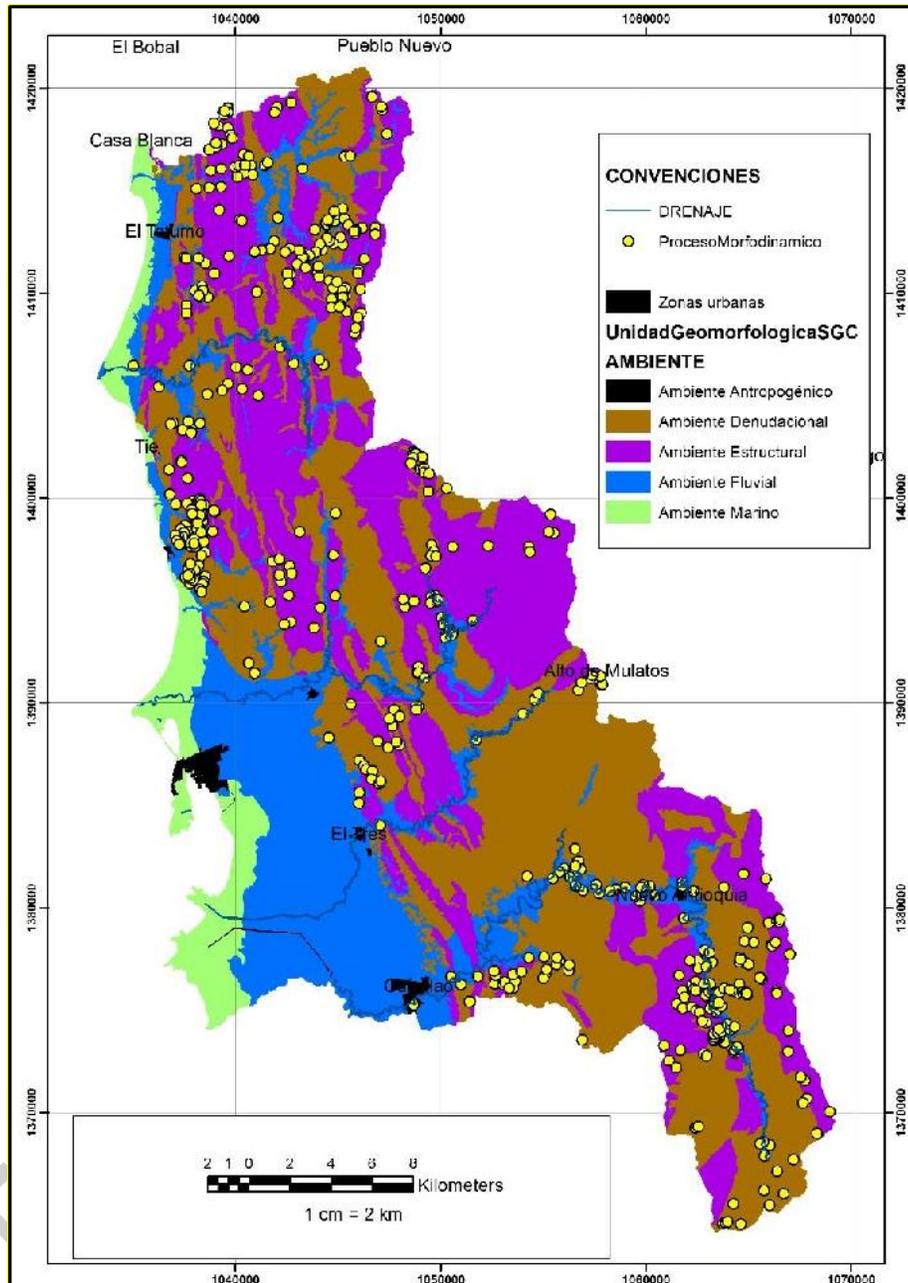


Figura 23. Espacialización de los procesos morfodinámicos interpretados en la Cuenca Río Turbo-Currulao utilizando imágenes de satélite y fotografías aéreas.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.8.5.1 Caracterización de los procesos morfodinámicos

La metodología aplicada en un levantamiento geomorfológico, para este caso, está orientada a la zonificación de movimientos en masa e inundaciones.

La caracterización morfodinámica permite identificar y definir la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa), que han ocurrido en un área



determinada y permiten dilucidar el futuro, particularmente en términos de estabilidad de un terreno.

La valoración del relieve a través de atributos cuantificables permite caracterizar un ambiente geomorfológico y agruparlo en sus similitudes, disminuyendo la subjetividad en las conclusiones derivadas de dichos atributos. A continuación se presentan los parámetros cualitativos y cuantitativos más importantes que se utilizaron para la diferenciación (incluyendo la descripción y los rangos de medidas asociadas) de las geoformas durante el trabajo de campo, tales como contraste de relieve o relieve relativo (Tabla 65), inclinación, longitud y forma de la ladera (Tabla 66, Tabla 67 y Tabla 68), patrón de drenaje (Figura 24) y forma de crestas y valles (Tabla 69).

Tabla 65. Rangos de altura o relieve relativo (SGC, 2012).

Rangos	Descripción del relieve	Resistencia relativa del material
<50m	Muy bajo	Materiales muy blandos y erosionables
50 - 250m	Bajo	Blando erosionable
250 - 500m	Moderado	Moderadamente blando y erosión alta
500 - 1000m	Alto	Resistente y erosión moderada
1000 - 2500m	Muy alto	Resistente y erosión baja
>2500m	Extremadamente alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja

Tabla 66. Rangos de inclinación de la ladera (SGC, 2012).

Inclinación (°)	Descripción	Características del material y comportamiento
< 5	Plana a suavemente inclinada	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (MM)
6 - 10	Inclinada	Blanda y baja susceptibilidad a MM
11 - 15	Muy inclinada	Moderadamente blanda y moderada susceptibilidad a MM
16 - 20	Abrupta	Moderadamente resistente y moderada susceptibilidad a MM.
21 - 30	Muy abrupta	Resistente y alta susceptibilidad a MM
31 - 45	Escarpada	Muy resistente y alta susceptibilidad a MM
> 45	Muy escarpada	Extremadamente resistente, baja susceptibilidad a MM.

Tabla 67. Rango de longitud de la ladera (SGC, 2012).

Longitud (m)	Descripción
< 50	Muy corta
50 - 250	Corta
250 - 500	Moderadamente larga
500 - 1000	Larga



Longitud (m)	Descripción
1000 - 2500	Muy larga
> 2500	Extremadamente larga

Tabla 68. Forma de la ladera (SGC, 2012).

Clase	Características del material	Movimientos en masa asociados
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Deslizamientos traslacionales.
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciada.	Deslizamientos rotacionales.
Convexa	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal.	Predomina meteorización y erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales.
Irregular o escalonada	Materiales con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de bloques. Erosión diferencial.
Compleja	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida.	Deslizamientos complejos.

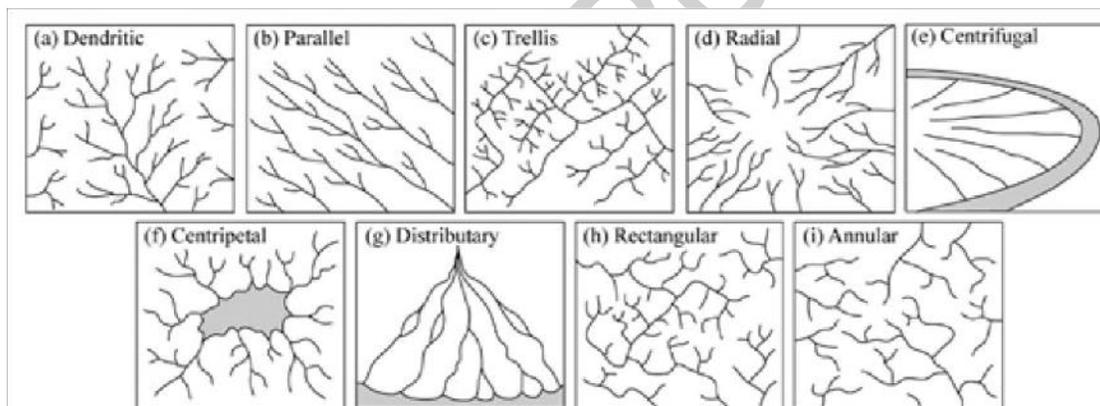


Figura 24. Patrón de drenaje controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructuras de la roca subyacente, densidad de vegetación y condiciones climáticas. Fuente: Huggett (2007).

Tabla 69. Forma de crestas y valles (SGC, 2012).

Forma de cresta	Forma de valle
Aguda	Artesa
Redondeada	Forma de V
Convexa amplia	Forma de U
Convexa plana	
Plana	



Forma de cresta	Forma de valle
Plana disectada	

3.9.8.5.2 Caracterización de movimientos en masa

El inventario de movimientos en masa se generó a partir del levantamiento en campo. Para el proceso de caracterización de los movimientos en masa en la zona de estudio, se empleó la clasificación de los movimientos en masa del Proyecto Multinacional Andino – Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA, 2007), en la cual se propone la utilización de un formato para la captura de datos, con el fin de alimentar el inventario de movimientos en masa en cualquier estudio de zonificación y amenaza. Este formato fue adaptado por el SGC (2012) y ha sido modificado para su utilización en el desarrollo del POMCA RÍO TURBO-CURRULAO (escala 1:25.000).

El formato incluye trece grandes temas de información sobre los movimientos en masa, que a su vez agrupan aspectos particulares de cada uno de ellos, como localización, litología, actividad del movimiento, morfometría, daños relacionados, etc. En el Anexo A se presenta una guía para el diligenciamiento del formato y un glosario de términos allí consignados.

Los movimientos en masa fueron caracterizados mediante el diligenciamiento del formato descrito en el numeral 2.2., cada formato está asociado a una estación en la libreta de campo y son identificados en su parte superior de la siguiente manera Figura 25:

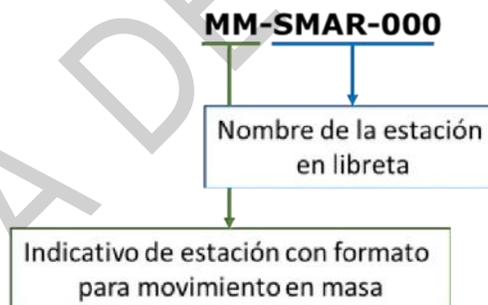


Figura 25. Identificación de la estación de campo.
Fuente: Elaboración propia.

Durante la campaña de campo se diligenciaron 43 formatos de movimientos en masa cartografiables a la escala de trabajo. Se observaron en su mayoría deslizamientos rotacionales, y algunas caídas de rocas, caídas de detritos, flujos de lodo y flujos de tierra (Figura 27 y Tabla 70). Muchas de las laderas de algunas geoformas, particularmente hacia la parte alta de la cuenca del río Currulao, se encuentran afectadas por múltiples deslizamiento al estilo golpes de cuchara y terraceo por efecto “pata de vaca”, la mayoría identificados durante la fotointerpretación. Estos procesos morfodinámicos han sido registrados solo en libreta, puesto que no presentan las dimensiones necesarias para ser cartografiados en formato individualmente, pero que en conjunto generan condiciones de inestabilidad en las laderas.



Los formatos diligenciados se entregan en formato físico y digital (Anexo D). Adicionalmente, cada formato lleva asociado un registro fotográfico que también fue entregado en formato digital (Anexo E), organizado por código de formato asociado a estación Figura 26.

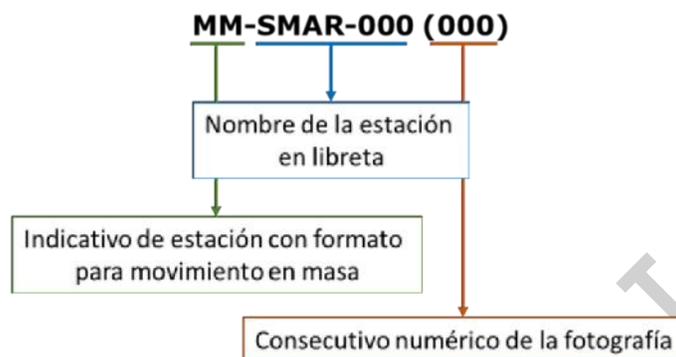


Figura 26. Código de formato asociado a estación
Fuente : Elaboración propia.



FASE DE DIAGNÓSTICO
 PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

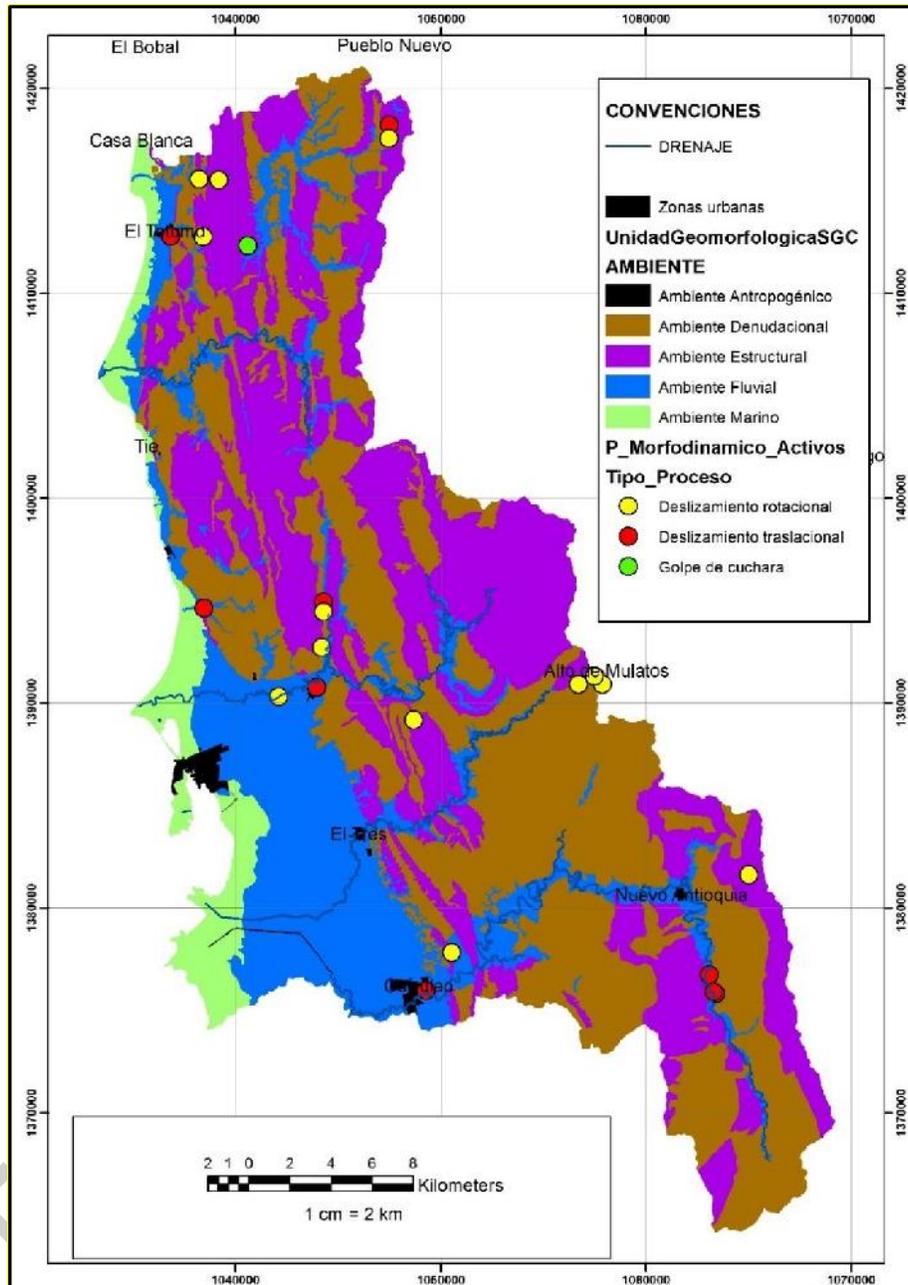


Figura 27. Procesos morfodinámicos inventariados en la salida de campo.
 Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70. Inventario de procesos morfodinámicos activos en la Cuenca Río Turbo-Currulao.

No.	ID_PROC_PT	NOMBRE	COOR ESTE	COOR NORTE	ACTIVIDAD	ALTURA (m) snmm	MCPIO
1	EG-09A	Deslizamiento traslacional	732598	1376563	Activo	224	APARTADÓ



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

No.	ID_PROC_PT	NOMBRE	COOR ESTE	COOR NORTE	ACTIVIDAD	ALTURA (m) snmm	MCPIO
2	EG-09B	Deslizamiento traslacional	732497	1376659	Activo	208	APARTADÓ
3	EG-09C	Deslizamiento traslacional	732276	1377484	Activo	199	APARTADÓ
4	EG-05	Deslizamiento rotacional	719725	1378664	Activo	53	TURBO
5	CURRUL	Deslizamiento traslacional	718460	1376817	Activo	43	TURBO
6	EG-07	Deslizamiento rotacional	734247	1382350	Activo	455	TURBO
7	ELDOS	Deslizamiento traslacional	713236	1391680	Activo	33	TURBO
8	EG-21	Deslizamiento traslacional	713605	1395835	Activo	40	TURBO
9	EG-21A	Deslizamiento rotacional	713601	1395357	Activo	44	TURBO
10	EG-20	Deslizamiento rotacional	713504	1393611	Activo	64	TURBO
11	EG-40	Deslizamiento traslacional	707763	1395573	Activo	23	TURBO
12	EG-33	Deslizamiento rotacional	708650	1416498	Activo	33	NECOCLÍ
13	EG-34	Deslizamiento rotacional	707683	1416532	Activo	35	NECOCLÍ
14	TOTUM	Deslizamiento traslacional	706278	1413743	Suspendido	18	NECOCLÍ
15	EG-36	Deslizamiento traslacional	716977	1419114	Activo	156	NECOCLÍ
16	EG-38A	Deslizamiento rotacional	716955	1418460	Activo	78	NECOCLÍ
17	33217	Deslizamiento rotacional	717953	1390037	Latente	61	TURBO
18	33252	Deslizamiento rotacional	726005	1391732	Activo	269	TURBO
19	33253	Deslizamiento rotacional	727175	1391719	Suspendido	384	TURBO
20	EG-12	Deslizamiento rotacional	726782	1392111	Activo	353	
21	EG-29	Golpe de cuchara	710041	1413277	Activo	114	
22	EG-31A	Deslizamiento rotacional	707866	1413729	Activo	0	
23	EG-39	Deslizamiento rotacional	711380	1391231	Activo	23	

Fuente: Elaboración propia.



3.9.9 Elaboración final del mapa geomorfológico e informe

En ésta última fase del proceso y previo los ajustes posteriores al trabajo de campo, se procedió a la elaboración del mapa geomorfológico final, revisando la respectiva Geodatabase y las tablas de la leyenda, para cumplir así con la revisión realizada por el profesional Geomático. Una vez revisadas las tablas y una vez concebida la elaboración jerárquica de la leyenda, se asignaron los colores respectivos y se editaron los diferentes símbolos del mapa geomorfológico final.

Una vez finalizada la edición final del mapa, se procedió a la elaboración de la memoria técnica que acompaña al mapa geomorfológico. Dicha memoria contiene la información sobre la identificación, descripción y caracterización de las unidades geomorfológicas interpretadas y delineadas de acuerdo con la clasificación y según los ambientes morfogenéticos existentes y representados en los mapas.

3.9.10 Sistemas de terreno en el area de estudio

Los sistemas predominantes de terreno en el área de estudio, se desarrollan sobre potentes secuencias de rocas sedimentarias y los extensos depósitos de sedimentos cuaternarios que en su conjunto conforman la geología del área de la cuenca del río Turbo-Currulao, cubierta por las planchas geológicas identificadas con los números 69, 79 y 80, a escala 1:100.000 y elaboradas por (IGAC & INGEOMINAS, 2006) Las dos primeras planchas (69 y 79) cubren la mayor parte de las áreas que representan los sistemas de llanura costera, la planicie aluvial de Piedemonte y una buena porción de la zona de transición hacia el sistema montañoso en su parte más occidental del área de la cuenca y la tercera plancha (80), cubre el área restante que conforma el sistema montañoso, el cual se encuentra surcado por el actual valle y planicie aluvial que ocupa la zona suroriental del área, donde se encuentra expuesta la mayor parte de la cuenca alta del río Currulao.

Los sistemas geomorfológicos regionales interpretados en jurisdicción de la Cuenca del río Turbo-Currulao, incluye los siguientes Sistemas: 1) El Sistema Montañoso se encuentra desarrollado sobre rocas sedimentarias conformadas por las unidades de las formaciones: Pavo Inferior (arenitas líticas intercaladas con lutitas), Pavo superior (lutitas con yeso e intercalaciones de areniscas fosilíferas), Arenas Monas (conglomerados arenosos intercalados con lutitas). 2) El sistema de Piedemonte desarrollado sobre los espesos y extensos depósitos de sedimentos Cuaternarios no consolidados de origen fluvial y coluvial que cubren en forma discordante a las rocas sedimentarias expuestas en el área de estudio. 3) El sistema de los valles aluviales intramontanos estrechos, asociados a los principales ríos que drenan el área de cuenca se conectan con los diferentes niveles de terrazas y los abanicos-terrazza coalescentes que forman parte del sistema de la planicie aluvial de piedemonte 4) La planicie aluvial de piedemonte, se conecta a su vez con las zonas alta y media de las cuencas de los ríos: Turbo, Guadualito y Currulao, y hasta su prolongación hacia las partes bajas de la cuenca, en la zona de transición con la llanura marina litoral y costera en la desembocadura de los principales ríos que drenan en el Golfo de Urabá. Los diferentes sistemas de terreno contienen a las principales unidades y subunidades geomorfológicas cartografiadas a escala 1:25.000 de acuerdo con los ambientes morfogenéticos predominantes identificados según la metodología empleada (CARVAJAL; SGC, 2012).



3.9.10.1 Sistema de terreno montañoso

El sistema montañoso ocupa la mayor parte del área de estudio y se encuentra ubicado sobre las estribaciones más norte de la Serranía de Abibe, y forma parte del área conocida como Cinturón del Sinú, caracterizado por su extensión y por estar desarrollado sobre una secuencia de rocas sedimentarias clásticas de grano fino y grano grueso plegadas y falladas entre dos grandes unidades de relieve afectadas por diversos procesos morfodinámicos, que sumados a factores como el clima y la actividad antrópica, son los responsables de la configuración actual del territorio, ver Figura 28.



Figura 28. Sistema montañoso en la cuenca alta del río Guadualito, vista desde la Estación SMAR-100_PI_79IIB. Coordenadas 1.392.079,554N, 717.643,922E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.10.2 Sistema de terreno de valles intramontanos

Corresponde a los valles aluviales intramontanos estrechos del sector norte, asociados a los ríos: Caimán Nuevo y Caimán Viejo y un poco más amplios y de fondo plano como: los ríos Turbo, Guadualito y Currulao (Figura 29). Los dos primeros se encuentran localizados sobre el extremo norte de la cuenca. Hacia la parte media y sur del área de la cuenca, se encuentran los valles desarrollados por los ríos Guadualito, Turbo y Currulao, controlados por las estructuras geológicas mayores expuestas desde la parte alta y, hasta el sector del piedemonte. Ocupando la parte norte del área se encuentran los valles estrechos y encajonados de los ríos Caimán Nuevo y Caimán Viejo.



Figura 29. Valle amplio y de fondo plano del río Currulao en la cuenca alta, visto desde la Estación SMAR-015; PC-494, PI-80IIIA. Coordenadas 1.382.231,743N, 734.450,289E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.10.3 Sistema de terreno sobre la planicie aluvial de piedemonte

Está integrado por terrenos bajos y planos desarrollados sobre extensas áreas ocupadas por los denominados “abanicos-terracea” que actualmente forman parte integral de la planicie aluvial de piedemonte, está compuesta por las áreas cubiertas por los distintos niveles de terrazas asociadas a las partes medias y altas de la cuenca de los ríos Currulao, Guadualito y Turbo que drenan sobre extensos terrenos que actualmente están siendo utilizados por los cultivos industriales de banano (Figura 30).



Figura 30. Planicie aluvial del piedemonte del río Turbo, Punto de control PC-021-GPS-589. Coordenadas 1.392.360,013N, 712.391,933E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.10.4 Sistema de planicie marina, litoral y costera

Este sistema está conformado por una franja estrecha de terreno bajo y plano de forma alargada, adyacente y paralela a la línea de costa actual. Las geoformas en este sistema están representadas por los diferentes deltas asociados a las desembocaduras de los principales ríos como: Currulao, Guadualito, Turbo, Caimán Nuevo y Caimán Viejo a los



cuales se asocian las franjas estrechas de playas, barras litorales, espigas, terrazas, cordones litorales antiguos y actuales, lagunas y deltas limitados por canales intermareales, pantanos con vegetación halófila, representados por la presencia de bosques de mangle y las playas actuales (Figura 31).



Figura 31. Ambiente marino y litoral costero en la Estación SMAR-82, PC-027_613 PI-69IVC. Localidad de El Tié Coordenadas 1.403.520,160N, 704.954,480E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.11 Definición y descripción de los ambientes morfogenéticos

El ambiente morfogenético, se define como el conjunto de condiciones físicas y medioambientales que han dado origen o han incidido en el desarrollo y evolución de una geoforma en particular, debido a la acción directa de eventos y procesos de origen endógeno y exógeno o en algunos casos bajo la acción directa o indirecta de algunas de las actividades modificadoras del hombre.

En el área de la cuenca bajo estudio, se han identificado diferentes ambientes morfogenéticos dentro de los cuales se destacan por su mayor importancia y amplitud en su distribución los de origen: Estructural, Denudacional, Fluvial, marino-litoral y costero y los de origen Antrópico. Los ambientes morfogenéticos también están indirectamente influenciados por otros factores naturales como: La situación geográfica, el tipo de relieve, características geológicas, geomorfológicas, el clima, tipo de cobertura vegetal y clases de suelos predominante en la región dónde se encuentra situada la cuenca del río Turbo-Currulao en la subregión del Urabá, Antioqueño.

3.9.11.1 Ambiente estructural

El Ambiente estructural está representado en la cuenca del río Turbo-Currulao por las áreas que presentan el mayor relieve de tipo montañoso y con pendientes que varían desde escarpadas a onduladas, caracterizadas por la presencia de unidades geomorfológicas con relieves prominentes y destacados por la presencia de estructuras plegadas de tipo sinclinal como el de Tulipa y anticlinales estrechos y apretados, afectadas por fallas regionales que han desarrollado una serie de bloques tectónicos de diferente altura, limitados por fallas regionales y locales; los que han originado grandes geoformas sobre potentes secuencias sedimentarias formando diversas unidades



geomorfológicas como: Sierras homoclinales, espinazos, depresiones sinclinales, abombamientos anticlinales, cuestras, laderas estructurales con diferentes características y contrapendientes producto de la deformación y ruptura de las rocas por acción de eventos geológicos de origen endógeno como la tectónica y los movimientos orogénicos que han dado origen a las diferentes unidades geomorfológicas desarrolladas sobre el flanco occidental de la cordillera Occidental, dónde se encuentran las principales estructuras geológicas falladas y plegadas formando anticlinales y sinclinales como el de Tulipa, (Figura 32) en la parte Este de la cuenca del río Turbo-Currulao.

La mayor parte de las unidades geomorfológicas de origen Estructural, se encuentran desarrolladas sobre potentes secuencias de rocas sedimentarias deformadas por la acción de esfuerzos tectónicos compresivos, desarrollando pliegues sinclinales amplios y fallados como el de Tulipa y desarrollo de pliegues anticlinales estrechos y apretados formando abombamientos sobre las rocas de edad Terciaria expuestas y que conforman las principales estructuras expuestas en las partes altas de las áreas montañosas sobre la Serranía de Abibe y su prolongación hacia las partes bajas del sector del piedemonte, dónde estas unidades desaparecen por debajo de los espesos y extensos depósitos de sedimentos que ocupan los valles de los principales ríos y su prolongación sobre las amplias planicies aluviales de piedemonte.



Figura 32. Ambiente estructural representado por el sinclinal de Tulipa, visto desde la Estación SMAR-061-557; PI-79IIB. Coordenadas 1.392.800,545N, 724.068,019E.

Fuente: Elaboración propia.

Las unidades de origen estructural están representadas en los mapas por franjas desde muy estrechas y alargadas hasta amplias y cortas, siguiendo los trenes estructurales con una dirección preferencial Norte-Sur. Los colores asignados a las unidades de origen estructural se encuentran representados en los mapas con colores en la gama de los morados, desde claros a oscuros.

En la descripción y caracterización de las unidades geomorfológicas, se tuvo en cuenta la expresión morfológica de las diferentes geoformas reflejadas en su fisonomía, como las crestas prominentes con superficies inclinadas y escarpes abruptos sobre todo en los espinazos, en las cuestras, y en los homoclinales desarrollados sobre las zonas montañosas. Las laderas presentan distintas formas que varían desde crestas agudas, redondeadas, convexas, planas y disectadas.



El desarrollo de los valles varía, desde muy estrechos y encajonados en forma de V, sobre las partes altas, hasta valles amplios y extensos con fondo plano que ocupan las zonas bajas y planas asociadas a los principales sistemas de drenaje de la región.

3.9.11.2 Ambiente denudacional

Está representado por las unidades geomorfológicas desarrolladas sobre potentes secuencias de rocas sedimentarias plegadas, falladas, pero que han sido bastante rebajadas por los procesos intensos de meteorización y erosión, presentados en la fase posterior a la ocurrencia de eventos y procesos de origen tectónico y orogénico que posteriormente fueron modelados por la acción de agentes exógenos de origen hidrometeorológicos como: el agua, el viento y controlados bajo la influencia de la fuerza de la gravedad han generado procesos de erosión y remoción en masa (Figura 33).



Figura 33. Área afectada por procesos denudacionales como la meteorización, erosión y movimientos de remoción en masa, fotografía tomada en la Estación SMAR-073; GPS-586, PI-79IIB. Coordenadas 1.393.872,110N, 716.375,243E.
Fuente: Elaboración propia.

Entre los factores más influyentes en los procesos geomorfológicos exógenos responsables de la formación y desarrollo de las unidades geomorfológicas de origen denudacional, están los relacionados con los efectos del clima: temperatura, precipitación, la latitud, altitud y relieve (topografía). La influencia del clima sobre los procesos geomorfológicos puede ser directa e indirecta; algunos influyen directamente sobre los procesos de meteorización de los materiales que constituyen una geoforma e indirectamente sobre las clases de suelos y los tipos de vegetación.

El relieve y la topografía influyen en el comportamiento del clima de un lugar determinado y son dependientes tanto de la pendiente y dirección de la vertiente con respecto a la dirección de la radiación solar como por la situación del lugar con respecto a la zona montañosa y por la ubicación y su orientación de estas áreas montañosas o su cercanía con respecto a la ubicación de las zonas marinas, litorales y costeras.

Las variaciones climáticas también influyen de una manera significativa y en el grado de evolución e intensidad de los procesos geomorfológicos, el desarrollo y modelado de las



distintas geoformas, los procesos erosivos, la dinámica de los procesos de remoción en masa. En la cuenca del río Turbo-Currulao los procesos de degradación por erosión y movimientos en masa, se presenta en las zonas donde las condiciones climáticas favorecen los procesos de meteorización química, que son favorecidos a su vez por las condiciones y disposición de los materiales litológicos y los depósitos superficiales, lo mismo que las condiciones de porosidad y permeabilidad de los suelos y la intensidad de las lluvias para saturarlos.

La mayor parte de las unidades geomorfológicas de origen Denudacional, también se encuentran desarrolladas sobre las áreas montañosas de la Serranía de Abibe y parcialmente en las zonas de transición entre el Sistema Montañoso y el Sistema de Piedemonte, donde se encuentran subunidades geomorfológicas de menor relieve como los montículos y ondulaciones denudacionales y unidades de poca extensión formando relictos o remanentes sobre rocas alteradas por meteorización y afectadas por erosión. También se encuentran unidades de relieve plano como los glaciares de acumulación que contrastan muy bien con las unidades adyacentes. Las unidades de origen denudacional están representadas en los mapas con colores desde amarillo hasta la gama de los cafés claros y oscuros.

3.9.11.3 Ambiente fluvial de valle y piedemonte

El ambiente fluvial está representado por las unidades desarrolladas a todo lo largo y ancho de los fondos planos de los valles labrados por los principales ríos y sobre gran parte de la planicie aluvial del piedemonte, caracterizada por la presencia de diferentes niveles de terrazas que fueron originadas y desarrolladas por la acción de eventos y procesos relacionados con la dinámica fluvial torrencial, gobernada y controlada bajo la influencia de la fuerza de la gravedad y que actualmente, están asociados a los principales ríos y quebradas que conforman el principal sistema de drenaje de la cuenca, desde la cuenca alta y media, hasta su desembocadura en el océano en el golfo de Urabá.

Las unidades de origen fluvial, están representadas por los diferentes niveles de terrazas que se encuentran ubicados sobre ambos lados del lecho activo de los ríos en las cuencas altas y medias y en otros casos han sido desarrollados en el fondo de los valles intramontanos estrechos labrados por los principales ríos como: el Currulao, Guadualito, Turbo, Caimán nuevo y Caimán Viejo y sobre los extensos abanicos-terrazza (Figura 34), localizados sobre la franja comprendida entre la planicie aluvial de piedemonte y hasta llegar al límite con la zona de transición con la franja ocupada por la llanura o planicie marina litoral costera. Las unidades geomorfológicas pertenecientes al ambiente fluvial están representadas en los mapas con los colores en la gama de los azules.



Figura 34. Ambiente fluvial de Piedemonte del río Turbo, visto en el PC-021; GPS-589, PI-79IIA. Coordenadas 1.392.356,674N, 712.401,468E. Fuente: Elaboración propia.

3.9.11.4 Ambiente marino, litoral y costero

Está representado en el área de estudio por las unidades geomorfológicas que han sido originadas y desarrolladas por la acción directa o indirecta de la dinámica del mar, mediante el movimiento de las corrientes marinas, las mareas, el oleaje generado por los vientos alisios y la refracción del oleaje que genera la deriva litoral por una corriente paralela a la costa. La fuerte dinámica del mar y su efecto sobre la zona costera y continental, se manifiesta por la configuración irregular y sinuosa de la actual línea de costa, que está siendo modificada por fuertes procesos de erosión y a su vez está siendo modelada y modificada por la descarga de grandes volúmenes de sedimentos provenientes de los principales ríos que drenan desde la zona montañosa y previo el cruce por las partes planas hacia la zona límite entre el ambiente marino y continental, donde se encuentra la zona de transición o la interface entre la franja del ambiente de agua salada del mar y el ambiente de agua dulce del continente, donde se desarrolla un ambiente salobre y se encuentran los bosques de manglar y los lugares donde se desarrollan los deltas y demás geformas típicas de esta zona de interacción entre los procesos propios del ambiente marino y los procesos provenientes del ambiente continental, donde se encuentran las unidades geomorfológicas asociados a los ríos Turbo, Guadualito y Currulao con la presencia de los deltas, playas estrechas, espigas, pantanos de manglar, canales de marea, barras litorales y lagunas costeras, entre otras (Figura 35).



Figura 35. Planicie marina y litoral costera en el sector de Turbo, vista sobre la imagen RapidEye.

Fuente: Elaboración propia.

La totalidad de las unidades de origen marino, litoral y costero, se encuentran localizadas y sectorizadas a lo largo de la franja oriental del Golfo de Urabá, ocupando las zonas bajas y planas sobre una zona estrecha y alargada en la zona de transición entre el ambiente continental de la llanura aluvial del piedemonte ocupada por los amplios y extensos abanicos- terraza que se prolongan hasta el límite frontal de los cultivos de banano dónde inicia la franja ocupada por la planicie o llanura costera expuesta sobre el costado oriental del Golfo de Urabá Antioqueño.

El desarrollo de las unidades geomorfológicas de origen marino, en la cuenca del río Turbo-Currulao, han sido el producto no solo del aporte regional con la dispersión y distribución de los sedimentos asociados a la descarga de materiales de otros ríos como el León y El Atrato; sino el producto de las descargas de grandes volúmenes de sedimentos provenientes de los distintos brazos y canales distributarios en la desembocadura de los ríos Currulao, Guadualito, Turbo Caimán Nuevo y Caimán Viejo. Las unidades del ambiente marino, litoral y costero están representadas en los mapas con los colores en la gama de los verdes.

3.9.11.5 Ambiente antrópico

Está representado por la infraestructura que han sido creada y desarrollada por la acción directa de actividades realizadas por la mano del hombre sobre el medio físico, modificando las condiciones naturales con la construcción de obras de infraestructura urbana representada en los asentamientos urbanos, obras civiles (puertos, aeropuertos, canales y vías de acceso), obras de protección (gaviones, espolones, jarillones) y el desarrollo de canteras. Por razones de escala solamente se diferenciaron tres unidades representadas por: canales artificiales (Aca), Las áreas pobladas urbanas (Apu), y las canteras (Ac). Los colores utilizados para estas unidades son: colores cafés para los



canales artificiales, negro para las áreas pobladas urbanas y café claro las canteras (Figura 36).



Figura 36. Fotografía Aérea a color mostrando el área poblada localidad de El Tié, coordenadas 1.403.520,160N, 704.954,480E y una cantera, coordenadas 1.403.151,695N, 705.628,121E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12 Características geomorfológicas y descripción de unidades

La cuenca bajo estudio, se encuentra localizada sobre las estribaciones más norte de la serranía de Abibe, configurando un relieve montañoso sobre el flanco occidental de la cordillera Occidental y está integrada por las porciones de las cuencas de los ríos Turbo, Guadualito y Currulao; abarca una amplia área desde la zona montañosa, pasando por las áreas intermedias de relieve quebrado a ondulado hasta descender hacia las partes más bajas y planas de la cuenca hasta el nivel del mar en las inmediaciones del costado oriental del Golfo de Urabá, en jurisdicción de los municipios de Currulao, Turbo y Necoclí, en el departamento de Antioquia.

Las unidades de origen estructural y denudacional en la cuenca del río Turbo-Currulao, se han desarrollado sobre potentes secuencias de rocas sedimentarias de edad Terciaria, que han formado estructuras plegadas amplias de tipo sinclinal y estrechas de tipo anticlinal. Las diferentes estructuras plegadas y falladas presentes en la cuenca, fueron desarrolladas por eventos geológicos de origen endógeno y exógeno que dieron origen a la cordillera Occidental y la formación y evolución de la cuenca sedimentaria del Golfo de Urabá; como producto de la acción de procesos de erosión geológica sobre la zona montañosa, el transporte de materiales por los ríos y su posterior acumulación de los sedimentos en la cuenca marina, dónde se produjeron los procesos de compactación, diagénesis y litificación de los sedimentos para la formación de las rocas sedimentarias, que posteriormente, fueron plegadas, falladas y deformadas por movimientos tectónicos y orogénicos que produjeron el levantamiento y deformación de las rocas sedimentarias generando pliegues sinclinales y anticlinales y su posterior fallamiento y fracturamiento de las potentes secuencias estratigráficas expuestas en la región.

Las unidades de origen denudacional en la cuenca de estudio han sido desarrolladas como producto de eventos ocasionados por la acción de agentes de origen



hidrometeorológico e hidrogravitacional y modelados de tipo fluvial y coluvial. Las unidades geomorfológicas de origen fluvial y marino han sido desarrolladas en posición discordante sobre las unidades geomorfológicas de origen estructural y denudacional presentes en la jurisdicción de la cuenca de los ríos Turbo-Currulao.

Las unidades y subunidades geomorfológicas identificadas e interpretadas durante la fase de diagnóstico en jurisdicción de la cuenca del río Turbo-Currulao, fueron delineadas sobre las imágenes de radar, modelos digitales, fotografías aéreas a color y pancromático, que posteriormente fueron parcialmente verificadas mediante los trabajos de campo. Los criterios utilizados durante la fase de interpretación de las imágenes de radar e interpretación de las diferentes fajas de fotografías aéreas, correspondieron en primera instancia a la expresión morfológica destacada observada y mostrada por las diferentes secuencias de rocas sedimentarias clásticas de grano grueso (areniscas y conglomerados) que incide en la expresión morfológica destacada y pronunciada de las geoformas como los espinazos desarrollados debido a la acción de las deformaciones de las rocas por plegamiento y fallamiento, debido a la acción de la tectónica.

En segundo lugar, se tuvo en cuenta la expresión morfológica baja y deprimida o muy poco destacada de las geoformas, debido a la acción de los procesos denudativos como la erosión y disección causada por los agentes y procesos exógenos. En tercer lugar, se analizaron los comportamientos de los patrones de drenaje, que varían desde dendrítico desarrollado sobre los materiales rocosos arcillosos homogéneos, hasta los patrones subangulares controlados por las estructuras geológicas resultado de la acción combinada de los distintos procesos geológicos y geomorfológicos. También se tuvieron en cuenta los patrones de drenaje desarrollados sobre los valles y planicies aluviales asociadas a los principales ríos que drenan la cuenca, desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano, y que han sido los responsables del modelado de las diferentes geoformas de origen fluvial y fluviomarino.

Finalmente, se destacan las unidades geomorfológicas de origen antrópico que han sido modeladas por causa de la intervención del hombre en el medio físico natural, que ha modificado las condiciones naturales del medio físico, en especial la actividad agrícola industrializada con el cultivo industrial del banano y plátano para exportación.

3.9.12.1 Unidades de origen estructural

Al ambiente Estructural o morfoestructural: Corresponde a las geoformas originadas por la interacción de las fuerzas asociadas de la dinámica endógena de la tierra y especialmente a los esfuerzos de tipo compresivo que dieron como resultado los diferentes plegamientos y fallamientos de las rocas sedimentarias. Se incluyen aquí también los movimientos orogénicos, los movimientos eustáticos que han participado en el desarrollo de las Geoformas originadas por la actividad Tectónica reciente (Neotectónica), que se ha presentado durante el Cuaternario).

Las unidades de origen morfoestructural obedecen a una condición activa que corresponde a los procesos morfogenéticos de origen endógeno asociados tanto a eventos de deformación y fracturamiento de las rocas (antiguos y recientes), como también a procesos de diapirismo de lodo que han dado origen a pequeñas geoformas dómicas, manifestadas en la región por el volcanismo de lodo cuya expresión determina



el desarrollo de geoformas típicas, cuya configuración y dimensiones en tamaño son variables, pero pueden detectarse sobre las imágenes de radar y las fotografías Aéreas. El origen y desarrollo de algunas de las unidades geomorfológicas de origen morfoestructural se deben a una condición Pasiva, es decir están directamente relacionadas con las geoformas resultantes de los procesos o deformaciones Tectónicas por plegamientos o fallamiento de las rocas y están expresadas en el relieve observado en la cuenca, con dimensiones y configuraciones variables, según los estilos estructurales y los procesos morfodinámicos predominantes en la región.

Según la metodología, la gama de colores utilizados para representar y espacializar las unidades y subunidades geomorfológicas de este ambiente corresponde al color violeta o púrpura.

3.9.12.1.1 Barra Homoclinal (Sbh)

Serie de lomas alargadas, paralelas y dentadas, constituidas por estratos y capas inclinadas en la misma dirección, generalmente corresponden a secuencias de rocas sedimentarias, con una inclinación cada vez mayor hasta superar los 70°, (Figura 37). La mejor exposición de esta unidad está representada al sur y al norte del río Currulao, sobre las Planchas 79IVB y 79IID.



Figura 37. Aspecto de una sección de una Barra Homoclinal expuesta en el sector oriental del Caserío de El Tres, Fotografía tomada en la Estación SMAR-043_533, PI-79IID. Coordenadas 1.381.874,655N, 717.094,128E.

Fuente: elaboración propia

3.9.12.1.2 Sierra Homoclinal (Ssh)

Prominencia topográfica simétrica o ligeramente simétrica elongada y de morfología montañosa a colinada, de cimas agudas, definida por una secuencia de estratos o capas inclinadas con un ángulo mayor a ($> 35^\circ$) y buzando en la misma dirección. Generalmente, se desarrollan como producto de la acción de procesos de erosión geológica sobre un flanco de una estructura geológica. Esta unidad se presenta desarrollada sobre potentes secuencias de rocas sedimentarias clásticas plegadas y falladas expuestas sobre la parte montañosa alta de la cuenca, formando parte de estructuras cuya orientación preferencial es en la dirección Norte-Sur, siguiendo los



trenes estructurales regionales de las principales estructuras mayores, sobre secuencias de rocas sedimentarias denudadas (Figura 38). El lugar de mejor exposición de esta unidad, se la encuentra sobre la plancha 69IVC.



Figura 38. Sierra Homoclinal con diferentes niveles de rocas buzando en la misma dirección, vista desde la Estación SMAR_28-510, PI-80IIIA. 1.375.548,653N, 732.800,487E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.3 Sierra sinclinal (Sss)

Unidad en forma de depresión o artesa, formada en el eje o flanco de un sinclinal; esta unidad se ha subdividido en dos subunidades, la ladera estructural bien definida y el contrapendiente que tiene un escarpe con ladera muy fuerte. La disposición actual obedece a procesos denudativos que han desmantelado parte de los flancos de la estructura e invirtiendo el relieve original (Figura 39).



Figura 39. Flanco de sierra sinclinal visto en la Estación SMAR-087-618, PI-79IIA. Coordenadas 1.400.345,731N, 708.298,050E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.4 Sierra anticlinal (Ssan)



Prominencia topográfica elongada de morfología montañosa, con cimas o crestas agudas o redondeadas, limitada por laderas estructurales muy inclinadas a muy abruptas, formas rectas o convexas y de longitud larga. El eje de la estructura está formado por el arqueamiento de los estratos o capas que se inclinan de manera divergente formando un abombamiento convexo (Figura 40). Las sierras anticlinales, se caracterizan por su relieve abrupto y destacado, ya que a diferencia de los sinclinales que son amplios como el sinclinal de Tulipa, los anticlinales presentan ejes con dirección norte-sur, pero son más estrechos y están afectados por fallas regionales que en algunos casos están cortando los flancos de los anticlinales, formando flancos asimétricos y bloques tectónicos limitados por fallas regionales o locales.



Figura 40. Vista parcial de una sierra anticlinal expuesta al norte del río Caimán Viejo, tomada desde la Estación SMAR_104-647; PI-069IVC. Coordenadas 1.408.842,048N, 706.079,250E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.5 Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc)

Corresponde con superficies verticales a subverticales, de longitud desde moderadas a largas, de forma cóncava, escalonada, festoneada e irregular, generada por estratos dispuestos en sentido contrario a la pendiente estructural del terreno y está directamente relacionada con una parte de la sierra homoclinal, desarrollada sobre una secuencia de rocas sedimentarias (Figura 41).



Figura 41. Ladera de contrapendiente de Sierra homoclinal vista S40E desde el punto de control PC-023-593, PI-79IIA. Coordenadas 1.392.453,300N, 710.228,031E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.6 Ladera estructural de Sierra homoclinal (Sshle)

Superficie definida por una serie de estratos cuya inclinación está en favor de la pendiente, y de longitud corta a moderada larga, formas rectas a veces convexas y presenta los contrapendientes escarpadas a muy escarpadas, pero formando parte de una estructura de tipo homoclinal, donde todos los estratos se encuentran inclinados en la misma dirección. (Figura 42).



Figura 42. Ladera estructural de Sierra homoclinal en la Quebrada Los Indios. Tomada desde la Estación SMAR-078-596, PI-279IIA. Coordenadas 1.397.326,935N, 713.117,287E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.7 Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma irregular a escalonada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno y asociada al flanco de una sierra que forma parte integral del cierre sur de la estructura del sinclinal de Tulipa (Figura 43).



Figura 43. Ladera de contrapendiente de la Sierra sinclinal de Tulipa, vista desde la Estación SMAR 093-632, pl-79IIB, coordenadas 1.394.863,659N, 720.872,240; próxima a la confluencia de las Quebradas Las Mercedes y Santa Bárbara.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.8 Laderas estructurales de sierra sinclinal (Sssle)

Sobre las estructuras sinclinales, se han desarrollado por procesos erosivos dos tipos de superficies una de ellas definida por la posición de los estratos inclinados en una dirección a favor de la pendiente del terreno, formando una depresión en forma de artesa muy amplia, de longitud variable desde corta a moderadamente larga, pero de forma cóncava y con presencia de pendientes inclinadas en dos direcciones distintas, una en dirección del flanco de la estructura sinclinal como la del sinclinal de Tulipa y otra con escarpe en la dirección de la contrapendiente (Figura 44 y Figura 45).



Figura 44. Ladera estructural de la Sierra sinclinal de Tulipa, vista N30W, desde la Estación SMAR_061-557, PL-79IIB. Coordenadas 1.392.793,026N, 724.094,871E.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 45. Ladera estructural de la Sierra sinclinal de Tulipa con su respectivo contrapendiente, vista N30W desde la Estación SMAR-061-557, PI_79IIB. Coordenadas 1.392.793,026N, 724.094,871E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.9 Cuesta (Sc)

Superficie estructural con estratos dispuestos en favor de la pendiente, cuya inclinación puede variar entre 10°- 25°, con longitud larga a muy larga, de forma recta a irregular y con una contrapendiente vertical o muy inclinada, formando una geoforma asimétrica, típica de una cuesta. Generalmente forma una sierra asimétrica elongada y amplia de morfología inclinada y definida por el basculamiento suave de las capas generalmente alternadas entre rocas resistentes y blandas. Su origen se debe a un levantamiento e inclinación por la acción de esfuerzos compresivos en el sentido opuesto a la dirección del buzamiento de los estratos sedimentarios, quedando suavemente inclinados. En las cuestas se ha diferenciado la ladera estructural de la cuesta y la ladera del contrapendiente de la cuesta.

3.9.12.1.10 Ladera estructural de cuesta (Scle)

Superficie con estratos dispuestos a favor de la pendiente, cuya inclinación puede variar entre 10°- 25°, de longitud larga a extremadamente larga, de forma recta a irregular, con pendientes inclinadas a muy inclinadas, relacionada a una estructura de cuesta.

3.9.12.1.11 Ladera estructural de espinazo (Sele)

Superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, cuya inclinación es > 20°, de longitud muy corta a corta, de forma recta o convexa y con pendiente muy escarpada, generalmente se encuentra relacionada a una ladera estructural de espinazo (Figura 46).



Figura 46. Ladera Estructural de espinazo, vista en la Estación SMAR 083-614, plancha 79IIA, coordenadas 1.400.001,983N, 707.416,563E
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.12 Espinazo (Se)

Sierra simétrica o asimétrica de longitud larga y forma triangular, elongada formando una cresta aguda a redondeada, y definida por planos estructurales, dispuestos sobre ladera estructural y sobre el lado opuesto se presenta un escarpe llamado contrapendiente. La unidad Espinazo se ha subdividido en dos subunidades: La ladera estructural de Espinazo (Sele) y la ladera de contrapendiente de espinazo (Selc)

3.9.12.1.13 Ladera estructural (Sle)

Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos de estratificación a favor de la pendiente del terreno. La ladera de longitud variable desde larga a extremadamente larga y con pendiente desde suavemente inclinada a moderada. Esta geoforma no está asociada a una estructura en particular de tipo regional, sino que se presenta en varios sectores rodeada por una zona plana (Figura 47).



Figura 47. Ladera estructural, en la cuenca alta del río Currulao, vista W, desde la Estación SMAR-29-512; PI-80IIIA. Coordenadas 1.376.119,321N, 732.731,682E.
Fuente: Elaboración propia.



3.9.12.1.14 Lomo de falla (Slf)

Es una prominencia topográfica de morfología alargada y alomada, con laderas cortas a muy cortas, forma convexa y pendiente abrupta a escarpada, localizado a lo largo de una falla de rumbo y son formados por el efecto combinado del desplazamiento lateral y la geometría del plano de una falla que determina la expulsión de un bloque que sobresale en el terreno y se destaca por su posición paralela a un lineamiento fotogeológico y alto grado de fracturamiento y forma estructura positiva.

3.9.12.1.15 Ladera de contrapendiente (Slcp)

Superficie estrecha y elongada en declive, de morfología alargada regular a irregular, de longitud variable definida por planos de estratificación (estratos y diaclasamientos), están dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes moderadamente inclinadas a muy escarpada. Esta geoforma no está asociada a ninguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, monoclinal, entre otros), se presenta en forma esporádica o aislada por efecto de la erosión geológica.

3.9.12.1.16 Ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc)

Se trata de una subunidad conformada por una superficie vertical a subvertical, muy corta a corta, de forma irregular o escalonada, con pendiente muy escarpada, desarrollada por erosión geológica sobre una sucesión de estratos dispuestos en dirección opuesta a la pendiente del terreno.

3.9.12.1.17 Ladera de contrapendiente de espinazo (Selc)

Subunidad rocosa a escarpada con una superficie en posición subvertical de longitud corta a moderadamente larga, de forma lisa a irregular escalonada, está desarrollada sobre una sucesión de estratos dispuestos en posición contraria a la pendiente estructural del terreno (Figura 48).



Figura 48. Ladera de contrapendiente de espinazo vista N-NE, desde la Estación SMAR-042-531, PI-79IVB, coordenadas 1.379.559,528N, 719.105,746E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.18 Ladera escalonada (Sles)



Superficie definida por una serie de capas o estratos dispuestos a favor de la pendiente del terreno, presenta forma rectilínea, irregular a escalonada, de longitud larga a extremadamente larga y pendiente inclinada con resaltos. Estas superficies se presentan limitadas por escarpes de menor tamaño. Su origen se relaciona con los procesos de incisión o entalle en la dirección de los drenajes o aprovechando la dirección del fracturamiento de las rocas en sentido perpendicular a la dirección del buzamiento de los estratos que conforman la superficie de la unidad geomorfológica (Figura 49).



Figura 49. Ladera escalonada vista S75E, en el punto de control PC-010, en la Estación SMAR-060-558, PI-79IIB. Coordenadas 1.392.672,040N, 724.104,925E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.19 Planchas estructurales (Sp)

Unidad geomorfológica sobre rocas sedimentarias dispuestas sobre una ladera desarrollada en capas o estratos inclinados a favor de la pendiente de longitud variable que se presentan como laderas festoneadas o dentadas hacia arriba con pendientes muy abruptas a escarpadas sobre el contrapendiente. Su origen obedece a procesos de plegamiento y posterior fase de erosión geológica diferencial que ocurre sobre una secuencia alternada de rocas en estratos delgados duros y blandos que desarrollan una serie de formas triangulares con escarpes laterales menores (Figura 50).



Figura 50. Planchas estructurales sobre el cierre sur del sinclinal de Tulipa, vista N70E, desde la Estación SMAR_061-557, PI-79IIB, coordenadas 1.392.788,457N, 724.081,113E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.1.20 Terraza o berma de fallamiento (Sbf)

Escalón alargado en forma de terraza de morfología alomada o colinada, limitado por escarpes de línea de falla de longitud muy corta de forma convexa e inclinación abrupta. Su origen es relacionado con el escalonamiento diferencial desarrollado por procesos de fallamiento y erosión geológica.

3.9.12.1.21 Volcán de lodo (Svl)

Unidad de tamaño variable que forma una prominencia topográfica de morfología cómica a elongada de cima alargada a cónica, con laderas cortas y convexas. Su origen está relacionado con la deformación superficial del terreno por efecto de la acumulación de gases a profundidad que propicia la salida de lodo hacia la superficie, generando una fuerte presión hacia arriba sobre los materiales rocosos. Los lodos son de composición arcillosa, producto del diapirismo y su posterior expulsión por una erupción a la superficie a través de zonas de debilidad hasta formar una pequeña estructura cónica o la formación de una boca por la cuál es expulsado el lodo (Figura 51 y Figura 52).





Figura 51. Volcán de lodo en la Vereda San Felipe, visto en la Estación SMAR_070-582, PL-79IIB, coordenadas 1.391.174,231N, 716.306,051E.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 52. Boca del volcán de lodo, Manuel Cuello, vista N45E en la Estación SMAR_075-588, PL-79IIA, coordenadas 1.392.336,019N, 712.645,798E
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2 Unidades de origen denudacional

Al Ambiente Denudacional pertenecen todas las unidades geomorfológicas, cuyo origen ha sido atribuido a la acción de la dinámica de los procesos combinados de la tectónica y la erosión geológica y remodeladas posteriormente por la acción de fenómenos hidrometeorológicos, que han sido desarrolladas en los diferentes tipos de geformas sobre las cuales evolucionaron las unidades geomorfológicas sobre los relieves pre-existentes y debido a procesos anteriores, sobre las cuales evolucionaron las diferentes unidades geomorfológicas que actualmente se presentan en la cuenca.

En esta categoría se han agrupado las unidades que se han desarrollado en la mayor parte del área estudiada y derivadas indirectamente a partir del ambiente estructural original, como producto de la acción de la fuerte dinámica de los procesos exógenos que actuaron en la etapa posterior al levantamiento de la cordillera Occidental, dando origen a las unidades denudacionales que fueron esculpidas sobre las rocas sedimentarias pre-existentes y que actualmente le dan la fisonomía a los sistemas montañosos (paisajes), las unidades y subunidades geomorfológicas actuales (tipos de relieves) que se presentan a lo largo y ancho de la cuenca de los ríos Turbo y Currulao.

Las unidades geomorfológicas pertenecientes a este ambiente morfogenético, se representan y se destacan en el mapa y la leyenda con una gama de colores que varían desde el amarillo claro, pasando por el naranja y los colores pasteles, hasta los colores cafés claro a marrón oscuro.

3.9.12.2.1 Cono o lóbulo coluvial (Dco)

Durante el proceso de interpretación de las fotografías aéreas de escala grande (1:10.000), se separaron estas pequeñas unidades como pequeños conos o lóbulos de morfología suave, pero debido a su menor tamaño, la mayoría fueron eliminados al



aplicar el filtro con el criterio de área mínima (6,25 Ha). Su origen está relacionado a procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y debido a procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Los depósitos están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz arcillosa a areno limo-arcillosa. Estos depósitos se presentan sobre la margen izquierda de la cuenca alta del río Currulao, al sur de Nueva Antioquia (PI-80IIIA) y en la Vereda Aguas Claras al sur del río Tigre (PI-69IVA).

3.9.12.2.2 Colina residual (Dcr)

Se define como una unidad geomorfológica localizada de poca extensión y baja altura, presenta una cima redondeada y está limitada por laderas cortas a moderadas de forma convexa y pendiente inclinada a abrupta, con un índice de relieve bajo a moderado, cuya elevación del terreno oscila entre 200 y 300 metros sobre su nivel de base local. Su origen está relacionado con procesos denudativos posteriores a la fase de un movimiento tectónico y seguido por periodos alternos de meteorización y erosión que sumado a otros factores como la litología y la pendiente generan las colinas residuales. Esta unidad se localiza hacia las partes bajas, próxima a las planicies aluviales, y en los frentes de las pendientes estructurales o en zonas denudativas tabulares suavemente inclinadas que han sido rebajadas por procesos de erosión geológica (Figura 53). Esta unidad se la encuentra en la cuenca media del río Turbo (PI-79IIB) y en la cuenca alta del río Caimán Nuevo (PI-69IVC).



Figura 53. Colina residual expuesta en la margen izquierda del río Turbo, Estación SMAR_072-584, PI-79IIA, coordenadas 1.391.633,284N, 715.382,654E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.3 Cerro remanente o relicto (Dcrem)

Unidad representada por una prominencia topográfica de morfología alomada a ondulada que sobresale por encima de la topografía adyacente. La unidad generalmente presenta cimas agudas a redondeadas, con laderas de longitud corta a media y de forma planoconvexa. Su origen esta asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial antigua y muy acentuada. Incluye aquellos cerros semienterrados o cubiertos por depósitos de sedimentos de edad reciente (Figura 54). Esta unidad está distribuida por



diferentes lugares sobre todo en las cuencas medias de los ríos Currulao en el sector norte (PI-79IID) y Guadualito y Turbo (PI-79IIB), y al sur del río Caraballo (PI-79IVB).



Figura 54. Cerro remanente o relicto expuesto al sur del caserío El Dos, en la Estación SMAR-068-579, PI-79IIC, coordenadas 1.389.158,102N, 713.846,744E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.4 Cerro residual (Dcrs)

Está representado por una serie de salientes topográficos parcialmente aislados, con morfología alomada a colinada y presenta cimas redondeadas a planas y algunas veces onduladas con laderas rectas a convexas, de longitud variable de forma alargada a muy cortas. La unidad presenta pendientes escarpadas asociadas a unidades litológicas resistentes como las areniscas y con algún desarrollo de suelos residuales gruesos. Su origen se asocia a procesos intensos de meteorización diferencial que han actuado durante ciertos períodos de tiempo en condiciones de clima cálido húmedo, dejando una serie de cerros residuales aislados y erosionados (Figura 55).



Figura 55. Cerro residual en la cuenca alta del río Currulao, observado en la Estación SMAR-29-512, PI-80IIIA, coordenadas 1.376.120,467N, 732.738,561E.



Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.5 Escarpe de erosión mayor (Deem)

Representado por una ladera o superficie con pendiente abrupta a escarpada de longitud variable. Se desarrolla sobre rocas clásticas de grano grueso a medio muy resistentes. Se ha identificado esta unidad sobre áreas compuestas por potentes secuencias de rocas sedimentarias plegadas y falladas, forma escarpes con pendiente abrupta a escarpada y de altura variable, en el área se desarrolla sobre el cierre sur del sinclinal de Tulipa. (Figura 56). Su origen se atribuye a la acción de eventos tectónicos durante la fase de plegamiento y fallamiento de las rocas, seguidos por procesos de erosión geológica o generada por un proceso de tipo gravitacional por caídas o colapsos. El lugar más representativo de esta unidad se encuentra sobre la cabecera del nacimiento del río Guadualito, bordeando el cierre sur de la estructura regional del sinclinal de Tulipa (PI-79IIB).



Figura 56. Escarpe de erosión mayor observado con vista N70E, en la Estación SMAR 061-557, PI-79IIB, coordenadas 1.392.794,101N, 724.080,054E, en el cierre sur del sinclinal de Tulipa.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.6 Escarpe de erosión menor (Deeme)

Esta unidad está representada por una serie de superficies estrechas y escarpadas en la vertical, y con una franja alargada en la horizontal, se ha identificado escarpes en diferentes lugares de la cuenca, especialmente formando laderas abruptas sobre la contrapendiente de las laderas estructurales de longitud variable, forman estrechas franjas con formas cóncavas, convexas o rectilíneas, casi siempre presentan una pared con pendiente escarpada, originada por desplomes o desprendimientos debido a la acción de procesos de erosión geológica o por movimientos en masa. Son frecuentes sobre laderas de fuerte pendiente, con presencia de procesos erosivos causados por socavación lateral de orillas que se suelen desarrollar a lo largo de los drenajes principales o secundarios, generando inestabilidad potencial sobre la ladera adyacente (Figura 57).



Figura 57. Escarpe menor expuesto en el Caño Cope, Estación SMAR-080-610, PI-79IIA, coordenadas 1.395.914,604N, 709.306,221E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.7 Glacís de acumulación (Dga)

Se ha definido esta subunidad como una superficie de acumulación baja, plana a suavemente inclinada, de longitud variable de corta a larga. Su origen está relacionado con la acumulación de materiales finos por procesos de escorrentía superficial y erosión laminar. Incluye planos, formados por depósitos coluvioaluviales de material fino, producto de la acción de procesos hidrogravitacionales y escorrentía superficial sobre laderas circundantes con relieves mayores (Figura 58)



Figura 58. Aspecto de un Glacís de acumulación, observado desde la Estación SMAR_055-551, PI-79IID, coordenadas 1.390.996,254N, 723.904,768E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.8 Glacís de erosión (Dge)

Superficie irregular suavemente inclinada de longitud variable de larga a muy larga, de forma plana a cóncava, esculpida sobre superficies rocosas por acción de la erosión, se presenta en la periferia de los cierres de los sinclinales de Tulipa y Valle del río Currulao, donde han actuado procesos de escorrentía superficial en condiciones de clima cálido



semi húmedo. Se caracteriza por presentar la ladera procesos de erosión y desarrollo de terracetos o “pata de vaca” (Figura 59).



Figura 59. Glacís de erosión sobre una superficie inclinada de material rocoso, observado con vista N60E, en la Estación SMAR_067-578, PI-79IIC, coordenadas 1.389.180,190N, 713.849,906E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.9 Ladera cóncava de retroceso (Dlcr)

Ladera cóncava en forma de V, que se va ampliando aguas arriba, generando procesos de erosión remontante con desarrollo de cárcavas y pérdida de grandes volúmenes de material (Figura 60). Está limitada por crestas alargadas delgadas que limitan sus bordes. Esta unidad ha sido desarrollada por procesos de erosión intensiva sobre materiales muy alterados inestables. El sitio más representativo de esta unidad se encuentra en el nacimiento del río Guadualito (PI-79IIB).



Figura 60. Ladera cóncava de retroceso hacia la cabecera del río Guadualito, Estación SMAR-051-545, PI-79IIB, coordenadas 1.391.955,543N, 726.475,742E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.10 Loma desnuda (Dld)

Prominencia topográfica de morfología alomada y elongada con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, presenta laderas cortas a muy cortas, convexas y con pendientes muy inclinadas a abruptas. El origen de esta unidad está directamente



asociado con procesos intensivos de meteorización y erosión geológica diferencial en rocas sedimentarias. Sobre esta unidad se suelen presentar movimientos en masa y procesos erosivos intensivos (Figura 61). Esta unidad se presenta en diferentes lugares de la cuenca, pero los mejores sitios y más representativos están localizados en las cuencas altas de los ríos Currulao (PI-80IIC) y Guadualito (PI-79IID). También se presenta una buena exposición al norte de Caño Cope y al sur de la Q. Batista (PI-79IIA).



Figura 61. Loma denudada margen derecha del río Currulao vista desde la Estación SMAR-63-566, PI-79IID, coordenadas 1.389.593,437N, 721.809,332E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.11 Lomo denudado moderado de longitud media (Dldemm)

Conformado por una geoforma prominente en forma de lomo con filos o crestas ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo entre 250 m y 800 m; la longitud del eje principal es de varios kilómetros; pero las formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal son más cortas. Hacia el tope presenta diferentes formas según el grado de incisión del drenaje y el tipo de material rocoso predominante y los procesos erosivos. La orientación del eje más largo es perpendicular al eje más corto y presenta procesos de incisión acorde con la velocidad del levantamiento del material rocoso y la velocidad del entalle causado por la erosión del río principal que bordea al eje del lomo (Figura 62).



Figura 62. Lomo denudado moderado de longitud media, vista N55E en la Estación SMAR_066-570, PI-79IID, coordenadas 1.388.187,174N, 716.239,842E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.12 Ladera erosiva (Dle)

Superficie de terreno alargado, disectado de pendiente muy inclinada a escarpada, de longitud moderada a larga, con formas planas, cóncavas y convexas, con un patrón de drenaje subangular a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y soliflucción, sobre materiales de suelo o roca blanda. Esta unidad está asociada a las laderas pertenecientes a una estructura plegada mayor. Se le puede ver en la confluencia del río Tío López y Currulao PI-79IID.

3.9.12.2.13 Ladera ondulada (Dlo)

Superficie irregular de morfología alomada a colinada, con pendiente inclinada a escarpada, de longitud variable, entre corta y muy larga. El patrón de drenaje variable de subdendrítico a subparalelo. Se desarrolla sobre laderas con rocas sedimentarias plegadas, falladas y muy alteradas por procesos de meteorización y erosión geológica, cubierta por suelos residuales y depósitos coluviales (Figura 63). Se observa en las cuencas altas de los ríos Guadualito (PI-79IIB y 79IID), en la cuenca alta del Currulao (PI-80IIIA y C y en la cuenca media del río Caimán Nuevo (PI-69IVC).



Figura 63. Ladera ondulada sobre el río Guadualito, vista desde la Estación SMAR-058-554, PI-79IIB, coordenadas 1.391.878,648N, 724.010,140E
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.14 Loma residual (Dlor)

Prominencia topográfica de altura variable, menor de 200 metros sobre su nivel de base local, presentar una morfología alomada y elongada con laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas, constituida por materiales rocosos y suelo residuales. Su origen está asociado a procesos de meteorización y erosión geológica diferencial sobre rocas clásticas de grano grueso intercaladas con rocas clásticas de grano fino. Se halla en varios sitios y se observa en la cuenca media del río Caimán Nuevo (PI-69IVC), cuenca alta (PI-80IIIA) y media (PI-79IID) del río Currulao y en la parte oriental de la confluencia de los ríos Tío López y Currulao (Figura 64).



Figura 64. Loma residual en la confluencia del río Tío López con el río Currulao SMAR-009, PI-79IIB, coordenadas 1.383.695,083N, 725.775,728E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.15 Lomo residual (Dlres)

Elevación del terreno menor de 200 metros con morfología alomada y alargada, laderas cortas a moderadamente largas, convexas a eventualmente cóncavas y pendientes muy



inclinadas a muy abruptas y con drenaje dendrítico, desarrollada de manera general, sobre materiales afectados por meteorización y erosión diferencial intensa. Se observa sobre el río Punta de Piedra (PI-79IIA).

3.9.12.2.16 Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo)

Esta unidad con una superficie de terreno con morfología ondulada y variada desde colinada, cóncava a convexa, con un grado de disección moderado y con un patrón de drenaje divergente y pendiente suavemente inclinada con una altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local. Se originó por procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados (Figura 65). Esta unidad se encuentra expuesta y distribuida en diferentes lugares, desde el norte de la cuenca siguiendo una franja norte-sur hasta el río Turbo; luego aparece en la cuenca media entre los ríos Guadualito y Currulao (PI-79IID y PI-79IVB) y también está, sobre la margen derecha de la cuenca alta del río Currulao ocupando áreas de menor relieve, al sur de Nueva Antioquia (PI-80IIIA).



Figura 65. Montículos y ondulaciones Norte del río Turbo Estación, SMAR_99-641, PI-79IIB, coordenadas 1.391.878,795N, 718.286,152E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.2.17 Sierra denudada (Dsd)

Unidad de morfología alargada y elongada en zona montañosa con laderas largas, cóncavas a convexas, con pendiente desde muy inclinada a abrupta, donde prevalecen procesos de erosión y movimientos en masa acentuados. Su origen está relacionado a procesos de meteorización y erosión sobre niveles de rocas sedimentarias clásticas de grano fino a grueso. Se observa en el nacimiento (PI-80IIIC) y parte media (79IID) del río Currulao y en la confluencia del caño Cope y Q. Batista (PI-79IIA).

3.9.12.3 Unidades de origen fluvial

Las unidades del Ambiente fluvial Corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la dinámica fluvial de ríos y quebradas, desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano. En esta categoría de unidades del ambiente



fluvial, se incluyen las unidades de origen lacustre (desarrolladas por la dinámica de las aguas acumuladas o estancadas en forma de lagos o lagunas) y las unidades de origen fluvicoluvial, que corresponden a las unidades desarrolladas por efecto de la acción hidrogravitacional, que se encuentran localizadas sobre las laderas de pendiente suave, en la zona de transición con las unidades del piedemonte.

A ésta categoría pertenecen todas las unidades y subunidades geomorfológicas que han sido originadas como producto y mediante la acción de la dinámica fluvial de las diferentes corrientes de agua de los principales ríos y sus afluentes, que han actuado en el modelado de las diferentes unidades de origen fluvial, desde las zonas altas del sistema montañoso, pasando por los valles aluviales estrechos y su posterior explayamiento hacia la zona de piedemonte donde se han acumulado los espesos volúmenes de sedimentos, producto de la erosión, transporte y acumulación formando pequeños abanicos, abanicos-terrazza y las terrazas aluviales de acumulación en sus diferentes niveles. Para la representación de las unidades y subunidades de este ambiente y esta categoría en el mapa y la leyenda, se han utilizado los colores en la gama de los colores azules, desde el azul claro hasta el azul oscuro. Para algunas unidades pequeñas asociadas a este ambiente como los diques naturales y barras longitudinales, se representaron con colores gris oscuro.

3.9.12.3.1 Dique natural o albardón (Fa)

Estructura en forma de cresta o banco de arena muy fina, limosa, de 1 a 2 m de alto y 3 a 4 m de ancho, localizada en las riberas de las corrientes fluviales principales y mayores particularmente en las partes cóncavas de los meandros de los ríos. Su origen está relacionado al depósito de materiales clásticos del tipo arena depositadas durante las épocas de lluvia por desbordamientos e inundación. Por razones de escala, no se espacializaron muchas de estas unidades, pero se presentan a lo largo de los ríos mayores como: Turbo, Guadualito y Currulao, al sur de Nueva Antioquia (PI-80IIIA).

3.9.12.3.2 Abanicos fluvio-torrenciales de Piedemonte (Faa)

Unidad de tamaño pequeño en forma de cono, sobre laderas planoconvexas del piedemonte con morfología plana aterrazada. Su origen está relacionado con la descarga de sedimentos provenientes de la zona montañoso y la acumulación de sedimentos en forma radial, debido a la dinámica fluvial, sobre la zona de transición entre la montaña y el piedemonte, donde se forman pequeños abanicos aluviales de origen fluvio-torrencial que suavizan localmente el paisaje local (Figura 66). La mayoría de ellos se encuentran en la zona de piedemonte (PI-69IVC y PI-79IIA).

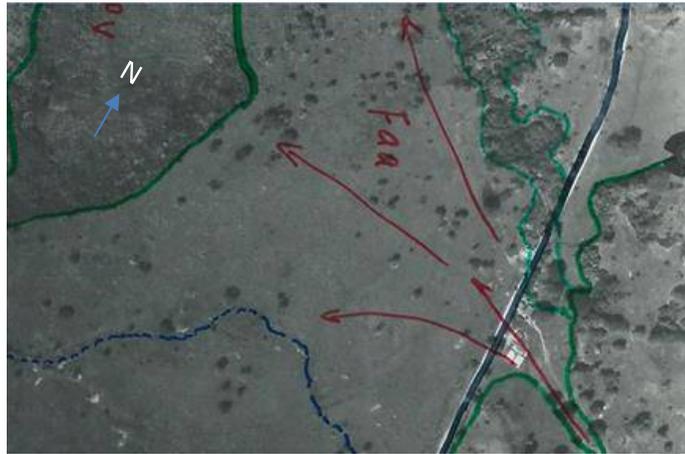


Figura 66. Fotografía Aérea de un pequeño Abanico de origen fluviotorrencial, ubicado al sur de Punta de Piedra, Granero Rovimar, PI-79IIA, coordenadas 1.397.199,841N, 706.608,479E. Fuente: (IGAC, 2016).

3.9.12.3.3 Abanicos terraza (Fat)

Se ha utilizado ésta denominación para describir a las unidades de mayor extensión areal que conforman la extensa planicie aluvial de piedemonte, que han sido formada como producto de la sucesiva descarga, transporte y acumulación de grandes volúmenes de sedimentos producto de la erosión y la dinámica fluviotorrencial asociada a los principales sistemas de drenaje que han circulado desde la montaña pasando por la zona de transición del piedemonte hacia la parte plana formando las amplias planicies aluviales de los ríos Turbo (Figura 67), Currulao y Guadualito donde se han formado los abanicos- terraza de tipo coalescente, cuya parte distal se extienden hasta encontrar la zona de transición con la planicie marina, donde se encuentran los deltas, canales distributarios y las bocas asociados a la desembocadura de los principales ríos al océano.



Figura 67. Panorámica del Ápice de un abanico-terracea sobre la margen derecha del río Turbo formando parte de la planicie aluvial del piedemonte, visto desde la Estación SMAR-075_589 PI-79IIA, coordenadas 1.392.358,803N, 712.393,411E. Fuente: Elaboración propia.



La unidad considerada bajo esta definición presenta características combinadas entre un abanico de origen fluviotorrencial por el prototipo de descarga y posterior acumulación y entalle formando los abanicos-terracea, debido al proceso de disección sobre los depósitos de origen fluviotorrencial se forma la terraza, tal como se observa en el lecho del río al Este del poblado de Currulao (Figura 68). Estos abanicos-terracea, ocupan gran parte de la franja entre el piedemonte y la planicie aluvial, de piedemonte cubierta por las planchas (79IIA, 79IIC, 79IIC, 79IVA y 79IVB). Sobre estas áreas es dónde se encuentran las mayores plantaciones de banano de exportación en la región de Urabá.



Figura 68. Corte de los depósitos horizontales del Abanico-Terraza en el lecho del río Currulao y vista en planta en la Ortofoto, Estación SMAR_001-480, PI-79IVB, coordenadas 1.376.613,57N, 718.608,354E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.3.4 Barra longitudinal (Fbl)

Depósito no consolidado de arenas de forma romboidal planoconvexo en planta y una superficie de morfología suave, dispuesto en forma paralela al cauce principal actual, con la punta más aguda en la dirección de la corriente. Su origen es relacionado con la acumulación de sedimentos durante la fase de crecida e inundación y luego de disminuir el caudal, quedan como remanente que divide las corrientes. Su depósito está constituido principalmente por arenas y gravas finas (Figura 69).

La mayor parte de esta unidad cartografiable, se encuentran asociadas al lecho activo del río Currulao (PI-79IID, PI-79IVB y 80IC); en los demás ríos, aunque existen, no son cartografiables.



Figura 69. Barras longitudinales en el lecho activo en la confluencia del río Caraballo con el Currulao, Estación SMAR 002-481, PI-79IVB, coordenadas 1.378.179,246N, 721.463,963E.
Fuente: Elaboración propia.

En algunos casos se observaron barras puntuales en forma de medialuna, con morfología suave a ondulada, compuestas de crestas y artesas de reducida altura. Estos cuerpos se localizan en la parte cóncava de los meandros de algunos de los ríos y son el producto de la acumulación de sedimentos erosionados en la parte convexa y acumulados en la parte cóncava del cauce. Los depósitos están constituidos por sedimentos generalmente arenosos finos y materiales arcillosos en las artesas. Cuando se dan procesos de migración lateral del cauce, la acumulación de este tipo de barras, pueden conformar en su conjunto pequeños complejos de orillales de carácter temporal.

3.9.12.3.5 Cauce activo actual (Fca)

Corresponde al lecho activo actual de los principales ríos que drenan por la cuenca bajo estudio y están representados en el mapa geomorfológico por los drenajes dobles, los cuales permiten darle una mejor fisonomía a las unidades adyacentes, como los distintos niveles de terrazas. Dichos cauces tienen diversas formas desde irregulares con trazos desde rectilíneos hasta muy sinuosos con desarrollo de numerosos meandros. Estos lechos activos han sido excavados por acción de las corrientes perennes o estacionales que circulan desde la zona montañosa cortando a través de las diferentes unidades geológicas, erosionando los macizos rocosos y generando los depósitos de sedimentos aluviales. La dinámica fluvial de los ríos depende de varios factores como: La pendiente, resistencia del lecho rocoso, carga de sedimentos, caudal y velocidad de la corriente, que puede variar e fluir en el desarrollo de los procesos por grandes distancias. Los tramos de cauces rectos se restringen a la zona montañosa formando valles estrechos en forma de V y, generalmente presentan control estructural por el plegamiento de las rocas y la presencia de fallas regionales y locales en diferentes direcciones. Los cauces activos recorrer grandes distancias desde la zona montañosa con flujos rápidos, pasando por las zonas semiplanas y planas sobre la llanura aluvial, donde se reduce la velocidad de la corriente y en algunos tramos se observan cauces abandonados y meandros abandonados, que indican la antigua dinámica divagante del río, producto de cambios súbitos de la dirección del flujo. Dependiendo la cantidad de carga de sedimentos, la pendiente y caudal (Figura 70), se puede llegar a formar tramos rectos o en otros casos



patrones trenzado-divagantes desarrollando en su lecho otras subunidades menores asociadas con la dinámica del río.



Figura 70. Cauce activo del río Caimán Nuevo en la Estación SMAR_105-648, PI-69IVC, coordenadas 1.407.034,321N, 704.761,446E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.3.6 Lagunas (Flg)

Depósitos o cuerpos naturales de agua almacenada y alimentada por lluvia o por circulación de aguas subterráneas o de escorrentía superficial formando pequeños reservorios de distinto tamaño tanto en área como en profundidad con respecto a las áreas adyacentes. Dicha profundidad puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales reinantes en el lugar donde se localiza y al grado de colmatación por la acumulación de sedimentos en su lecho, acorde con los aportes de su entorno. Las lagunas de origen fluvial, se localizan sobre las planicies aluviales y se relacionan con áreas que fueron propensas a las inundaciones, como las depresiones antiguas llenadas durante la época de alta pluviosidad y éstas pueden permanecer con agua incluso en épocas secas ya que estas depresiones son pobremente drenadas, (Figura 71).



Figura 71. Laguna localizada sobre el costado oriental del caserío de El Totumo, PI-69IVA, coordenadas 1.414.036,269N, 706.461,265E.
Fuente: Elaboración propia.



3.9.12.3.7 Meandro abandonado (Fma)

El cauce o curso antiguo de un río en forma de curva pronunciada que fue cortado y abandonado por el río, debido al cambio de dirección de la corriente por la fuerte dinámica del río y está relacionado con la migración lateral de la corriente hacia la parte contraria de la concavidad o por el corte de la zona más angosta entre dos curvas consecutivas, que generan el estrangulamiento de un meandro (Figura 72 y Figura 73). Los depósitos están constituidos por sedimentos finos arcillosos con intercalaciones de turba, producto del estancamiento de aguas dentro del cauce abandonado.



Figura 72. Meandro abandonado del río Currulao sobre una fotografía aérea Escala 1:25.000, PI_79IVB.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 73. Meandros abandonados asociados al río Currulao al W del casco Urbano, PI_79IVB, coordenadas 1.376.042,026N, 716.131,805E

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.3.8 Plano aluvial confinado (Fpac)



Franja de terreno de morfología plana, muy angosta eventualmente inundable, en forma de "U", limitada por otras unidades de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean los cauces fluviales, en los cuales se observa estrechamiento del mismo. Constituida por material aluvial (arenas, limos y arcillas). Su origen es tectónico y controlado por lineamientos o fallas. Un caso de este tipo se presenta sobre el nacimiento del río Tío López (PI-79IID).

3.9.12.3.9 Plano o llanura de inundación (Fpi)

Se trata de superficies de morfología plana, baja y relativamente estrecho, eventualmente inundable. Se localiza en los valles de fondo plano bordeando los cauces fluviales, donde está limitado lateralmente por relieves más prominentes. Esta unidad incluye planos fluviales menores en formas de "U" o "V", como también pequeños conos coluvioaluviales menores en los flancos de los vallecitos intramontanos, que ocupan zonas planas en áreas montañosas, donde las corrientes fluviales confluyen con sus tributarios para formar un cauce mayor. La red de drenaje que conforma este patrón es de tipo subdendrítico a subangular de mediana densidad y parcialmente controlado por la secuencia estratigráfica, las estructuras, y fallas, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas. Sus depósitos están constituidos por sedimentos de distinta granulometría originados por acumulación de material durante eventos extremos de lluvia o inundación fluvial. El ejemplo más representativo de esta unidad se encuentra al norte de la cuenca (PI-69IVA).

3.9.12.3.10 Terraza de acumulación (Fta)

Son por definición unidades geomorfológicas asociadas con el ambiente fluvial, cuya dinámica está relacionada con procesos de acumulación de depósitos aluviales, sobre las antiguas y actuales llanuras de inundación. En el proceso de formación de las terrazas intervienen procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos, que posteriormente han sido sometidos a procesos de incisión o entallamiento vertical dando origen a una serie de subniveles de diferente altura y que pueden ser correlacionables sobre ambos márgenes del cauce activo actual. Los diferentes niveles de terrazas están formando superficies relativamente estrechas alargadas y planas a suavemente inclinadas, modelada sobre sedimentos aluviales previamente depositados. En algunos sitios las superficies planas de los niveles de las terrazas se presentan sobre ambos márgenes del río y están limitadas por escarpes de diferentes alturas localizados hacia el lado del cauce activo actual. Las terrazas de acumulación fluvial se han desarrollado a todo lo largo de los valles estrechos y de fondo plano asociados a los principales ríos que drenan por la zona de influencia de la cuenca bajo estudio.

La presencia de las terrazas se hace más notable hacia los tramos ocupados por las cuencas medias de los principales ríos como: El Currulao, Guadualito y Turbo; en menor proporción en los ríos Caimán Nuevo y Caimán Viejo, donde también se las encuentra. Las terrazas de acumulación se las encuentra en las partes rectas de los cauces, pero son más frecuentes en los tramos meándricos que se presentan hacia las cuencas medias de los principales ríos. La mayor parte de sus depósitos, están constituidos por materiales clásticos gruesos como: gravas o arenas y en menor proporción limos y arcillas, la disminución del tamaño de grano varía a lo largo del curso del río y lateralmente a medida que se aleja del cauce activo actual. En la cuenca media de los ríos Currulao, Guadualito y Caraballo (Figura 74); en estos ríos, se pudo diferenciar



hasta tres niveles de terrazas, las que se identificaron con subíndices numéricos desde (Fta1, nivel bajo, Fta2, intermedio y Fta3 para el nivel más alto).



Figura 74. Vista de los Niveles bajo (Fta1) y medio (Fta2) de las terrazas del río Caraballo, Estación SMAR-030_515, PI_79IVB, coordenadas 1.377.845,827N, 724.622,301E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.3.11 Terraza de acumulación nivel 1 (Fta1)

Unidad de relieve plano, con depósitos de sedimentos aluviales, asociados al nivel bajo con respecto al lecho activo del río actual. Presenta una Superficie elongada, plana a suavemente inclinada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce del río., el nivel 1, corresponde al nivel más bajo próximo al lecho activo del río actual. Los niveles de terrazas más representativos de esta categoría se encuentran asociados a la planicie y a los valles de fondo plano asociados a los ríos Turbo Currulao, hacia la parte alta y media de las cuencas del río Guadualito y Caraballo (Figura 75).



Figura 75. Terraza de acumulación asociada al río Caraballo en la Estación SMAR_037-525, PI-79IVB, coordenadas 1.378.557,557N, 723.982,008E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.3.12 Terraza de acumulación nivel 2 (Fta2)



Unidad de relieve plano, con depósitos de sedimentos aluviales, asociados al nivel medio con respecto al lecho activo del río actual. Presentan una Superficie elongada, plana a suavemente inclinada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce de un río. Corresponde al nivel intermedio de las terrazas labradas por la dinámica de los ríos. El mayor número de depósitos de esta unidad se encuentran asociados al río Currulao en los tramos de la cuenca alta, sector de Nueva Antioquia y hacia la cuenca media en la confluencia con el río Caraballo (Figura 76).



Figura 76. Terraza fluvial del río Currulao, nivel Fta2, observada en la Estación SMAR-40-529, PI_79IVB, coordenadas 1.378.830,079N, 720.126,227E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.3.13 Terraza de acumulación nivel 3 (Fta3)

Unidad de relieve plano, con depósitos de sedimentos aluviales, asociados al nivel alto con respecto al lecho activo del río actual. Presenta una superficie plana a suavemente inclinada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en la posición más alta y limitada por un escarpe de poca altura por el lado del cauce activo actual del río. Representa el nivel más alto de la terraza con respecto al lecho activo del río. El depósito más representativo de este nivel se le encuentra en la localidad de Nueva Antioquia y en las proximidades de la confluencia del río Caraballo en el río Currulao.

3.9.12.3.14 Terraza de acumulación subreciente (Ftas)

Son superficies planas a suavemente inclinadas, con extensión variable según el ancho de la planicie, parcialmente disectadas y limitadas por escarpes de 5m a 10m. Su origen se atribuye a la acumulación de sedimentos en la planicie aluvial del río y su posterior fase de erosión por socavación lateral del cauce o por sucesivos entalles verticales dejando varios niveles escalonados sobre los depósitos de una anterior planicie aluvial subreciente, sin especificar su posición (Figura 77).



Figura 77. Niveles de Terrazas en la cuenca media del río Currulao, Estación SMAR 008-488, PI-79IID, coordenadas 1.381.553,969N, 727.442,765E.
Fuente: Elaboración propia.

La superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que define el nivel de la terraza. Estos niveles de terrazas pueden estar cubiertas por suelos arcillosos fluviales. Su depósito está constituido por arenas, arcillas e intercalaciones locales de grava fina. Los suelos son utilizados para la agricultura y ganadería.

3.9.12.3.15 Terraza de acumulación antigua (Ftan)

Son superficies planas a suavemente inclinadas, modeladas sobre sedimentos aluviales de una antigua planicie, que actualmente se encuentra localizada a una mayor altura y cubriendo en forma discordante sobre materiales rocosos y está limitada por un escarpe y en una posición más alta con respecto al cauce del río actual. Su origen está relacionado con procesos de acumulación fluvial, dentro de la llanura de inundación antigua. Por esta razón la unidad se la encuentra ocupando una posición muy alta con respecto al cauce activo actual (Figura 78). De manera general, se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre unidades rocosas más antiguas. Su origen es relacionado planicies aluviales antiguas. Sus depósitos están constituidos por gravas, arenas y arcillas.

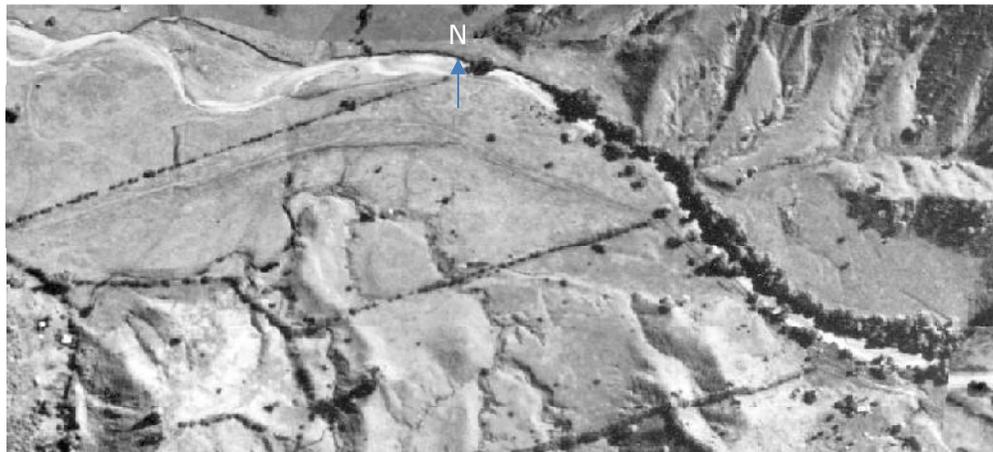


Figura 78. Terrazas antiguas (Ftan, asociadas a la cuenca media del río Currulao PI_79IVB, coordenadas 1.378.554,647N, 723.978,127E. Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4 Unidades de origen marino, litoral costero

Al Ambiente marino, litoral costero, está representado por las unidades construidas en áreas de influencia marina debido a la acción de la actividad de las corrientes marinas, las mareas y el fuerte oleaje costero en el mar generando la deriva litoral que da origen a las playas y barras litorales. En ésta categoría se han agrupado las unidades están representadas por las principales geoformas desarrolladas en la zona de transición entre el límite del ambiente marino y continental, y que han sido desarrolladas como el producto de la interacción entre los procesos de la dinámica marina, litoral y costera. En particular son debidas a la sucesiva acción de diferentes fenómenos y procesos causados por las corrientes marinas, las mareas y el oleaje, que han originado las diferentes geoformas que actualmente se encuentran asociadas en la franja litoral y costera. Se destacan sobre todo los deltas asociados a los diferentes ríos que desembocan en el océano y cuya dinámica ha sido demasiado fuerte y ha traído como resultado los drásticos cambios en la morfología de los mismos, debido a los cambios en las condiciones propias de la región, que en poco tiempo han desarrollado y modificado las características de este tipo de geoformas. Debido a que no se pudo llevar a cabo el reconocimiento en el campo de estas unidades del ambiente marino, litoral y costero, fue necesario acudir a los fotomosaicos construidos a partir de las fotografías aéreas a color del geoportal tomadas en el área y el uso de otros insumos utilizados en la fase de fotointerpretación. La representación espacial de las unidades geomorfológicas de este ambiente se ha representado en el mapa geomorfológico y la leyenda con los colores en la gama de los verdes desde el claro a los más oscuros. Se inicia con las playas, las barras litorales alargadas y su morfología se destaca por ocupar una posición baja y dispuesta en forma paralela a la línea de costa. Estas unidades han sido formadas por procesos de acumulación y progradación de los deltas, debido a la fuerte dinámica fluvial y deriva litoral, formando las barras, cordones litorales y espigas (Figura 79), que han ido creciendo hasta conectarse con la zona continental y comunica al mar con una laguna interior.



Figura 79. Espiga o flecha (Mbe) localizadas hacia la parte sur del delta del río Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.389.000,418N, 705.859,425E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.1 Barras litorales (Mbl)

Son cuerpos de sedimentos acumulados en forma elongada y semisumergidos y paralelos a lo largo de la línea de costa, han sido formados por la acción del oleaje y la deriva litoral. Las barras litorales están compuestas por arenas o gravas de material bioclástico que ha sido acumulado como producto de la acción combinada de las corrientes marinas en aguas poco profundas, las mareas y el viento que origina el oleaje en el mar y las oscilaciones diarias de los niveles de las mareas (Figura 80). Las barras litorales se las encuentra a todo lo largo de la línea de costa y detrás de las playas, especialmente expuestas en forma continua desde el sector sur a la altura de la desembocadura del río Turbo en el sur, hasta la desembocadura del río Caimán Viejo en el sector Norte del área.



Figura 80. Barra litoral en proceso de formación en la desembocadura del río Caimán Nuevo; PI-69IVC, coordenadas 1.406.775,162N, 702.800,835E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.2 Crestas y artesas de playa antiguas (Mcc)

Conjunto de crestas y artesas de playa separadas por una serie de surcos paralelos, formando planos arenosos suavemente ondulados. Representa la posición de antiguas líneas de playa, ubicadas en la dirección de la deriva litoral y paralela a la playa activa actual. Esta franja está cubierta con vegetación halófila y plantas rastreras. La unidad



de crestas y cordones de playa, se encuentran próximos a las desembocaduras de los ríos formando los distintos deltas activos (Figura 81).



Figura 81. Crestas de playa antiguas con vegetación halófila al Norte del río Turbo, PI-79IIA, coordenadas 1.391.741,506N, 705.489,007E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.3 Canales Intermareales (Mci)

Canales cortos con formas anchas en las bocanas, producto del flujo y del reflujo de las corrientes y las mareas, donde el agua entra del mar y fluye desde el lado continente formando pantanos de manglar o marismas, formando áreas con depresiones lagunares que son colmatadas con lodos y arcillas provenientes del mar y las descargas de sedimentos de los ríos y los esteros (Figura 82).



Figura 82. Canales intermareales y lagunas costeras rodeadas de bosque de manglar al norte de la localidad de Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.389.843,117N, 705.614,684E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.4 Complejo de crestas y artesas de playa (Mcpy)

Planos arenosos suavemente ondulados y formados por crestas y artesas de playa, ubicados localmente y en forma paralelos a la línea de costa actual, representan barras litorales antiguas y subactuales que indican procesos de acreción y progradación de la línea de costa. Por lo general estas unidades costeras son de baja altura (menor de 2 m) y con cobertura vegetal (Figura 83).



Figura 83. Crestas y artesas de playas antiguas, cerca al Canal Casanova al sur de Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.384.650,108N, 709.449,607E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.5 Delta de flujo de marea (Mdf)

Lóbulos en forma de pata de pato constituidos por arenas, limos y abundante material bioclástico y localmente colonizado con bosque de manglar, que en general se localizan en la parte interna de las bocas, los canales intermareales y distributarios que comunican al mar con las lagunas costeras. Los deltas se forman en la zona de la interfase creada por la descarga de sedimentos debido a la interacción entre la energía de por el flujo de las aguas de los ríos que desembocan en el mar con la energía de las corrientes marinas, las mareas y el oleaje del mar y que llega a la línea de costa formando las playas, barras de playa y los deltas durante eventos de máxima descarga de energía y sedimentos en las desembocaduras de los ríos Turbo, Guadualito y Currulao (Figura 84).



Figura 84. Área del delta del río Currulao, cubierto con bosque de manglar, PI-79IVA, coordenadas 1.378.351,689N, 706.432,028E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.6 Delta de flujo de marea (Mdr)



Lóbulos arenosos en forma de herraduras, con materiales clásticos y materia orgánica, formados por el efecto del flujo y reflujo de las mareas en las bocas de los canales distributarios que comunican el mar y con lagunas costeras. Su forma es irregular y de acuerdo con la dispersión de los sedimentos por el oleaje, forman pequeños deltas en zonas protegidas por el manglar (Figura 85).

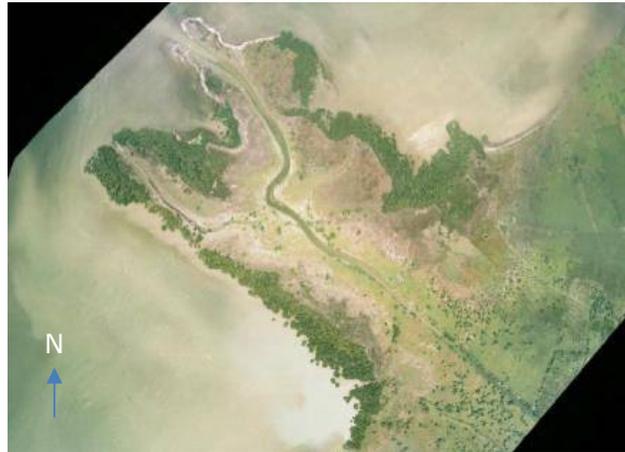


Figura 85. Delta en la desembocadura del río Guadualito con y sin cobertura vegetal PI-79IIC, coordenadas 1.381.474,131N, 707.232,835E.
Fuente: Elaboración propia.

Los deltas forman pequeños conos arenosos de poca extensión, formados en la parte trasera de la línea de costa actual y colonizada por vegetación de mangle y los efectos de eventos de alta energía del oleaje, que localmente sobrepasa las barreras formadas por la franja de barras costeras (Figura 86).



Figura 86. Delta en cúspide y lagunas costeras en la desembocadura del río Turbo PI-79IIA, coordenadas 1.390.681,650N, 704.560,538E
Fuente: Elaboración propia.



Desarrollo y evolución del delta de flujo de marea del río Turbo con la formación de una espiga que actualmente se une y cierra la entrada principal del flujo de agua del mar con la consiguiente formación de una serie de lagunas costeras (Mlc).

3.9.12.4.7 Laguna costera (Mlc)

Son cuerpos de aguas salada o salobre permanentes y acumuladas en zonas de depresión, que se caracterizan por tener comunicación de manera periódica o permanente con el océano y por estar separadas del mismo por una playa o cordón Litoral (Figura 87).



Figura 87. Lagunas costeras sobre el costado sur de la desembocadura del río Turbo, PI-79IIC, coordenadas 1.390.275,513N, 705.182,310E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.8 Llanura intermareal (Mlii)

Se presenta como una zona de morfología plana a levemente inclinada. Su origen obedece al efecto combinado del ascenso de la marea y altos niveles freáticos, siendo característica su composición de arena fina a lodosa con vegetación herbácea escasa y se ubican en zonas protegidas del oleaje marino, bordeando lagunas costeras o en la parte interna de las espigas.



Figura 88. Llanura intermareal intervenida, localizada entre el río Cope y la Q. El Estorbo, PI-79IIA, coordenadas 1.394.064,354N, 707.547,690E.
Fuente: Elaboración propia.

En el sector comprendido entre el río Cope y la Q. El Estorbo, al sur de Piedrecitas, se observa un patrón de canales orientados en dos direcciones (Figura 88). Estos canales ocupan una zona pantanosa cercana a las barras de playa, próximas al nivel del mar y son susceptibles a inundaciones periódicas o encharcamiento, como consecuencia de altas precipitaciones o por el ascenso del nivel freático. Los suelos en estas depresiones presentan alta humedad y están compuestos por sedimentos finos no consolidados (arcilla y limos). Estas áreas fueron desprovistas de la vegetación de mangle, pastos o vegetación escasa.

3.9.12.4.9 Playas (Mpl)

La playa se define como una franja plana y estrecha que bordea a la línea de costa y se identifica por estar compuesta por depósitos no consolidados de sedimentos clásticos y bioclásticos depositados por la acción combinada de la deriva litoral y el vaivén del oleaje; los sedimentos están conformados por una acumulación de arenas y escombros transportada a la costa por la deriva litoral, el oleaje, las corrientes marinas y las oscilaciones diarias del nivel de las mareas (Figura 89).



Figura 89. Playas erosionadas, en el Caserío El Tié, vistas en el punto de control PC_027_613, PI-69IVC, coordenadas 1.403.525,873N, 704.949,477E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.10 Planos y llanuras con vegetación halófila (Mpv)

Se incluye en ésta unidad las marismas y pantanos de manglar que corresponden a áreas bajas y planas, con relieve plano-cóncavo, con alto nivel freático y que presentan procesos de sedimentación marina y continental a nivel del mar o un poco por encima del nivel de la marea alta. Están conformados por lodos, arenas muy finas y abundante materia orgánica, condiciones propicias para el crecimiento de vegetación pionera como manglar y otras especies menores halófitas típicas.

Estos sectores sufren inundaciones periódicas por oleaje extremo, altas mareas o la combinación de ambos; pueden por desborde del río formar lagunas costeras. Pueden presentarse como resultado de la acumulación de sedimentos en lagunas costeras o en planos inundables (Figura 90).



Figura 90. Planos y llanuras con vegetación halófila (Mpv), en la bocana del río Caimán Nuevo, PI-69IVC, coordenadas 1.408.304,258N, 703.414,890E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.4.11 Terrazas marinas (Mtm)



Son superficies planas horizontales a subhorizontales de origen marino, localizadas cerca o próximas a la línea de costa actual y sobresales por encima de las unidades adyacentes al nivel del mar. El levantamiento de estos terrenos y su desnivel pudo ser por tectónica o por cambios en el nivel del mar por movimientos Eustáticos. Previo al proceso de formación de una terraza marina, es necesario un medio propicio para el desarrollo y crecimiento de arrecifes de coral o algas coralinas y la formación de playas. También pueden generarse terrazas marinas a partir de plataformas de abrasión previamente formadas y levantadas por encima del nivel del mar actual (Figura 92).



Figura 91. Terraza marina localizada al sur de la desembocadura del río Caimán Viejo, PI-69IVA, coordenadas 1.416.311,624N, 704.849,993E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.5 Unidades de origen antrópico

Al Ambiente Antropogénico o Antrópico pertenecen las unidades geomorfológicas que han sido construidas por la acción de las actividades desarrolladas por el hombre, sobre el medio físico y que han modificado las características de los paisajes expuestos sobre la superficie del terreno. Las unidades que han sido cartografiadas y que pertenecen a este ambiente son: Las áreas pobladas urbanas, los canales artificiales y las canteras. En el mapa han sido representadas con colores cafés y negro.

3.9.12.5.1 Cantera (Ac)

Excavación de forma irregular realizada por la mano del hombre con un talud o borde escarpado con altura variable, en varios niveles hechos sobre materiales rocosos laderas para la extracción de materiales de construcción como piedra, arena y grava. Se incluyen en esta definición las excavaciones realizadas para la extracción de materiales, (Figura 92).



Figura 92. Cantera Piedrecita (Aca), ubicada al norte de la Quebrada El Tié, costado derecho de la vía a Necoclí, Estación SMAR_077, PI-79IIA, coordenadas 1.403.162,335N, 705.629,457E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.5.2 Canales artificiales (Aca)

Son canales de drenaje de distintos tamaños construidos por la mano del hombre mediante los trabajos de dragado y rectificación de cauces naturales para facilitar el flujo del agua para el riego para las plantaciones de banano, suministro de agua para el riego y consumo humano, algunos usados para la navegación y transporte de banano o la canalización de ríos o quebradas en zonas urbanas y suburbanas, para drenar los suelos y controlar inundaciones. Otros son usados para surtir los distritos de riego en áreas de actividad agrícola industrial y ganadera o para el abastecimiento de agua potable para el consumo humano en los caseríos, corregimientos o centros urbanos poblados distribuidos por las distintas áreas de la planicie aluvial del piedemonte, en especial sobre las áreas cultivadas. Por razones de escala en el mapa geomorfológico solamente se muestran los canales artificiales mayores, asociados a los tramos finales de los ríos Currulao y Guadualito y en particular un pequeño canal localizado al sur del área urbana de Turbo, el cuál es utilizado para transportar el banano de exportación desde los sitios de acopio hasta los barcos (Figura 93).



Figura 93. Canal artificial de Casanova, visto sobre una Foto Aérea a color, utilizado para el trasporte de banano, PI-79IIC, coordenadas 1.385.962,003N, 708.975,385E.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.12.5.3 Áreas pobladas urbanas (Apu)



Áreas ocupadas por construcciones urbanas de distinto tipo y tamaño destinadas a los asentamientos humanos urbanos conocidos como cabeceras municipales, corregimientos o Caseríos (Figura 94).



Figura 94. Área poblada urbana de la localidad de Turbo, rodeada por el mar, PI-78IIC, coordenadas 1.387.925,215N, 707.818,624E.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.13 Origen y evolución de la Cuenca del río Turbo-Currulao, Antioquia

Una breve descripción sobre el origen y evolución de la cuenca del río Turbo-Currulao, está enmarcada dentro de un conjunto de fenómenos y procesos de origen endógeno (movimientos tectónicos y levantamientos orogénicos), junto con los fenómenos y procesos exógenos (de origen hidrometeorológico y climático, causantes de los procesos de erosión y sedimentación), que luego formaron los relieves sobre la cordillera Occidental y la cuenca del Golfo de Urabá. Se destaca también la serie de eventos y procesos de origen exógeno, causados por agentes provenientes del mar como: Movimientos del agua salada (corrientes marinas y oscilaciones de las mareas), junto con el accionar del viento (que origina el oleaje); como también el impacto y acción de las aguas dulces continentales y bajo influencia de la dinámica de las corrientes fluviales y la acción del agua de la lluvia y todo ello controlado por la influencia de la fuerza de la gravedad, dieron origen a los distintos sistemas (paisajes), tipos de relieve y las diferentes unidades geomorfológicas que actualmente se encuentran expuestas en la jurisdicción del área de la cuenca, tal como se ilustra en la (Figura 95), donde observa una secuencia sucesiva de eventos y procesos de origen exógeno y endógeno, que originaron la cuenca y fueron identificados con las letras desde la A hasta la D.

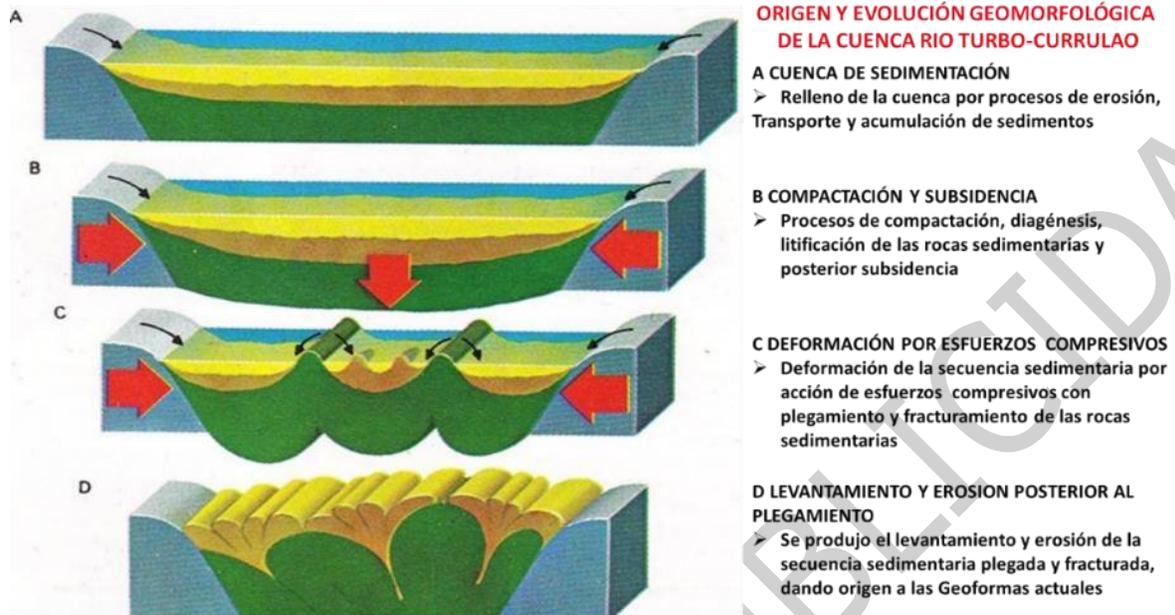


Figura 95. Modelo del origen y evolución de la serie de eventos y procesos que actuaron en forma similar en la cuenca del río Turbo-Currulao.
Fuente: elaboración propia.

El origen y evolución de la cuenca del río Turbo-Currulao, está enmarcada en un conjunto de eventos y procesos de origen Tectónicos y Orogénico que dieron origen a la cordillera y Occidental y a la cuenca que actualmente conforman el territorio conocido como "Golfo de Urabá" Posteriormente, se presentó otra serie de eventos de origen exógeno relacionados con fenómenos de tipo hidrometeorológico, climático, erosión y sedimentación en varios ciclos desde el pasado hasta hoy.

El historial de la cuenca, se inicia a finales del Cretácico y comienzos del Terciario con la formación de una amplia cuenca de sedimentación, la cual fue gradualmente rellena y colmatada con grandes volúmenes de materiales generados por procesos de erosión sobre las rocas preexistentes y cuyos sedimentos fueron luego sometidos a procesos de erosión, Transporte y acumulación de los sedimentos en una amplia cuenca sedimentaria, dando origen a las distintas unidades y subunidades geomorfológicas de origen fluvial, marino y litoral costero que conforman los distintos paisajes.

Una vez rellena la cuenca durante el Terciario inferior y medio, se produjeron procesos de compactación y subsidencia de la cuenca sedimentaria, generando en los depósitos compactación, diagénesis y litificación de los sedimentos dando origen a las potentes secuencias de rocas sedimentarias clásticas de grano fino y grueso formadas durante el período Terciario.

La secuencia de rocas sedimentarias formadas durante el Terciario superior, fueron sometidas a procesos de deformación tectónica por esfuerzos compresivos, deformaron la secuencia de rocas sedimentaria por la progresiva acción de esfuerzos dirigidos, generando una serie de grandes plegamientos de tipo anticlinal y sinclinal que posteriormente fueron afectados por fuertes procesos de deformación por fallas y



fracturas de las rocas sedimentarias expuestas en el área, generando una serie de bloques tectónicos levantados y hundidos, limitados por las distintas fallas actuales.

Posteriormente y durante el Terciario superior (Plioceno), se produjo el levantamiento de la cordillera Occidental causada por un movimiento Orogénico conocido como la "Orogenia Andina" que ocasionó un fuerte levantamiento de las rocas plegadas y falladas, generando una alta energía potencial que desencadenó fuertes procesos de erosión, posterior al plegamiento y levantamiento de la cordillera Occidental que desmanteló parte de la secuencia de rocas sedimentaria, sobre las cuales se había desarrollado la serie de estructuras plegadas, que fueron luego sometidas a procesos de erosión posterior.

Una vez cesó la fase erosiva del primer ciclo, se produjo un nuevo levantamiento, seguido de una nueva fase de erosión sobre la secuencia sedimentaria plegada y fracturada, dando origen a grandes volúmenes de sedimentos que fueron transportados por los grandes ríos que drenaron por los valles y planicies, dando origen a las geoformas y unidades geomorfológicas de origen fluvial como las terrazas y los abanicos-terrazas coalescentes sobre el área del piedemonte que se prolongan a las unidades de origen marino que actualmente conforman el paisaje de la llanura de origen marino, litoral y costero que bordea el costado oriental del Golfo de Urabá Antioqueño, cuyos terrenos actualmente son utilizados en los cultivos industriales de banano de exportación (Figura 96).



Figura 96. Plantaciones de plátano y banano sobre la extensa planicie aluvial de piedemonte en la subregión del Urabá, Antioqueño, vista SW, desde la Estación SMAR_42-531, PI-79IIA, coordenadas, 1.379.542,934N, 719.091,175E.

Fuente: Elaboración propia.

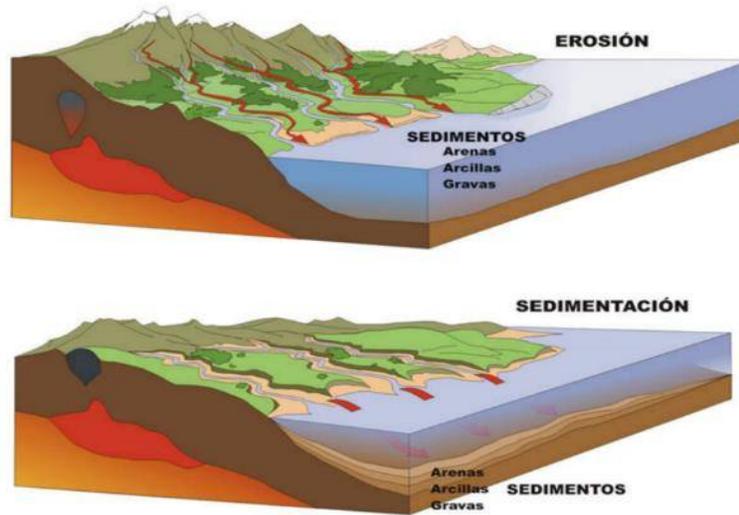


Figura 97. Modelo esquemático de los procesos de erosión y sedimentación, similares a los ocurridos en la cuenca baja de los ríos Turbo-Currulao.
Fuente: (BERMÚDEZ, 2016).

La configuración de la cuenca actual del río Turbo-Currulao Presenta distintos sistemas de terrenos (paisajes), unidades geomorfológicas de distintos orígenes, desarrolladas en los ambientes: marino, litoral y costero, con un relieve bajo y plano y las unidades de origen estructural, denudacional y fluvial desarrolladas sobre la zona Continental en los sistemas de montaña, piedemonte y Valles aluviales intramontanos y sobre la franja ocupada por la estrecha planicie marina, litoral y costera, cuyas geoformas se muestran a continuación (Figura 97 y Figura 98).



Figura 98. Esquema de los ambientes marino, litoral-costero y Continental, y su similitud con las unidades geomorfológicas en la Cuenca del río Turbo-Currulao
Fuente: (ARIAS, 2016)

3.9.14 Productos obtenidos



De acuerdo con los propósitos del proyecto y el objeto del Contrato celebrado con la Unión Temporal, se obtuvo como producto final el mapa geomorfológico de la cuenca del Río Turbo-Currulao en bloque y por planchas sobre la totalidad del área de la cuenca del Río Turbo-Currulao a escala 1:25.000 junto con la respectiva leyenda.

El mapa geomorfológico elaborado se constituye en un documento muy valioso de carácter descriptivo-interpretativo que da explicación sobre el origen y distribución de las unidades y subunidades geomorfológicas expuestas en el área de la cuenca. Las unidades y subunidades se muestran diferenciadas por un símbolo y un código de color de acuerdo con el origen y su relación con la geología y la evolución del relieve, acorde con los procesos morfodinámicos que han actuado sobre los diferentes sistemas o paisajes de acuerdo con los diferentes ambientes morfogenéticos predominantes y desarrolladas sobre la superficie del área de la cuenca del Río Turbo-Currulao.

La mayor parte de la información contenida en las unidades y subunidades del mapa geomorfológico elaborado de la cuenca del río Turbo-Currulao a escala 1:25.000, fue generada como información primaria a partir del tratamiento e interpretación de distintos insumos a diferentes escalas existentes y administrados por varias Entidades como: El IGAC (mapas topográficos base, imágenes de radar, imágenes de satélite, Fotografías Aéreas pancromáticas y a color y el modelo digital del terreno con resolución de 5m) y se complementó con información secundaria elaborada por INGEOMINAS y el Servicio Geológico Colombiano (SGC) e información secundaria consultada de varias fuentes como Universidades que han adelantado trabajos generales y detallados en el área.

En la elaboración de mapa geomorfológico, se utilizaron Mapas topográficos base, imágenes de sensores remotos Landsat, Spot, RapidEye, radar y fotografías aéreas a color y pancromáticas, y el apoyo de los modelos digitales del terreno varias resoluciones e información secundaria generada por varias Entidades y Universidades como: La Universidad Nacional de Colombia, sedes de Medellín y Bogotá y Universidad EAFIT de Medellín. Dicha información fue consultada, junto con los documentos suministrados por la Unión Temporal Río Turbo-Currulao y CORPOURABA.

Los mapas geomorfológicos fueron elaborados en bloque y por planchas individuales a escala 1:25.000, acompañados de una leyenda explicativa, con símbolos y colores de acuerdo con los estándares de acuerdo con cada uno de los ambientes morfogenéticos predominantes en el área de la cuenca.

La representación y distribución espacial de las diferentes unidades y subunidades geomorfológicas están contenidas en el mapa geomorfológico final, en el cuál se reflejan indirectamente las características geológicas (litología y estructuras), y geomorfológicas como (morfología, morfometría, morfogénesis y morfodinámica). Dichas características fueron, clasificadas según el ambiente morfogenético y son distinguidas con diferentes gamas de colores (ver [Anexo 69](#)).

Se elaboró una Geodatabase que contiene información de la base de datos; para su manejo con un sistema de información geográfica (SIG), para hacer los cruces de los mapas geomorfológicos con otros mapas temáticos como los de Geología, geotecnia,



cobertura e hidrología, para su análisis y aplicación en la zonificación de la susceptibilidad, amenaza y riesgo; y su incorporación en el manejo de la cuenca.

Finalmente, se obtuvo la memoria técnica que acompaña al mapa geomorfológico de la cuenca del río Turbo-Currulao, donde se identifican y describen las unidades y subunidades geomorfológicas que fueron identificados durante la fase de interpretación y plasmados en la leyenda del mapa y consignadas en la respectiva Geodatabase.

El mapa geomorfológico forma parte de una serie de documentos básicos requeridos para la ordenación de la cuenca conocido como POMCA del río Turbo-Currulao y para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza, en el marco de la incorporación de la gestión del riesgo en la cuenca.

3.9.15 Conclusiones y recomendaciones

Se cumplió con uno de los objetivos del POMCA, que consistió en la elaboración de la cartografía geomorfológica de la cuenca del río Turbo-Currulao, a escala 1:25.000 con el propósito de generar información primaria, concisa y sistemática sobre las unidades y subunidades geomorfológicas expuestas en la cuenca; además de indagar sobre los diferentes fenómenos y procesos antiguos inactivos que han ocurrido en el pasado y los fenómenos y los eventos naturales activos actuales que han incidido en el desarrollo y evolución de los paisajes y unidades geomorfológicas presentes en jurisdicción de la cuenca.

Se aprovechó en forma adecuada de los diferentes estudios a diferentes escalas existentes sobre la cuenca (la mayoría de carácter local y muy general) y los insumos necesarios para su interpretación como: fotografías Aéreas e imágenes, disponibles en las Entidades Oficiales y privadas que han adelantado trabajos temáticos en la región.

El mapa geomorfológico de la cuenca del río Turbo-Currulao, fue elaborado con base en la interpretación de diferentes insumos de distinta resolución y de diferentes escalas; por lo que, se constituyen en un documento básico fundamental y como herramienta óptima para ser utilizado como herramienta de apoyo en la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por fenómenos de remoción en masa e inundaciones en el área.

La distribución y descripción, de las unidades geomorfológicas en diferentes sectores de la cuenca, permite hacer una excelente caracterización y evaluación aproximada del comportamiento geomorfológico, para poder explicar y estimar el potencial de ocurrencia de posibles amenazas naturales por eventos de remoción en masa e inundaciones en la cuenca, para de este modo contribuir en la elaboración de los planes de contingencia y mitigación en el marco de la Ordenación de la cuenca, para la protección y construcción de obras de infraestructura, zonificación geotécnica e ingenieril y su aproximación a la gestión del riesgo en la cuenca.

Se recomienda seguir trabajando en los procesos de caracterización de las unidades geomorfológicas de los ambientes marino, litoral costero, donde no se pudo realizar trabajos de verificación de campo; ya que allí se detectaron cambios ocasionados por procesos dinámicos muy activos de erosión y sedimentación, sobre todo en el área de influencia de los deltas de los principales ríos como: Turbo, Guadualito y Currulao, que



han modificado de manera significativa la configuración de los canales activos del río y sus tributarios y su incidencia en la línea de costa.

Se sugiere prestar atención a los problemas de degradación de los suelos sobre las laderas de mayor pendiente por fenómenos de erosión y compactación de los suelos, que a su vez están generando procesos de inestabilidad sobre las laderas que siguen la misma dirección de la pendiente estructural y en las áreas que han sido deforestadas y utilizadas en el pastoreo de ganado, generando compactación, terracetas y pata de vaca.

3.9.16 Componentes geomorfológicos con criterio edáfico y de capacidad de uso de la tierra (Zinck)

El establecimiento de la capacidad de uso de las tierras es fundamental para la planificación del uso de la tierra y para orientar las decisiones al respecto, de tal manera que los recursos sean más beneficiosos para el hombre, conservándolos y que sean sostenibles en el futuro.

El objetivo general de este componente es realizar el levantamiento de la información edáfica de la cuenca río Turbo-Currulao cuya presentación cartográfica es a escala 1:25.000, como herramienta de análisis para definir el componente Capacidad de Uso de las Tierras dentro de la Fase de Diagnóstico y generar la información para identificar los conflictos de uso, generados en relación con el recurso suelo en la fase posterior de Prospectiva y Zonificación.

Para contextualizar el desarrollo del componente se resalta que las tierras comprenden el ambiente físico, incluido: clima, relieve, suelos, hidrología y vegetación, además de la actividad humana. Por lo tanto, para llegar a establecer la capacidad de uso de las tierras, se requiere en primera instancia, conocer la base esencial de ellas, la cual es el suelo, donde para su identificación y caracterización es necesario la representación cartográfica, la cual se apoya en la geomorfología, por la simple razón que lo que se identifica y se delimita en una fotografía aérea u otras imágenes no son suelos, sino formas de terreno. La delimitación de las unidades geomorfológicas constituye, por lo tanto, una primera aproximación cartográfica para la definición de las unidades geopedológicas.

El suelo es un elemento del paisaje, pero no directamente observable; para llegar a identificarlo, la solución es dejarse guiar por las características externas de este paisaje. En otras palabras, la ubicación de los puntos de caracterización de los suelos para establecer la capacidad de uso de las tierras, debe hacerse en función de la configuración y la disposición de las formas de terreno y su ubicación no debe ser fruto del azar, sino el producto de un razonamiento que permita inferir de antemano el tipo de variación que se puede esperar con base en factores formadores de geoformas y suelos. El apoyo en la geomorfología, adicionalmente facilita la escogencia del sistema de recolección de información en campo.

Para este fin se sigue la propuesta geomorfológica de Alfred Zinck (Zinck, A, 1987).

Posteriormente se procede a definir la capacidad de uso de las tierras hasta nivel de subclases o grupos de manejo y sus usos principales propuestos, representados en un



mapa temático; la interpretación se realiza desde el punto de vista de su capacidad, para usos agrícolas, ganaderos y forestales.

3.9.16.1 Proceso metodológico para el desarrollo del componente suelos

Para llevar a cabo la clasificación por capacidad de uso de las tierras en los municipios de Turbo, Necoclí y Apartadó, se trabajó sobre la extensión de 89.748,67 hectáreas, ocupadas por la cuenca río Turbo-Currulao. Para la identificación y clasificación de las geoformas en la cuenca, se empleó el Sistema Geomorfológico propuesto por Alfred Zinck, como base para la caracterización de los suelos presentes en ellas. En el cual se establecen las categorías de paisaje, ambiente morfogenético, tipo de relieve, materiales litológicos y forma del terreno, acorde con el nivel de detalle exigido (Zinck, A, 1987).

La metodología contribuye en la delimitación de las geoformas para identificar los suelos, por la relación que existe entre paisaje – suelo; el trazado de los límites de las unidades guarda relación con los factores de formación tanto de paisajes como de suelos, que, junto con la información básica de clima, geología y de las pendientes, permiten obtener la delimitación. Para realizar la cartografía geomorfológica, se aplican técnicas digitales de interpretación, usando diferentes insumos digitales de información básica y se complementa con el uso de técnicas analógicas de interpretación de aerofotografías. Adicionalmente, con base en esta interpretación se realiza la selección de áreas piloto y transectos. En la Figura 99, se ilustra el procedimiento general para la elaboración del mapa geomorfológico con fines edafológicos.

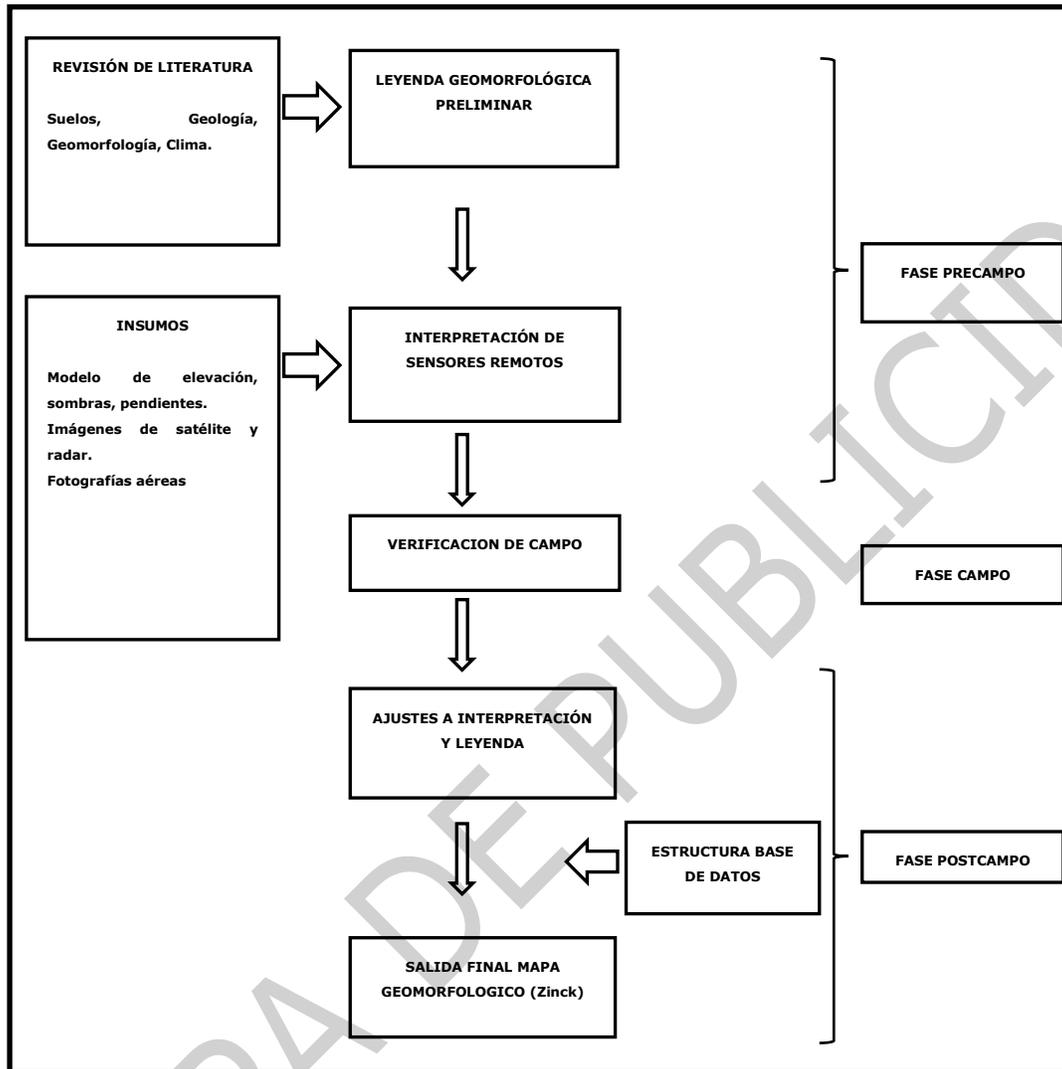


Figura 99. Procedimiento general para la elaboración mapa geomorfológico con fines edafológicos.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.1.1 Fase de compilación y análisis de la información (precampo)

3.9.16.1.1.1 Revisión de literatura

Durante la fase de pre campo, se consultaron los estudios de suelos adelantados por la Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, sobre el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Antioquia, estos estudios son: el estudio semidetallado de suelos (IGAC, 2007a) y el estudio general de suelos (IGAC, 2007a); los cuales fueron base para la definición la leyenda preliminar y a partir de ella, la identificación de las diferentes unidades geomorfológicas que constituyen la interpretación, en su aproximación a la escala 1:25.000, acorde con la metodología IGAC-Zinck, para el POMCA Rio Turbo-Currulao.



Además, para la construcción de la leyenda de interpretación, se contó con la información geológica del Servicio Geológico Colombiano (SGC), como apoyo para definir las unidades litológicas generales. Planchas geológicas (fotogeológicas) INGEOMINAS hoy SGC: 69 Necolí, 1999; 79 Turbo, 1999; y 80 Tierralta, 1999; a escala 1:100.000. Con sus respectivas memorias y del atlas geológico de Colombia la plancha 5-05 de 2007 a escala 1:500.000. Planchas geomorfológicas INGEOMINAS-IGAC. 2005: 69 Necolí y 79 Turbo, a escala 1:100.000.

3.9.16.1.1.2 Insumos

Los insumos utilizados fueron:

- Los modelos de elevación de ALOS y el de SRTM.
- Los modelos de sombras derivados del modelo de elevación como el raster, en el cual se resaltan las características del relieve mediante la iluminación de la superficie del terreno, en función de la posición y altura solar; el azimut de 315° (iluminación desde el Noroeste) y una altura de 45° respecto a la horizontal, con el fin de visualizar el terreno en un aspecto de seudorelieve.
- El Modelo de pendientes producto derivado del modelo de elevación digital, compuesto por un mapa raster en el cual cada pixel representa el valor promedio de la pendiente del terreno de acuerdo con el tamaño del pixel; este modelo es básico para el análisis del medio físico, se determinaron los rangos de pendientes para los estudios de suelos, de acuerdo a los adoptados por el IGAC (IGAC, 2014). La representación de los rangos de pendiente es utilizada durante la fase de interpretación digital, como apoyo en la visualización de las diferentes geoformas, a la vez es fundamental en la definición de las fases por pendiente esencial en el análisis de las limitantes que calificarán la capacidad de uso.

Con base en los rangos establecidos en la Tabla 71 se generó el mapa de pendientes, a partir del DEM Alos de 12m bajo con herramientas SIG.

Para la identificación de las geoformas, fue necesario consultar la información generada por SGC, en la cual se encuentra relacionada la estructura geológica y a los depósitos, para las diferentes unidades litológicas, asociadas con el origen y la evolución de las estructuras, sobre las cuales se han presentado diferentes procesos y eventos de carácter tectónico, estratigráfico, estructural, denudacional y deposicional, responsables de la configuración de las distintas geoformas que se han modelado sobre la superficie de la cuenca.

Tabla 71. Rangos de pendientes para los estudios de suelos.

PENDIENTE	SIMB.	DESCRIPCIÓN
0-3 %	a	A nivel / casi a nivel
3-7 %	b	Ligeramente inclinada / Ligeramente ondulada
7-12 %	c	Moderadamente Inclinada / Moderadamente ondulada / Ligeramente quebrada
12-25 %	d	Fuertemente inclinada / Fuertemente ondulada / Moderadamente quebrada
25-50 %	e	Fuertemente quebrada / Ligeramente escarpada
50-75 %	f	Moderadamente escarpada
75-100 %	g	Fuertemente escarpada (Incluye escarpes sub verticales y verticales)

Fuente: (IGAC, 2014 , pág. 13)

3.9.16.1.1.3 Leyenda geomorfológica preliminar



Se elaboró la leyenda geomorfológica preliminar a partir de la revisión general de la información básica y del análisis de los insumos utilizados, mencionados anteriormente; además, se tuvieron en cuenta las definiciones de los diferentes niveles jerárquicos de acuerdo al Sistema Geomorfológico (Zinck, A, 2012).

- **Paisaje:** Gran porción de terreno caracterizada por sus rasgos fisiográficos; corresponde a una repetición de tipos de relieve similares o a una asociación de tipos de relieve disímiles (Zinck, A, 2012). Los paisajes de la cuenca son: montaña, lomerío, piedemonte, y planicie.
- **Ambiente morfogenético:** Amplio tipo de medio biofísico originado y controlado por un estilo de geodinámica interna y/o externa (MarcadorDePosición2) Los ambientes morfogenéticos para la cuenca Turbo Currulao son: estructural, denudacional y deposicional.
- **Tipo de relieve:** Son aquellas geoformas determinadas por una combinación dada de topografía y estructura geológica; determinado por condiciones específicas morfoclimáticas o procesos morfogenéticos (Zinck, A, 2012). Las unidades encontradas para la cuenca se listan en Tabla 72 sobre la leyenda geomorfológica.
- **Litología:** Naturaleza petrográfica de las rocas duras u origen/naturaleza de las formaciones no-consolidadas de cobertura (Zinck, A, 2012).
- **Forma del terreno:** Tipo básico de geoforma caracterizado por una combinación única de geometría, historia y dinámica (Zinck, A, 2012). Corresponde al nivel más bajo del sistema jerárquico propuesto; es la unidad geomorfológica elemental, que sólo puede ser subdividida por fases.

3.9.16.1.1.4 Interpretación de sensores remotos

Fotointerpretación preliminar: se efectuó para la delimitación de las unidades geomorfológicas, el proceso es el producto de evidencias convergentes derivadas de los diferentes insumos utilizados, descritos en los numerales anteriores. La interpretación se realiza en pantalla con el uso del software ArcGis, en el cual se sobrepone toda la información digital disponible. Se verificó el sistema de coordenadas correspondiente a los orígenes cartográficos oficiales (Sistema MAGNA-SIRGAS). En el proceso de interpretación se hace uso de la extensión 3D Analyst, y de las herramientas de edición con que cuenta ArcGis. La base de datos geográfica, vinculada al feature class, contiene los atributos de acuerdo al manual para uso y diligenciamiento del modelo de almacenamiento geográfico (GDB) aplicable para la presentación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas -POMCA Versión 1.0 y a la tabla Excel denominada EDICION_GDB_EIA_PMA_DAA_POMCA-28AGO_2015. Adicionalmente, se utilizaron fotografías aéreas para identificar elementos que en ocasiones no se aparecían con otros insumos, el uso de un estereoscopio de espejos nos permite tener una visión estereoscópica de la superficie de la tierra y tener más detalle en tres dimensiones al identificar elementos y así despejar dudas de los límites de las geoformas.

Durante el proceso de interpretación se controló las áreas mínimas de mapeo de acuerdo a los criterios cartográficos y temáticos establecidos a escala 1:25000. Área mínima



cartografiable definida es de 6.25 Ha. a nivel de separaciones de pendiente, y para los elementos geomorfológicos área mínima cartografiable 1.6 Ha. Para las formas del terreno representativas o de importancia temática dentro de un Paisaje o Tipo de Relieve.

En la tabla de atributos se verificó que los campos de interpretación geomorfológica se encuentren diligenciados en su totalidad y sean concordantes con cada uno de los campos que se encuentran en la Leyenda. Para tal fin se realiza una inspección visual sobre la tabla y el mapa, y se verifica con un Dissolve. Además, se realiza el control topológico con dos reglas básicas (Gaps y Overlaps), y se cotejó que no existan polígonos adyacentes.

Área Efectiva de Trabajo (AET):

Para definir el área efectiva de trabajo, se descontó el área de los resguardos y de las zonas urbanas quedando un área efectiva de 80798,4. En esta etapa se excluyeron las áreas de las comunidades indígenas Resguardo indígena Caimán Nuevo, de la etnia Cuna según Resolución de Constitución No.073 de 12/12/1992 y Resolución de Ampliación No.0032 de 30/11/1998, localizadas en el municipio de Necoclí y Turbo del departamento de Antioquia; además, el resguardo indígena Dokerazavi de la Comunidad Embera, según Acuerdo de Constitución No.28 de 24/09/2001 y Resolución de Ampliación No.185 de 30/09/2009, en el municipio de Turbo, de acuerdo a la certificación 1704 de 21 de octubre de 2014, expedida por el Ministerio del Interior.

Los resguardos en total tienen un área aproximada de 8693has, tomada del shape suministrado por el IGAC. Para el trabajo de campo ambas áreas fueron excluidas por respeto a las tradiciones y cultura de las etnias presentes en la cuenca Turbo-Currulao.

Adicionalmente existe el Estudio semidetallado de suelos de las áreas potencialmente agrícolas (IGAC, 2007a), del cual se toman los perfiles que allí realizaron, pero para aspectos geomorfológicos no, por lo que se realizó la leyenda e interpretación geomorfológica acorde con las tendencias seguidas por el IGAC en el último lustro.

3.9.16.1.2 Fase de levantamiento de campo

Se revisó la leyenda preliminar y las unidades geomorfológicas delimitadas preliminarmente, sobre las cuales se adelantó la toma de información edáfica para la definición posterior de la capacidad de uso; además, se ajustaron las áreas pilotos y los transeptos para el trabajo de campo, en función de la representatividad de las unidades cartografiadas delimitadas y la accesibilidad. La toma de información edáfica para la identificación de la población de suelos se realizó mediante observaciones detalladas, de comprobación y finalmente en calicatas, donde se tomaron las muestras para los análisis de laboratorio requeridos. Las actividades desarrolladas se ilustran en forma general a continuación.

3.9.16.1.2.1 Reconocimiento preliminar



Se realizó un recorrido general de la zona de estudio, para familiarizarse con las geoformas interpretadas en la fase anterior y la leyenda. Se validaron las diferentes geoformas que fueron plasmadas en la interpretación, para lo cual se realizaron observaciones panorámicas que permitieron verificar los límites geomorfológicos de acuerdo a su nivel categórico. Además, se comprobó el estado de las vías y se ajustaron las áreas pilotos, por sugerencia de CORPOURABA, comprobando la localización de los transeptos proyectados por fotointerpretación; igualmente se realizaron reuniones con la comunidad para facilitar el acceso a los predios con los propietarios de los mismos. Es de anotar que, por las características especiales de la región, el acceso a todas las áreas programadas no fue posible, como se comentó en informes de avance.

Adicionalmente se registraron aquellas características externas que inciden en la capacidad de uso, tales como: medición y ajuste de las pendientes derivadas del modelo en la interpretación geomorfológica; erosión hídrica superficial ya sea de tipo laminar o concentrada; los excesos de humedad por inundaciones o encharcamientos; afloramientos rocosos y pedregosidad superficial; e internas como profundidad efectiva, fragmentos en el suelo, y desde el punto de vista químico los resultados de los análisis de caracterización realizados por el laboratorio de suelos Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

La información colectada, permitió la comprensión de la génesis de la geoforma, en especial de los depósitos, en algunos casos identificar el sustrato rocoso y registrar algunos procesos morfodinámicos activos como movimientos en masa, (terracetas y deslizamientos). De igual forma se registró el tipo de cobertura donde se realiza la observación.

3.9.16.1.2.2 Identificación de las poblaciones de suelos

La caracterización de los suelos para definir la capacidad de uso de las tierras se efectuó acorde con las especificaciones del Anexo A. Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenación de Cuencas Hidrográficas POMCAS. La caracterización contribuyó a aclarar y definir la génesis de las geoformas y las condiciones climáticas que la han afectado, mediante la descripción morfológica de cada uno de sus horizontes y su clasificación taxonómica. Simultáneamente durante esta labor se verificó la fotointerpretación y se complementó de la leyenda, se identificaron los materiales parentales de los suelos, la condición climática ambiental y edáfica.

Mediante las observaciones detalladas y de comprobación se definieron las características a ser analizadas para la capacidad de uso de las tierras, dentro de un rango de variación de los componentes edáficos representativos en cada unidad geomorfológica, de acuerdo a su ocurrencia, para lo que se elaboró una tabla Excel donde se condensaron todas las observaciones para su análisis y de la cual se deriva la tabla correspondiente para la GDB sugerida en la guía, con base en la cual se definen los lugares a ser muestreados mediante calicatas y donde se tomaron las muestras para análisis de laboratorio, que caracterizan las unidades “geomorfo-pedológicas” (UGMP).

Los resultados obtenidos en esta fase se resumen en:

- Verificación de las formas de la tierra (geomorfología) delimitadas por fotointerpretación.



- Identificación de los materiales parentales en los suelos encontrados.
- Señalamiento de la condición climática ambiental y del régimen de humedad edáfico en cada uno de los ambientes edafogenéticos.
- Registro de información complementaria para la descripción de las unidades con fines de establecer la capacidad de uso de las tierras.
- Identificación de los suelos principales.
- Selección de los perfiles que caracterizan la unidad geo pedológica, con la toma de muestras para análisis de laboratorio.
- Reestructuración y complementación de la leyenda geomorfológica como base para el contenido geo pedológico.
- Registro fotográfico de las observaciones de suelos y su entorno para ilustrar el informe.
- Caracterización fisicoquímica.

3.9.16.1.3 Fase de análisis y evaluación (postcampo)

Al terminar la etapa de trabajo en campo, se ajustó y actualizó la leyenda transformándola en una versión consolidada y definitiva para acompañar el mapa de unidades “geomorfo-pedológicas” (UGMP).

3.9.16.1.3.1 Estructura de base de datos

El diseño y estructura del modelo de datos siguió lo expuesto en el manual para uso y diligenciamiento del modelo de almacenamiento geográfico (GDB) aplicable para la presentación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas -POMCA versión 1.0 (Ver Figura 100).

El modelo para el componente Capacidad de uso de ubica dentro del medio físico, e incluye la capa Geomorfología (Unidad Geomorfológica IGAC); para el componente de suelos, las capas geográficas asociadas fueron SUELOS, CapacidadUsoTierra, Suelo.



Figura 100. Procedimiento general para la elaboración del mapa geomorfológico con fines edafológicos.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.1.3.2 Ajustes a interpretación y leyenda. Salida final

Realizados los ajustes de la cartografía geomorfológica y su leyenda, acorde con criterios propuestos por el IGAC, se obtuvo el mapa geomorfológico el cual se describe en el siguiente numeral.



3.9.16.2 Descripción de Unidades Geomorfológicas

Como productos de las etapas anteriores, se presenta a continuación la leyenda geomorfológica, estructurada jerárquicamente acorde con lo propuesto por Zinck (1987 y 2012), adaptado por el IGAC, y el mapa correspondiente presentado en la Figura 101 a escala 1:25.000.

En la Tabla 72. Leyenda geomorfológica., se presenta la leyenda geomorfológica para suelos, y a continuación la descripción de las diferentes unidades siguiendo el orden de la leyenda, con información de las características de las geoformas, teniendo en cuenta para tal fin la morfogénesis, morfometría, morfología, morfocronología, morfodinámica y litología, según el nivel jerárquico donde aplican. Es de anotar que a los cuerpos de agua se les asignó, desde el punto de vista geomorfológico, la connotación de Albúfera (laguna).

Tabla 72. Leyenda geomorfológica.

PAISAJE	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	TIPO RELIEVE	MATERIALES LITOLÓGICOS	FORMA TERRENO	SIMB	Área Ha	%			
Montaña	Estructural-Denudacional	Crestón	Arenitas y lodolitas	Ladera erosional	MCaF	7.336,4	8,2			
				Ladera estructural	MCaR	4.590,2	5,1			
		Loma	Arenitas y lodolitas	Cimas y laderas	MLaL	11.167,0	12,4			
	Deposicional	Glacís	Depósitos coluviales	Plano inclinado	MGP	78,2	0,1			
				Valle estrecho	Depósitos coluviales	aluvio-	Plano de terraza nivel 1	MVP1	901,6	1,0
		Plano de terraza nivel 2	MVP2				22,8	0,0		
		Vallecito	Depósitos coluviales	aluvio-	Vega	MVV	471,9	0,5		
					Vega	MZV	698,3	0,8		
					Lomerío	Estructural-Denudacional	Crestón	Lodolitas arenitas	sobre	Ladera erosional
		Ladera estructural	LKR	1.818,7						2,0
Espinazo	Arenitas y lodolitas	Ladera erosional	LEF	4.925,5						5,5
Loma	Arenitas y lodolitas	Ladera estructural	LER	10.364,3						11,5
		Cimas y laderas	LLaL	11.502,4	12,8					
Deposicional	Glacís	Depósitos coluviales	Lodos diapirismo	Domo diapírico	LLIL	7.344,4	8,2			
				LLD	652,5	0,7				
	Valle estrecho	Depósitos coluviales	aluvio-	Plano inclinado	LGP	1.167,3	1,3			
				Vallecito	Depósitos coluviales	aluvio-	Bajo de terraza	LVD1	102,2	0,1
	Plano de terraza nivel 1	LVP1	4.083,3				4,5			
	Plano de terraza nivel 2	LVP2	298,5				0,3			
	Vallecito	Depósitos coluviales	aluvio-	Vega	LVV	1.946,1	2,2			
Vega				LZV	1.072,4	1,2				
Deposicional	Abanico		Ápice	PArA	3.804,4	4,2				



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

PAISAJE	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	TIPO RELIEVE	MATERIALES LITOLÓGICOS	FORMA TERRENO	SIMB	Área Ha	%
Piedemonte		Vallecito	Depósitos heterométricos de origen aluvial	Bajo de abanico de abanico	PARd	7,2	0,0
			Depósitos aluvio-coluviales	Vega	PARc	7.769,6	8,6
Planicie	Deposicional	Plano de marea	Depósitos marinos	Cordón de playa	RRB	1.606,1	1,8
			Depósitos marinos y orgánicos	Albufera (laguna)	RRL	18,5	0,0
		Terraza marina	Depósitos aluviales y marinos	Marisma	RMM	2.321,1	2,6
				Bajo de terraza	RTeD	163,3	0,2
		Vallecito	Depósitos aluvio-coluviales	Plano de terraza marina	RTeP	1.023,5	1,1
		Vega	RZV	247,7	0,3		
ZONAS URBANAS					ZU	758,4	0,8

Fuente: Elaboración propia.

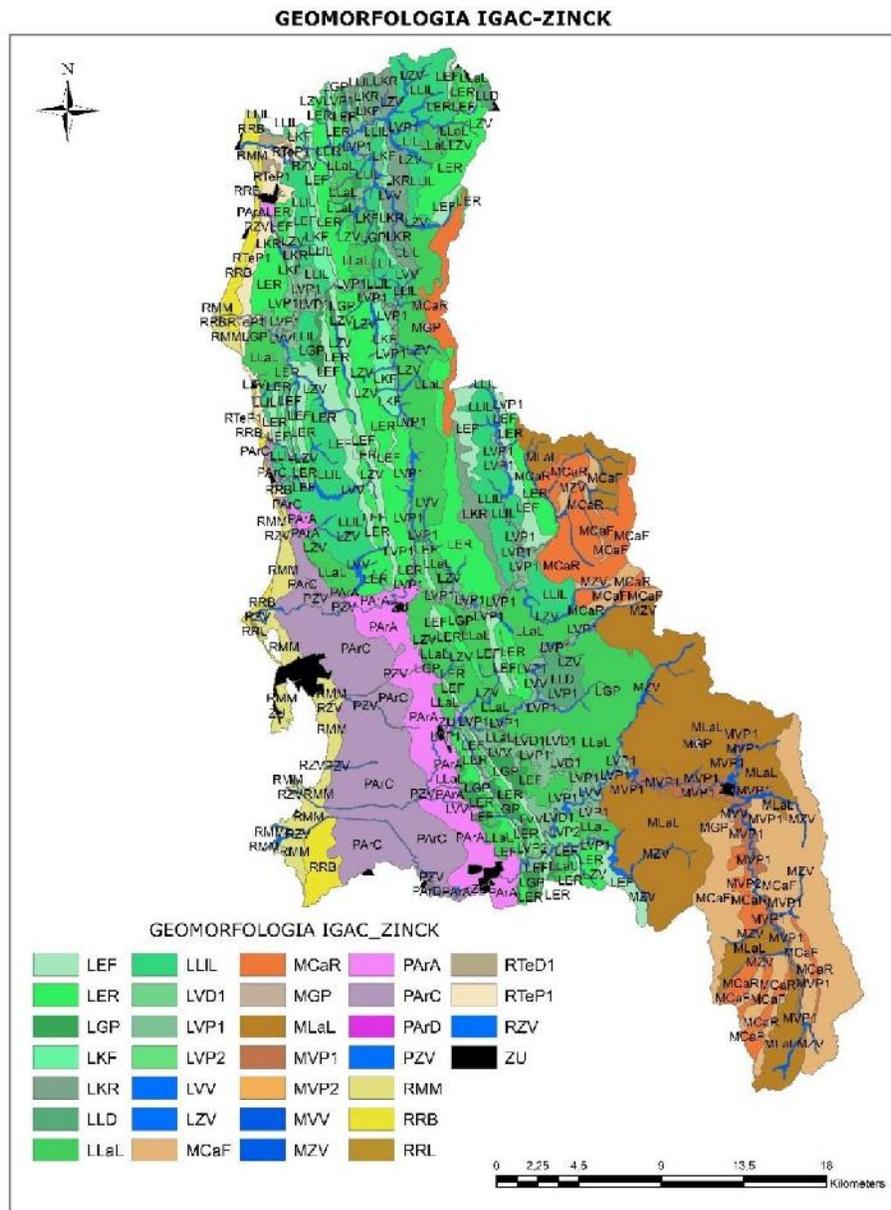


Figura 101. Mapa de unidades geomorfológicas IGAC- Zinck.
Fuente: Elaboración propia.

La caracterización de las diferentes geoformas se realiza en el contexto de la cuenca denominada Turbo Currulao, localizada en el Urabá Antioqueño, al Noroccidente del Departamento de Antioquia, bajo un clima cálido húmedo. En la zona afloran 2 unidades geológicas principalmente, la unidad Pavo y la unidad Arenas Monas, (GEOTEC, 1997), en general son secuencias de edad Neógeno, compuestas por paquetes de arenitas y lodolitas intercaladas, variando su proporción con el nivel de la secuencia,



ocasionalmente se pueden observar conglomerados, la zona presenta por su configuración tectónica pliegues sinclinales y anticlinales (Ver caracterización geológica).

Las unidades reportadas en el capítulo de geología son: Pavo inferior y superior; Arenas Monas; depósitos cuaternarios de tipo aluvial con clastos de arenitas esféricas y discoidales; depósitos marinos con bio clastos calcáreos en una matriz casi inexistente de material fino y con abundante materia orgánica; depósitos coluviales localizados en base de las laderas de los valles de la cuenca, están constituidos por clastos de arenita, angulares y primaticos, la matriz es de arena media y limo, no tienen selección; con muy poca ocurrencia los de materiales provenientes de las manifestaciones del vulcanismo de lodo.

La cuenca se encuentra dentro del concepto de geoestructura de geosinclinal, la cual se caracteriza por presentar ambientes morfogenéticos de tipo estructural y denudativo, desarrollando los paisajes de montaña y lomerío, y deposicional de tipo aluvial en la parte plana, permitieron el desarrollo del paisaje piedemonte y planicie.

Los conceptos que definen a cada unidad dentro del marco jerárquico se basan en las definiciones compiladas y adaptadas de (Villota, 2005), además de glosarios y textos geomorfológicos.

3.9.16.2.1 Paisaje Montaña (M) 25.266.4 Ha 28.11%

El ambiente morfogenético es estructural de montaña, Se define como una elevación natural del terreno, con más de 300 metros de desnivel con relación al nivel de base regional, en este caso el nivel del mar, o en relación a las unidades de paisaje circundantes de posición más baja como son el lomerío, piedemonte y la planicie. Su origen es diverso, asociados principalmente a esfuerzos tectónicos, por la interacción de placas que convergen en la zona y que generaron el levantamiento, plegamiento y fallamiento de las unidades geológicas sedimentarias del neógeno, en este caso la unidad Pavo superior e inferior, compuesta por arenitas comúnmente cementadas por carbonatos, en ocasiones conglomeráticas, calcáreas o cuarzosas, intercaladas con lodolitas (ver capítulo geología). Este paisaje tiene una expresión abrupta, masiva, quebrada, de disección profunda, con cimas agudas, subagudas a semiredondeadas; laderas de formas regulares e irregulares o complejas, de longitud variable, en general un gradiente promedio superior al 25%. El patrón de drenaje con tendencia de subdendrítico a sub paralelo.

3.9.16.2.1.1 Crestón (MC)

Tipo de relieve formado en el ambiente morfogenético estructural en paisaje de montaña, corresponde a una estructura monoclinal, de perfil transversal convexo, irregular, asimétrica. El origen de esta unidad es consecuencia del fallamiento, plegamiento especialmente por compresión y levantamiento de las montañas; constituido en rocas de origen sedimentario con alternancia de estratos duros y blandos, hecho que genera una resistencia diferencial a los procesos denudacionales, permitiendo el desarrollo de resaltos y/o escarpes asociados a fallas geológicas.

El crestón lo componen formas del terreno, la primera denomina revés o ladera estructural, la que se caracteriza por un buzamiento de la roca con valores de 10° a 30°,



atributo que define este tipo de relieve; mientras la segunda se denomina frente o ladera erosional. Dentro de las formas de terreno se encuentran:

- **Ladera estructural o Revés (MCaR)**, en la cual los estratos rocosos presentan un buzamiento con valores que oscilan entre 10° a 30° , se caracteriza por un perfil topográfico rectilíneo e irregular; longitud que varía de muy corta a larga y una pendiente que se encuentra entre ligeramente inclinada y moderadamente escarpada, por lo general el estrato más resistente se encuentra en la parte superior de la unidad geológica, en la cuenca arenitas con cemento calcáreo, a veces arenitas conglomeráticas. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero y la presencia de movimientos en masa principalmente lentos solifluidales de tipo pata de vaca muy generalizada y pocos movimientos en masa (Ver Figura 102).



MCaR – Vereda Playa Larga



MCaR – Vereda Playa Larga

Figura 102. Ladera estructural es en montaña.

Fuente: Elaboración propia.

- **Ladera erosional o Frente (MCaF)**, opuesta a la anterior, en ella se aprecia la alternancia de los estratos que forman la unidad geológica (arenitas y lodolitas principalmente). Se caracteriza por un perfil topográfico rectilíneo a irregular, en ocasiones con presencia de afloramientos rocosos; presenta una longitud que varía de muy corta a moderada y pendiente calificadas dentro del rango de escarpada a muy escarpada. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero y la presencia de movimientos en masa principalmente lentos solifluidales de tipo pata de vaca muy generalizada y son comunes los movimientos en masa tipo golpe de cuchara (ver Figura 103).



MCaF – Vereda Cruz de Hueso



MCaF – Vereda Cruz de Hueso

Figura 103. Laderas erosiónales en montaña.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.1.2 Lomas (ML)

Tipo de relieve formado en un ambiente morfogenético denudacional en paisaje de montaña, donde los procesos de meteorización, remoción en masa y erosión han borrado los rasgos estructurales de las unidades geológicas sedimentarias pre-cuaternarias. En la zona corresponde a una secuencia repetitiva de formas con configuración alargada, simétricas, con elevación menor a 100 metros con respecto a su nivel de base local; de laderas cortas a muy cortas; presentan un gradiente de pendiente entre ligeramente plano a escarpado. La red de drenaje varía en función del tipo de material sobre el cual se desarrolla este tipo de relieve, el patrón es de tipo subdendrítico a subparalelo, de densidad moderada y moderadamente profundo; desarrolladas sobre materiales sedimentarios del neógeno, arenitas y lodolitas. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:

- **Cima y ladera (MLaL):** Es una unidad compleja donde se asocian estas dos formas de terreno. Las cimas son el punto más alto de las lomas, es una superficie estrecha, que culmina en formas sub agudas y alargadas, comprenden la parte más elevada de la loma. Su pendiente es plana a ligeramente plana y presenta terminaciones en forma convexa. La ladera es inclinada, Su pendiente varía de ligeramente plana a escarpada y su longitud es de corta a muy corta. Presenta configuraciones rectilíneas, cóncavas y/o convexas. En la ladera se observan huellas de remoción en masa de tipo pata de vaca y arrastre de material por escorrentía superficial no concentrada, el cual se deposita al pie de la ladera, o termina siendo transportado como sedimento aluvio-coluviales por los drenajes de la zona. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero a moderado y la presencia de movimientos en masa principalmente lentos tipo pata de vaca muy generalizada y movimientos en masa tipo golpe de cuchara y algunos deslizamientos rotacionales (ver Figura 104).



MLaL – Corregimiento Nueva Antioquia



MLaL – Corregimiento Nueva Antioquia

Figura 104. Lomas de montaña.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.1.3 Glacis (MG)

Glacis o glacis de acumulación, tipo de relieve de ambiente deposicional, dentro del paisaje de montaña, caracterizado por su configuración alargada, casi paralela a las zonas elevadas de donde provienen los materiales, de poca extensión la cual no supera los 300 metros de longitud en dirección de la pendiente. Mantiene una topografía plano-cóncava y pendientes que pueden variar desde ligeramente planas hasta moderadamente inclinadas, su origen se debe a la erosión laminar del suelo y del desprendimiento de fragmentos rocosos menores a los guijos, que escurren bajo la acción de gravedad, los materiales son depositados de manera gradual y selectiva en aquellas áreas localizadas en la base de las laderas, produciendo un depósito no consolidado. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:

- **Plano inclinado (MGP):** Forma de terreno originada por procesos de agradación de materiales transportados por acción de la gravedad, se ubica en la base de las laderas de donde son originados, presentando una configuración alargada y de poca extensión, de forma rectilínea a plano, cóncava, con pendientes que van desde ligeramente planas hasta moderadamente inclinadas, formado por capas de depósitos coluviales de materiales finos producto de la erosión laminar sobre las laderas circundantes. No se observan procesos morfodinámicos (ver Figura 105).



MGP – Corregimiento Nueva Antioquia



MGP – Vereda la Marina

Figura 105. Glacis en paisaje de montaña.
Fuente: Elaboración propia.



3.9.16.2.1.4 Valle Estrecho (Mv)

Tipo de relieve formado bajo un ambiente morfogenético deposicional en paisaje de montaña. Es una incisión angosta y alargada paralela al curso del drenaje, limitada por terrenos más altos. Transversalmente tiende a una configuración similar a una "U". Formado por una corriente de agua, entallada sobre la superficie que se generó por el descenso en el nivel de base del drenaje o por levantamiento del terreno adyacente por actividad tectónica o por relleno de aluviones en su interior de los materiales provenientes de las partes altas de la cuenca que se depositan en sentido longitudinal por la acción fluvial. Se caracteriza por la formación de uno o dos niveles de terraza discontinuos en cualquiera de las márgenes; recibe aportes laterales por acción combinada de la gravedad y escurrimiento superficial de las laderas confinantes. Su longitud varía en función de la configuración del relieve y la torrencialidad de las corrientes, con pendientes longitudinales que varían de ligeramente planas a fuertemente inclinadas; (Adaptado de IGAC, 2005). La unidad está conformada por las siguientes formas del terreno:

- **Plano de Terraza 1 (MVP1):** Superficie discontinua, paralela a las márgenes de la vega, de topografía plana a ligeramente ondulada, de extensión corta, configuración estrecha; pendientes ligeramente planas a fuertemente inclinadas. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial. Su desarrollo se da por la acumulación discontinua de materiales de manera longitudinal, por la acción de la corriente que modelada los sedimentos aluviales; limitada por escarpes de poco desnivel (menores a 5 m). La composición de los materiales de estos depósitos consta de: cantos, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas en diferentes proporciones y naturaleza. Son unidades que pueden estar sujetas a inundaciones y encharcamientos en épocas de lluvias extremas (ver Figura 106).



MVP1 Vereda Playa Larga



MVP1 – Vereda Pueblo Galleta

Figura 106. Plano de terraza en valle estrecho de montaña.

Fuente: Elaboración propia.

- **Plano de Terraza 2 (MVP2):** Superficie alargada, discontinua de topografía plana a ligeramente ondulada, de extensión corta, configuración estrecha y pendientes ligeramente planas a fuertemente inclinadas. Su desarrollo se da por la acumulación discontinua de materiales de manera longitudinal por acción del río y por depositación de aportes laterales hacia esta superficie, proveniente de las laderas confinantes, por lo general asociados a procesos coluviales. El plano de terraza 2 es considerado más antiguo y está topográficamente a mayor altura y distancia del cauce. Al igual que plano de terraza 1, puede estar limitado por escarpes de poco desnivel (menores a 10 m). La



composición de los materiales de estos depósitos consta de: cantos, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas en diferentes proporciones y naturaleza. Son unidades que pueden estar sujetas encharcamientos en épocas de lluvias (Ver Figura 107).



MVP2 Vereda Playa Larga



MVP2 Vereda Playa Larga

Figura 107. Plano de terraza 2 de valle estrecho en paisaje de montaña.
Fuente: Elaboración propia.

- **Vega (MVV):** Superficie de terreno más baja del valle estrecho, corresponde a una zona que es periódicamente ocupada por el curso de la corriente, que cede y recibe aluviones por acción del ascenso y descenso del cauce; con pendientes que van de ligeramente planas a fuertemente inclinadas. Está sujeta a la dinámica natural estacional fluvial, en época de lluvias son comunes los aumentos de caudal que llenan esta forma de terreno, adicionalmente recibe los sedimentos provenientes de los procesos denudativos de las laderas que la confinan (ver Figura 108).



VV – Vereda Bocas de Limón



MVV – Vereda Tío López

Figura 108. Vega de valle estrecho en montaña.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.1.5 Vallecito (MZ)



Tipo de relieve formado en un ambiente morfogénico deposicional en paisaje de montaña, es una incisión alargada y estrecha, de forma rectilínea que tiene como eje una corriente de agua permanente o intermitente, que se encuentra confinada entre dos áreas de relieve más alto, las laderas de la montaña; los drenajes por lo general son de orden inferior a 3, tienen carácter torrencial y se encuentran en un proceso de incisión, no generan depósitos en su interior, solo alcanza a desarrollar vegas por donde transcurren las corrientes de agua. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:

- **Vega (MZV):** Superficie de terreno más baja de un vallecito, que bordea ambos márgenes de un curso de agua y corresponde a una zona periódicamente inundable que cede y recibe aluviones de lecho (ver Figura 109).



MZV – Vereda Pueblo Galleta



MZV – Vereda Pueblo Galleta

Figura 109. Vallecitos de montaña.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.2 Paisaje Lomerío (L) 46.511.09 Ha 51.75%

Se define como paisaje de lomerío a las elevaciones naturales del terreno, de menor desnivel que una montaña (menos de 300 m) con relación al nivel de base local; caracterizado por la repetición dominante de lomas de forma alargadas, estrechas, de altura variable, cimas estrechas convexas, que divergen en dos o más direcciones; de laderas cortas, moderadamente inclinadas, presentan una inclinación promedio entre el 7 y el 25% aunque pueden alcanzar hasta el 50%, disectada por una red hidrográfica moderada a densa, con patrón de drenaje subdendrítico a sub paralelo, configurando así una superficie quebrada a ondulada.

El paisaje de lomerío se originó a partir de la acumulación de sedimentos marinos y continentales, en mares poco profundos, levantados, fracturados y plegados por procesos tectónicos, configurando así relieves con atributos estructurales, aunque también pueden existir lomeríos asociados exclusivamente a procesos denudativos o combinados, donde la meteorización, la remoción en masa y la erosión diferencial han actuado sobre secuencias de rocas sedimentarias blandas y duras que conforman las estructuras plegadas del Neógeno presentes en la cuenca Turbo Currulao. Las rocas que componen este paisaje en su mayoría cuentan con menor tiempo de consolidación que las de montaña; compuesta por arenitas, en ocasiones conglomeráticas, calcáreas o cuarzosas, lodolitas y lutitas de la unidad Pavo en sus diferentes niveles y la Formación Arenas Monas, constituida por conglomerados arenosos que varían a arenas



conglomeráticas, arenitas y limolitas. Los tipos de relieve reconocidos en el paisaje de lomerío de la zona estudiada son:

3.9.16.2.2.1 Crestón (LK)

Tipo de relieve formado en el ambiente morfogénico estructural en paisaje de lomerío, corresponde a una estructura monoclinial, de perfil transversal convexo, irregular, asimétrica. El origen de esta unidad es consecuencia del fallamiento, plegamiento especialmente por compresión y levantamiento; constituido por rocas de origen sedimentario con alternancia de estratos de arenitas con cementación calcárea y blandos de lodolitas y limolitas, hecho que genera una resistencia diferencial a los procesos denudacional, permitiendo el desarrollo de resaltos y/o escarpes asociados a fallas geológicas.

El crestón lo componen dos formas del terreno, la primera denomina revés o ladera estructural, la que se caracteriza por un buzamiento de la roca con valores de 10° a 30°, atributo que define este tipo de relieve; mientras la segunda se denomina frente o ladera erosional. Dentro de las formas de terreno se encuentran:

- **Ladera erosional o Frente (LKF):** Opuesta a la anterior, en ella se aprecia la alternancia de los estratos que forman la unidad geológica (arenitas y lodolitas principalmente). Se caracteriza por un perfil topográfico rectilíneo a irregular, en ocasiones con presencia de afloramientos rocosos; presenta una longitud que varía de muy corta a moderada y pendiente calificadas dentro del rango de escarpada a muy escarpada. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero a moderado y la presencia de movimientos en masa principalmente lentos tipo pata de vaca y pocos golpes de cuchara (ver Figura 110).



LKF – Vereda Aguas Claras



LKF – Vereda Nueva Luz

Figura 110. Ladera erosional de crestón en lomas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Ladera estructural o Revés (LKR),** en la cual los estratos rocosos presentan un buzamiento con valores que oscilan entre 10° a 30°, se caracteriza por un perfil topográfico rectilíneo e irregular; longitud que varía de muy corta a moderada y una pendiente que se encuentra entre ligeramente inclinada y moderadamente escarpada, por lo general el estrato más resistente se encuentra en la parte superior de la unidad geológica, en la cuenca arenitas con cemento calcáreo, a veces arenitas conglomeráticas. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica



superficial en grado ligero y la presencia de movimientos en masa principalmente lentos solifluidales de tipo pata de vaca y pocos golpes de cuchara (ver Figura 111).



LKR – Vereda El Barro



LKR – Vereda Nueva Luz

Figura 111. Ladera estructural de crestón en lomas.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.2.2 Espinazo-hog back (LE):

Paisaje monoclinual de ambiente morfogenético estructural en paisaje de lomerío, corresponde a una estructura de perfil transversal convexo, generalmente asimétrico; constituido por estratos alternos de diferente dureza, permeabilidad y resistencia, como areniscas y lodolitas, dispuestos en un patrón escalonado de lajas triangulares o chevrones labrados por la acción de la escorrentía, dispuestos a manera de escamas que llegan hasta la cima de la unidad. El origen de esta unidad es consecuencia del fallamiento y levantamiento de los sedimentos transformados en rocas sedimentarias del Neógeno; en conjunto configuran un patrón de drenaje subparalelo, angular o trellis. Su altura no sobrepasa los 300 m.s.n.m. en la zona. La resistencia diferencial de los materiales litológicos da lugar igualmente a diferentes procesos denudacionales.

El espinazo lo componen formas del terreno, la primera denomina revés o ladera estructural, la que se caracteriza por un buzamiento de la roca con valores de 30° a 70°, atributo que define este tipo de relieve; mientras la segunda se denomina frente o ladera erosional. La unidad está conformada por las siguientes formas de terreno:

- **Ladera Erosional o Frente (LEF):** Superficie que se encuentra en dirección opuesta al buzamiento de los estratos, con estratos inclinados en contra de la pendiente; de apariencia escalonada, generada por estratos de diferente dureza y composición; se caracteriza por un perfil topográfico rectilíneo a irregular, en ocasiones con presencia de afloramientos rocosos; presenta una longitud que varía de muy corta a moderada y valores de pendiente que van de fuertemente inclinada a muy escarpada. por lo general el estrato más resistente se encuentra en la parte superior de la unidad geológica, en la cuenca arenitas con cemento calcáreo, a veces arenitas conglomeráticas. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero y la presencia de movimientos en masa principalmente lentos solifluidales de tipo pata de vaca y son frecuentes los deslizamientos tipo golpe de cuchara (ver Figura 112).



LEF – Vereda Bella Vista



LEF – Vereda Cirilo

Figura 112. Ladera erosional de espinazo en lomas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Ladera estructural (LER):** Superficie natural con estratos inclinados que tienen su buzamiento en favor de la pendiente, se caracteriza por un perfil topográfico rectilíneo a irregular; presenta una longitud que varía de muy corta a muy larga y una pendiente topográfica entre ligeramente inclinada y moderadamente escarpada; se desarrollan por lo general sobre rocas duras a intermedias, con patrón de drenaje subparalelo; por lo general el estrato más resistente se encuentra en la parte superior de la unidad geológica, en la cuenca arenitas con cemento calcáreo, a veces arenitas conglomeráticas. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero y la presencia de movimientos en masa principalmente tipo pata de vaca y son frecuentes los deslizamientos tipo golpe de cuchara (ver Figura 113).



LER – Vereda La Caña



IMG – Vereda Aguas Claras

Figura 113. Ladera estructural de espinazo en lomas.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.2.3 Lomas (LL)

Tipo de relieve formado en un ambiente morfogenético denudacional en paisaje de lomerío, donde los procesos de meteorización, remoción en masa y erosión han borrado los rasgos estructurales de las unidades geológicas sedimentarias pre-cuaternarias. En la zona corresponde a una secuencia repetitiva de formas de configuración alargada (lomas) y/o semicircular (colinas), simétricas, cuya elevación es menor a 100 metros con respecto a su nivel de base local; laderas cortas a muy cortas, presentan un gradiente de pendiente entre ligeramente plano a escarpado. La red de drenaje varía en función del tipo de material sobre el cual se desarrolla este tipo de relieve, el patrón es de tipo dendrítico, subdendrítico a subparalelo, de densidad moderada y moderadamente



profundo; desarrolladas sobre materiales sedimentarios del neógeno: predominan las lodolitas sobre arenitas con cemento calcáreo. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:

- **Cima y ladera (LLaL):** Forma de terreno compuesta, asociada a una repetición monótona de cimas y laderas. En este caso las arenitas predominan sobre las lodolitas. Presenta una configuración mixta, convexa en la parte más elevada de la loma y/o colina (cima), angostas y redondeadas, convexa; pendiente plana a ligeramente inclinada; en los flancos inclinados (laderas), rectilíneos, cóncavos y convexos, que divergen en todas las direcciones a partir de la cima. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero y la presencia de movimientos en masa principalmente tipo pata de vaca, son comunes los deslizamientos (ver Figura 114).



LLaL – Vereda Aguas Claras



LLaL – Corregimiento Caracolí

Figura 114. Lomas del paisaje lomerío en arenitas

Fuente: Elaboración propia.

- **Cima y ladera (LLIL):** Forma de terreno compuesta, asociada a una repetición monótona de cimas y laderas. En este caso las lodolitas predominan sobre las areniscas. Presenta una configuración mixta, convexa en la parte más elevada de la loma y/o colina (cima), angostas y redondeadas, convexa; pendiente plana a ligeramente inclinada; en los flancos inclinados (laderas), rectilíneos, cóncavos y convexos, que divergen en todas las direcciones a partir de la cima. Se observan procesos morfodinámicos asociados a erosión hídrica superficial en grado ligero y la presencia de movimientos en masa principalmente tipo pata de vaca, son muy comunes los deslizamientos (ver Figura 115).



LLIL – Vereda Manuel Cuello



LLIL Vereda El Piñal

Figura 115. Lomas del paisaje Lomerío en Lodolitas

Fuente: Elaboración propia.



- **Domo Diapírico (LLD):** Forma de terreno, que presenta una superficie redondeada, de topografía convexa y morfología colinada; cima plana convexa; laderas convexas, con pendientes que oscilan entre ligeramente planas hasta moderadamente inclinadas entre 15° - 20°. En algunos casos esta geoforma puede alcanzar una altura máxima de 120 metros sobre el nivel de base local, aunque también es común que el domo carezca de una expresión notoria que permita su delimitación. El origen de estas estructuras está asociado al vulcanismo de lodo reportado en la zona, aunque no se conocen los mecanismos de ascenso del lodo, se considera que se debe a la intensa actividad tectónica presente en la zona, especialmente a las fallas, a la acumulación de agua y gases, provenientes de formaciones lodosas, que han encontrado un plano de debilidad óptimo para ascender hasta la superficie. La estructura crece por la acumulación de lodos, producto de erupciones anteriores; el empuje ascendente de masas de lodo a gran temperatura y presión, provoca la deformación del terreno y de los estratos rocosos del subsuelo, ya sea por compresión tectónica, alto contenido de gases o por la diferencia de densidades entre los materiales confinados en profundidad y la cobertera sedimentaria superior más densa (Carvajal, Mendivelso, Pinzón, Castiblanco, & Prada, 2010). Se generan fisuras como bocas o conos de lodo, discontinuas por donde escapan residuos de lodo y gas. Estas fuentes de emisión se denominan diapiros, son de diferentes tamaños, se pueden encontrar en la cima y con menor frecuencia en los flancos de la estructura (ver Figura 116).



LLD – Corregimiento El Volcán



LLD – Corregimiento El Volcán

Figura 116. Volcanes de lodo en paisaje de Lomerío.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.2.4 Glacís (LG)

Glacís o glacis de acumulación. Tipo de relieve, de ambientes deposicional, dentro del paisaje de lomerío, caracterizado por su configuración alargada de poca extensión, la cual no supera los 200 metros de longitud en dirección de la pendiente. Mantiene una topografía regular plano-cóncava y pendientes que pueden variar desde ligeramente planas hasta moderadamente inclinadas; su origen se debe a la erosión laminar del suelo y del desprendimiento de fragmentos rocosos menores a los guijos, arrastrados por reptación o mediante saltación de partículas hacia los sectores bajos de las laderas de las lomas que lo dominan, los materiales son depositados de manera gradual y selectiva en aquellas áreas localizadas en la base de las laderas, produciendo un depósito no consolidado. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:



- **Plano inclinado (LGP):** Originado por procesos de agradación de materiales transportados por acción de la gravedad, se ubica en la base de las laderas de donde es originado, presentando una configuración alargada y de poca extensión de forma rectilínea a plano cóncava, con pendientes que van desde ligeramente planas hasta moderadamente inclinadas, formado por capas de depósitos coluviales de materiales finos producto de la erosión laminar que actúa sobre las laderas circundantes. No se observan procesos morfodinámicos (ver Figura 117).



LGP – Vereda Agua Dulce.



LGP – Vereda Agua Dulce.

Figura 117. Glacís en lomerío.
Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.2.5 Valle estrecho (LV)

Tipo de relieve formado bajo un ambiente morfogenético deposicional en paisaje de lomerío. Es una incisión angosta y alargada paralela al curso del drenaje, limitada por terrenos más altos. Transversalmente tiende a una configuración similar a una "U". Formada por una corriente de agua, entallada sobre la superficie que se genera por el descenso en el nivel de base del drenaje o por levantamiento del terreno adyacente por actividad tectónica o por relleno de aluviones en su interior de los materiales provenientes de las partes altas de la cuenca que se depositan en sentido longitudinal por la acción fluvial. Se caracteriza por la formación de uno o dos niveles de terraza discontinuos en cualquiera de las márgenes en ocasiones reciben aportes laterales por acción combinada de la gravedad y escurrimiento superficial de las laderas confinantes. Su longitud varía en función de la configuración del relieve y la torrencialidad de las corrientes, con pendientes longitudinales que varían de ligeramente planas a fuertemente inclinadas. La unidad está conformada por las siguientes formas del terreno:

- **Bajo de terraza (LVD1):** Zona cóncava, con pendiente plana y de configuración redondeada o elongada, que normalmente presenta materiales finos dificultando el drenaje y favoreciendo a aparición de vegetación hidrófila, comúnmente se encuentra asociada a los valles estrechos del lomerío. No presentan procesos de movimientos en masa, son susceptibles a inundación y encharcamientos (ver Figura 118).



LVD1 – Vereda Paquemás



LVD1 – Vereda Paquemás

Figura 118. Bajos de terraza 1 de valle estrecho en Lomerío
Fuente: Elaboración propia.

- **Plano de Terraza 1 (LVP1):** Superficie discontinua, paralela a las márgenes de la vega, de topografía plana a ligeramente ondulada, de extensión corta, configuración estrecha; pendientes ligeramente planas a fuertemente inclinadas. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial. Su desarrollo se da por la acumulación discontinua de materiales de manera longitudinal, por la acción de la corriente que modelada los sedimentos aluviales; limitada por escarpes de poco desnivel (menores a 5 m). La composición de los materiales de estos depósitos consta de: cantos, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas en diferentes proporciones y naturaleza. Son unidades que pueden estar sujetas a inundaciones y encharcamientos en épocas de lluvias extremas (ver Figura 119).



LVP1 – Vereda Pueblo Galleta



LVP1 – Vereda Pueblo Galleta

Figura 119. Plano Terraza nivel 1 en valle estrecho de Lomerío.
Fuente: Elaboración propia.

- **Plano de Terraza 2 (LVP2):** Superficie alargada, discontinua de topografía plana a ligeramente ondulada, de extensión corta, configuración estrecha y pendientes ligeramente planas a fuertemente inclinadas. Su desarrollo se da por la acumulación discontinua de materiales de manera longitudinal por acción del río y por depositación de aportes laterales hacia esta superficie, proveniente de las laderas confinantes, por lo general asociados a procesos coluviales. El plano de terraza 2 es considerado más antiguo y está topográficamente a mayor altura y distancia del cauce. Al igual que plano de terraza 1, puede estar limitado por escarpes de poco desnivel (menores a 10 m). La composición de los materiales de estos depósitos consta de: cantos, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas en diferentes proporciones y naturaleza. Son unidades que pueden estar sujetas encharcamientos en épocas de lluvias (ver Figura 120).



LVP2 – Corregimiento Currulao



LVP2 – Corregimiento Currulao

Figura 120. Plano de terraza 2 en valle estrecho de Lomerío.

Fuente: Elaboración propia.

- **Vega (LVV):** Superficie de terreno más baja del valle estrecho, corresponde a una zona que es periódicamente ocupada por el curso de la corriente, que cede y recibe aluviones por acción del ascenso y descenso del cauce; de topografía plano cóncava, con pendientes que van de ligeramente planas a fuertemente inclinadas. Está sujeta a la dinámica natural estacional fluvial, en época de lluvias son comunes los aumentos de caudal que llenan esta forma de terreno, adicionalmente recibe los sedimentos provenientes de los procesos denudativos de las laderas que la confinan (ver Figura 121).



LVV – Vereda Caimán Viejo



LVV – Vereda Caimán Viejo

Figura 121. Vega de valle estrecho en Lomerío.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.2.6 Vallecitos (LZ)

Tipo de relieve formado en un ambiente morfogenético deposicional en paisaje de lomerío, es una incisión alargada y estrecha, de forma rectilínea que tiene como eje una corriente de agua permanente o intermitente, que se encuentra confinada entre dos áreas de relieve más alto, las laderas de las lomas; los drenajes por lo general son de orden inferior a 3, tienen carácter torrencial y se encuentran en proceso de incisión, no generan depósitos en su interior, solo alcanza a desarrollar vegas por donde transcurren las corrientes de agua. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:

- **Vega (LZV):** Superficie de terreno más baja de un vallecito, que bordea ambos márgenes de un curso de agua y corresponde a una zona periódicamente inundable que cede y recibe aluviones de lecho (ver Figura 122).



LZV – Vereda La Ceibita



LZV – Vereda La Ceibita

Figura 122. Vega de Vallecito en Lomerío.

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.3 Paisaje Piedemonte (P) 11.935,9 Has 13.28%

Ubicado entre el lomerío y la planicie, en las estribaciones de la serranía de Abibe, desde Necoclí hasta Mutatá.

Paisaje de ambiente morfogenético es deposicional, correspondiente a las áreas que se extienden al pie del lomerío; formado por la sedimentación de materiales transportados por las corrientes principales, río Currulao, Guadualito y Turbo; con una alta capacidad de transporte e sedimentos en el pasado geológico reciente, lo cual permitió arrancar materiales de la montaña y el lomerío, depositándolos en áreas más bajas, abiertas, de menor pendiente en forma de abanicos coalescentes, relativamente cortos pero que ocupan una gran extensión; con topografía plana, ondulada y suavemente inclinada; pendientes dominantes entre 0 a 3 %, localmente pueden llegar al 7 - 12%, Su composición interna es generalmente heterogénea y heterométrica, constituidos por depósitos aluviales finos y medios, no consolidados del cuaternario. Su origen está relacionado a los cambios climáticos ocurridos durante este periodo y a eventos de alta torrencialidad de los ríos.

Estos depósitos están poco afectados por procesos erosivos, la disección es poco profunda casi superficial lo que da la connotación de una edad reciente, el patrón de drenaje está altamente intervenido por acción antrópica lo que no permite una clara expresión natural. Los tipos de relieve reconocidos en el paisaje de piedemonte son:

3.9.16.2.3.1 Abanico (PA)

Abanico, catalogado como reciente por la poca disección y desarrollo de los suelos, este tipo de relieve es de ambiente deposicional, dentro del paisaje de piedemonte; de configuración triangular, semi-radial, arqueada, que se forma al pie del lomerío, donde emergen las corrientes hídricas cargadas de sedimentos provenientes del paisaje de montaña y del lomerío, surgen de una zona estrecha con alto gradiente y entran a espacios de mayor amplitud y menor pendiente, en la cual se genera una pérdida rápida de energía para transportar los materiales detríticos. Presenta un perfil cóncavo en sentido longitudinal y convexo en el sentido transversal; un patrón de drenaje distributivo, poco denso, altamente alterado por canales de drenaje antrópicos; los sedimentos depositados durante el Cuaternario son predominantemente finos,



presentan un gradiente textural diferencial, siendo los materiales más gruesos los primeros en ser descargados por la corriente, mientras que los más livianos fueron llevados en suspensión hasta la zona distal del abanico.

Los abanicos están levemente afectados por procesos de escurrimiento difuso en los interfluvios y escurrimiento concentrado en los entalles o cañadas. En el abanico aluvial se identificaron y delimitaron las siguientes formas de terreno:

- **Ápice o parte proximal (PArA)**, corresponde a la zona más alta del abanico el cual se extiende desde el contacto con el lomerío, confinando el cauce de la corriente que lo depositó; tiene un perfil plano convexo, con pendiente moderadamente inclinada. Es generalmente el área que presenta mejor capacidad de infiltración dentro del abanico, ya que contiene los sedimentos más gruesos, en este caso de textura en la fracción tierra fina ligeramente más gruesa, no se aprecia disección. No presentan procesos remoción en masa activos (ver Figura 123).



PArA – Vereda Las Camelias.



PArA – Corregimiento Currulao.

Figura 123. Ápice de abanico en Piedemonte.

Fuente: Elaboración propia.

- **Bajo de abanico (PArD)**: Zona cóncava, con pendiente plana y de configuración redondeada o elongada, que normalmente presenta materiales finos dificultando el drenaje y favoreciendo a aparición de vegetación hidrófila, comúnmente se encuentra asociada al cuerpo o a la base del abanico aluvial (Ver Figura 124).



PArD – Corregimiento El Tres.



PArD – Corregimiento El Tres.

Figura 124. Bajos en abanico de Piedemonte.

Fuente: Elaboración propia.

- **Cuerpo de abanico (PArC)**: Se ubica entre el ápice y la zona más alejada del abanico. En un modelo ideal contiene mayor proporción de materiales de tamaño medio,



con menores proporciones de gruesos y finos en la fracción de tierra fina, se infiere una capacidad de infiltración menor que en el ápice. En esta zona surgen los drenajes procedentes del agua infiltrada en el ápice, que le confieren a los abanicos su patrón de drenaje distributivo. Sus pendientes varían de planas a ligeramente inclinadas. La corta longitud de estos abanicos y el alto grado de intervención no permiten definir diferencias entre cuerpo y base, además las evidencias en campo no son claras, por lo que forma del terreno se generaliza a cuerpo (ver Figura 125).



PArD – Corregimiento El Tres.



PArD – Corregimiento El Tres.

Figura 125. Cuerpo de abanico en Piedemonte
Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.3.2 Vallecitos (PZ)

Tipo de relieve formado en un ambiente morfogenético deposicional en paisaje de piedemonte, son una incisión alargada y estrecha, de forma rectilínea a sinuosa, que tiene como eje una corriente de agua permanente o intermitente, se encuentran confinados entre dos áreas de desnivel más alto, en este caso los abanicos del piedemonte por donde discurren; no generan depósitos en su interior, solo alcanza a desarrollar vegas por donde transcurren las corrientes de agua, se encuentran altamente modificados con fines de riego y drenaje. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:

- **Vega (PZV):** Superficie de terreno más baja de un vallecito, que bordea ambos márgenes de un curso de agua y corresponde a una zona periódicamente inundable que cede y recibe aluviones de lecho.

3.9.16.2.4 Paisaje De Planicie (R) 5.380,26ha 5.9%

Este paisaje ocupa la posición más baja en elevación de la cuenca, Se encuentra paralelo a la línea de costa.

Es una superficie extensa, de ambiente deposicional; Su origen se asocia a zonas que fueron rellenadas por los sedimentos que transportaban los principales ríos de la región entre ellos: El Currulao, Guadualito, Turbo, Caimán, adicionalmente de los aportes de los grandes ríos, Atrato y León, que llegan al mar poco profundo del golfo, el cual está en proceso de levantamiento; y/o por antiguas transgresiones marinas que rellenaron estas áreas, constituyéndolas en grandes cuencas de sedimentación influenciadas por dinámicas fluvio-marinas, donde los sedimentos se han redistribuido por acción de las olas y las corrientes costeras, Los materiales corresponden a depósitos marinos y



aluviales. El paisaje de planicie se caracteriza por ser plano, alternado con plano cóncavo, generalmente pendiente menores a 3%; ocurre en posición baja y no confinada, donde varios ríos confluyen en su interior, se extiende tierra adentro ganando espacio al mar. Los tipos de relieve reconocidos en el paisaje de planicie de la zona estudiada son:

3.9.16.2.4.1 Plano de marea (RR)

Tipo de relieve de baja altura respecto al nivel medio del mar, propio de la zona litoral. Se caracteriza por presentar una superficie plano – cóncava; se extiende hasta el nivel de máxima marea, siendo una zona altamente susceptible a inundaciones. Este tipo de relieve se genera por la acción de las mareas, deriva litoral y corrientes fluviales, que transportan y redistribuyen sedimentos de tamaño arcillas, limo y arenas, constituyendo zonas fangosas, donde circula alternativamente el agua del mar a tierra adentro, las aguas marinas penetran en forma paralela a la línea de costa. Esta unidad está conformada por las siguientes formas de terreno:

- **Cordón de playa (RRB):** Bajo este concepto se han integrado con fines edafológicos varias geoformas que, por su origen, composición, dinámica y uso, presentan un comportamiento similar para el desarrollo de los suelos, tales como: playas, deltas, flechas litorales, espigones y barras de playa.

Forma del terreno cuya superficie es continua y paralela a la línea de costa; con perfil complejo, cóncavo-convexo, de amplitud y casi imperceptibles en el terreno; configuración alargada y estrecha, Está constituida por material de tamaño arena, bien seleccionadas; distribuidas y depositadas por la acción de las olas y las corrientes litorales; son formas producto de los procesos de erosión y acreción litoral; sirven como barreras para aislar otras geoformas como lagunas costeras y marismas (ver Figura 126).



RRB – Vereda La Ceibita



RRB – Vereda Casa Blanca

Figura 126. Cordón de playa en planicie marina.

Fuente: Elaboración propia.

- **Albufera o Laguna costera (RRL):** Cuerpo permanente de agua salobre, presente sobre una superficie cóncava, poco profunda y constituida principalmente por material orgánico y sedimentos de tamaño arena, limo y arcillas, depositados por los ríos y con aportes marinos. Separada del mar por cordones litorales, los cuales son cortados por canales angostos que la conectan con el mar. El nivel freático se ve afectado



por la dinámica de las mareas lo que hace que esta unidad sufra de esta acción (ver Figura 127).



RRL – Embarcadero, Municipio de Turbo

RRL – Embarcadero, Municipio de Turbo

Figura 127. Lagunas costeras en planicie marina.

Fuente: Elaboración propia.

- **Marisma(RMM):** Superficie plana-cóncava, con pendiente negativa, pantanosa, constituida por sedimentos de tamaño arcilla, limos y orgánicos producto de los aportes continentales y especialmente por la vegetación halófila que la ocupa respectivamente, que han sido depositados durante procesos fluvio-marinos. En ocasiones están separadas del mar por cordones litorales caso de Turbo, siendo inundadas durante las mareas altas, presenta vegetación halófila (ver Figura 128).



RMM – Vereda Casa Nova

RMM – Vereda Casa Nova

Figura 128. Marismas en planicie marina

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.4.2 Terraza marina (RT)

Superficie elevada, con pendiente ligeramente plana 1%, ubicada a mayor altura que el nivel del mar actual, no supera los 10 m.s.n.m., relativamente amplia, poca disección en su interior, los drenajes que la atraviesan no desarrollan un patrón definido. Constituidas por materiales fluvio-marino dejados por el retroceso del mar, se considera que los ríos del sector fueron los responsables localmente del relleno de la cuenca; los depósitos no consolidados. Su elevación está relacionada con procesos tectónicos regionales o variaciones eustáticas del nivel del mar, que ocasionaron el levantamiento de superficies niveladas o antiguas plataformas marinas, remodeladas por la acción del



oleaje y la deriva litoral no se observan procesos erosivos significativos. Esta unidad está conformada por las siguientes formas de terreno:

- **Bajo de Plano (RTeD1):** Zona cóncava, con pendiente plana y de configuración redondeada o elongada, que normalmente presenta materiales finos dificultando el drenaje y favoreciendo a aparición de vegetación hidrófila, comúnmente se encuentra asociada al cuerpo de agua o zona con mal drenaje (ver Figura 129).



RTeP1 – Vereda La Ceibita



RTeP1 – Vereda Caimán Viejo

Figura 129. Plano de terraza marina

Fuente: Elaboración propia.

- **Plano de terraza (RTeP1):** Corresponde a relieves plano a plano convexo, disectados por cursos de aguas con un permanente efecto erosivo que ha suavizado su talud. El desnivel es de aproximadamente 4 metros; está conformado por sedimentos finos de origen fluvio marino (ver Figura 130).



RTeD1 – Vereda La Pampa



RTeD1 – Vereda La Pampa

Figura 130. Plano de terraza marina

Fuente: Elaboración propia.

3.9.16.2.4.3 Vallecitos (RZ)

Tipo de relieve formado en un ambiente morfogenético deposicional, en paisaje de planicie, son una incisión relativamente corta y estrecha, de forma rectilínea a sinuosa, con tendencia a dividirse en diferentes cauces en la desembocadura al mar; su eje es una corriente de agua permanente o intermitente; generan depósitos en su interior en



especial en la zona de contacto con el mar, lo que hace que cambien con frecuencia de curso y desembocadura por colmatación; solo alcanza a desarrollar vegas por donde transcurren las corrientes de agua. La unidad está conformada por la siguiente forma de terreno:

- **Vega (RZV):** Superficie de terreno más baja de un vallecito, que bordea ambas márgenes de un curso de agua y corresponde a una zona periódicamente inundable que cede y recibe aluviones de lecho y sedimentos marinos por encontrarse en la zona de influencia de las mareas (ver Figura 131).



RZV- Vereda Casanova



RZV – Vereda Casa Blanca

Figura 131. Vegas de vallecito en planicie marina
Fuente: Elaboración propia.



4. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

(s.f.).

(s.f.).

GEOENGINEERING SERVICES & CONSULTING. (2017). Clasificación de resistencia según ISRM.

Gobernación de Antioquia . (2015). (Sistema de Información Ambiental Departamental SIAD) . *Área aproximada de estudio en óvalo rojo.*

Municipio de Necoclí. (2000). PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL. *DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE.*

Resguardo Caimán Nuevo. (2015). *Fortacimiento del Gobierno Propio y la Administración del Pueblo Gunadule.*

Acero, H. (1991). Colonización: institucionalización y presencia estatal. Colombia.

Acero, P., & Garzón, F. (1987). Los peces marinos hallados durante la expedición Urabá II al Caribe Chocoano (Colombia). Santa Marta, Colombia.

Adamek, S., Frohlich, C., & Pennington, W. (1988). Seismicity of the Caribbean-Nazca boundary: Constraints on microplate tectonics of the Panama region.

Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH-. (2009). *Colombian Sedimentary Basins. Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a new Proposal.* Bogotá.

Aguas de Urabá. (2009). PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS MUNICIPIO DE TURBO. 27. Turbo.

AGUAS DE URABÁ. (2009). *PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS, MUNICIPIO DE TURBO.* Turbo.

Aguas de Urabá. (2015). PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA MUNICIPIO DE TURBO. 38. Turbo.

Aguas regionales EPM. (2017). *Entrega de información del área de influencia cuenca Turbo Currulao.*

Aguas Regionales EPM. (2017). Oficio entrega de información del área de influencia de la cuenca Turbo-Currulao. 6. Apartadó.

Alcaldía de Turbo. (2012). *Sitio oficial de Turbo en Antioquia.* Obtenido de http://www.turbo-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml

Alcaldía de Turbo. (2013). ACTA DE INFORME DE GESTION 2012-2015. 96. Turbo.

Alcaldía de Turbo. (7 de mayo de 2015). Casco Urbano del Municipio de Turbo.

Alcaldía de Turbo. (noviembre de 2015). Panorámica del área urbana del corregimiento de Currulao, Turbo.

Alcaldía de Turbo. (2017). *Sitio oficial de Turbo en Antioquia.* Obtenido de <http://www.turbo-antioquia.gov.co/index.shtml?apc=I-xx-1-&x=2630453>

Alcaldía municipal Apartadó. (2016). Plan de desarrollo municipal de Apartadó "obras para la paz". Apartadó.

Alcaldía municipal de Apartadó. (2016). Plan de Desarrollo Territorial 2016- 2019. 158. Apartadó.

Alcaldía municipal de Apartadó. (2016). Plan de desarrollo territorial 2016-2019 . Apartadó.

Alcaldía Municipal de Necoclí. (2016). PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2016-2019 "POR UN BUEN GOBIERNO". 232. Necoclí.

Alcaldía Municipal de Turbo. (2000). Plan de Ordenamiento Territorial Turbo Antioquia. Turbo - Antioquia - Colombia.

Alcaldía municipal de Turbo. (2016). Plan de Desarrollo "Turbo educado y en paz" 2016 - 2019. Turbo.



- Alcaldía Municipal de Turbo. (2016). Plan de Desarrollo 2016-2019. Turbo educado y en paz. Turbo.
- Alcaldía municipal Necoclí. (2016). Plan de desarrollo del municipio de Necoclí "Por un buen gobierno" 2016 - 2019. Necoclí.
- Alcaldía municipal Turbo. (2016). Plan de Desarrollo "Turbo educado y en paz" 2016 - 2019. Turbo.
- Alcaraz López, G. M., Arias Valencia, M. M., & Gálvez Abadía, A. C. (2011). "Para calentar brazo" maternidad e infancia en el pueblo embera 1985-1986. Antioquia, Colombia. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Aldana López, N. (28 de 02 de 2017). Acueducto Nuevo Antioquia. (L. Rodríguez Martínez, Entrevistador)
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. En *Estudio FAO Riego y Drenaje* (pág. 323). Roma.
- Álvarez Uribe, M. C., Mancilla López, L. P., & Cortés Torres, J. E. (2007). Caracterización socioeconómica y seguridad alimentaria de los hogares productores de alimentos para el autoconsumo, Antioquia-Colombia. *Agroalimentaria*, 12(25), 109-122.
- Álvarez, L., Gálvez, A., & Salazar, J. (2016). Etnobotánica del Darién Caribe colombiano: los frutos del bosque.
- Amaya, R. G. (2007). *Estudio combinado de fuentes de agua superficial y subterránea para el suministro de agua potable para el municipio de Turbo, Antioquia*. Tesis Maestría en Ingeniería – Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Amortegui, B., Taborda, A., & Blanco, J. (2013). Edge effect on a Neritina virginea (Neritomorpha, Neritinae) population in a black mangrove stand (Magnoliopsida, Avicenniaceae: Avicennia germinans) in the southern Caribbean. *Pan-American Journals of Aquat.*
- Amortegui, V., Taborda, A., & Blanco, J. (2013). Edge effect on a Neritina virginea (Neritomorpha, Neritinae) population in a black mangrove stand (Magnoliopsida, Avicenniaceae: Avicennia germinans) in the southern Caribbean. *Pan-American Journals of Aquat.*
- Aramburo Siegert, C. I. (2009). La tensa interacción entre las territorialidades y el conflicto armado, Urabá 1960-2004. *Controversia*(192), 81-119.
- Arboleda, L. M., & Franco, F. (julio-diciembre de 2012). Significado de la alimentación y del complemento alimentario MANA en un grupo de hogares de Turbo, Colombia. (E. d. Dietética, Ed.) *Perspectivas en nutrición humana*, 14(2), 171-183.
- Arcila, M. (2016). Fotografía.
- Arcila, M. (2016). Fotografía.
- Arguello, R. (2016). Fotografía.
- Arguello, R. (2016). Fotografía.
- Arias Chaverra, J. d. (2013). *Informe de plantaciones en turbo entre el 2010 y 2013*.
- Arias Valencia, M. M. (julio-agosto de 2011). Comportamiento reproductivo en las etnias de Antioquia-Colombia. *Salud Pública Mex*, 43(4), 43-269.
- Arias, A. (2008). Consolidación de la Cadena Forestal en la Región del Urabá Antioqueño. Apartadó.
- ARIAS, L. (2016). Esquema de los ambientes marino, litoral-costero y Continental, y su similitud con las unidades geomorfológicas en la Cuenca del río Turbo-Currulao.
- Arroyabe, A., Amortegui, T., Taborda, & Blanco. (2014). Efecto sobre la población del Cangrejo Azul Cardiosma juanhumí (Decapoda; Gecarcinidae) en el manglar de la bahía EL Uno, Golfo del Urabá (Colombia): una aproximación a su captura arte.



- Asamblea Departamental de Antioquia. (2016). *Ordenanza Nro 10 22 de abril de 2016*. Medellín.
- AUGURA, CENIBANANO. (s.f.). *Los desechos generados por la agroindustria bananera colombiana*.
- Auteco Colombia. (20 de marzo de 2015). *LUDOTECAS MÓVILES PARA LA PRIMERA INFANCIA EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA*. Obtenido de <http://www.auteco.com.co/content/indeportes-auteco-y-fan-lanzan-ludotecas-moviles-para-la-primera-infancia-en-el-departamento>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. (2016). *CERTIFICACIÓN N° 0767 del 28 de Julio de 2016*.
- Baeza. (1994). evaluación y zonificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa.
- BANCO MUNDIAL. (2007). Protección de la Calidad del Agua Subterránea guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. En R. H.-a.-P.-C.-R.-P. Foster, *Guía Técnica parte B Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea*. Washington, D.C.
- Barnston A, L. R. (1987). Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns.
- Barrera, V. N. (febrero de 2015). ¿ Quiénes somos los Cordobeses? Montería.
- BERMÚDEZ, J. (2016). Modelo esquemático de los procesos de erosión y sedimentación, similares a los ocurridos en la cuenca baja de los ríos Turbo-Currulao.
- Biblioteca Pública FYFFES. (29 de octubre de 2013). *Reseña Histórica*. Obtenido de <http://bibliotecapublicanuevacolonia.blogspot.com.co/search/label/Nueva%20Colonia>
- Blanco, J. F., Ortiz, L. F., & Urrego, L. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *ACTUALIDADES BIOLÓGICAS*, 131-141.
- Blanco, J. F., Taborda, M. A., Amortegui, T., Arroyabe, R. A., Sandoval, A., Estrada, E. A., . . . Narváez, A. (2013). Deforestación y sedimentación en los manglares del Golfo de Urabá. Síntesis de los impactos sobre la fauna macrobéntica e íctica en el delta del río Turbo. *Gestión y Ambiente*, 19-36.
- Blanco, J., & Castaño, M. (Diciembre de 2012). *Efecto de la conversión del manglar a potrero sobre la densidad y tallas de dos gasterópodos en el delta del río Turbo (golfo de Urabá, Caribe colombiano)*.
- Blanco, J., & Castaño, M. (2012). Efecto de la conversión del manglar a potrero sobre la densidad y tallas de dos gasterópodos en el delta del río Turbo (golfo de Urabá, Caribe colombiano).
- BOWLES, J. (1996). Foundation Analysis and Design. *McGraw-Hil*. 5th Edition.
- Bravo, A. M. (marzo de 2017). De río en río: Vistazo a los territorios negros.
- Bravo, J. M. (29 de Octubre de 2016). Ferrocarril de Antioquia a Urabá 2. *El Mundo*.
- Brueckner, J. K. (2011). *Lectures on urban economics*. Cambridge: MIT Press.
- Cabrera. (2005). Distribución Geográfica del Mundo .
- Caicedo, F. (2008). Asimilación de Precipitación Estimada por Imágenes de Satélite en Modelos Hidrológicos Aglutinados y Distribuidos, Caso de Estudio Afluencias al Embalse de Betania (Huila, Colombia).
- Calderón, E., & García, N. (2002). Libro Rojo de Plantas Fanerógamas de Colombia. *Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae y Lecythidaceae. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*.
- Callejas, P. (1997). Piperáceas de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada. Madrid.



- Camacho, A., & Pérez, S. (2014). Elementos para la construcción de la Visión Urabá, biodiversidad y servicios ecosistémicos como base para el desarrollo, la sostenibilidad y el bienestar. Informe final de consultoría .
- Camacho, A., & Pérez, S. (2014). Elementos para la construcción de la Visión Urabá, biodiversidad y servicios ecosistémicos como base para el desarrollo la sostenibilidad y el bienestar. Bogotá.
- Camacho, J., Ortiz, R., Walschburger, T., & Hurtado, A. (1992). Biogeográficas de Colombia.
- Cámara de Comercio de Urabá . (2013). *Informe socioeconómico*.
- Cámara de Comercio de Urabá. (2017). *Informe Socioeconómico 2016*. Cámara de Comercio de Urabá, Apartadó. Recuperado el 2 de Junio de 2017, de <http://ccuraba.org.co/site/wp-content/uploads/2017/03/INFORME-SOCIOECONOMICO-2016.pdf>
- Cárdenas, D., & Salinas, N. (2005). Libro rojo de plantas de Colombia. *Especies maderables amenazadas* .
- Carvajal, J., Mendivelso, D., Pinzón, L., Castiblanco, C., & Prada, M. (2010). *Investigación del "volcanismo de lodos" en la región entre Cartagena y Galerazamba*. Bogotá.
- CARVAJAL; SGC. (2012). Esquema de jerarquización geomorfológica.
- Castro, C. (2005). Fotografía.
- Catastro Minero Colombiano. (2012). *Títulos y Solicitudes Urabá, CMC Junio 29 2012*.
- Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA . (2013). *CIDEA*.
- Chow. (1994). *Handbook of Applied Hydrology*. New York .
- Chow, V. T. (1994). *Handbook of Applied Hydrology*. (McGraw-Hill, Ed.) New York.
- Chudnoff, M. (1984). *ropical Timbers of the World Agricultur.*, Madison, Win: United States Department of Agriculture, Forest .
- Colexcon. (1985). *Informe interno. Geología Sinu- San Jacinto*. Bogotá.
- Concejo Municipal de Turbo. (2012). Acuerdo No. 014 "Por medio del cual se crea el Sistema Local de Áreas Protegidas del municipio de Turbo y definen los mecanismos para su funcionamiento". 13. Turbo.
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Colombia.
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993.
- Congreso de la República. (2011). LEY 1450 DE 2011 Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014.
- Contraloría. (2017). *Informe de Auditoría CORPOURABA Vigencia2016*.
- Contreras, J., & García, M. (2005). *Alimentación y cultura. Perspectivas antropológicas*. Barcelona, España: Ariel.
- Corena, M. (2008). *SISTEMAS DE TRATAMIENTOS PARA LIXIVIADOS GENERADOS EN* . Sincelejo.
- CORPOURABA. (2009). *Plan de acción para la conservación y uso sostenible de especies de fauna silvestre amenazadas y de interés cinegético: Venado de cola blanca (Odocoileus virginianus), el Mono araña negro (Ateles geoffroyi), el Tití piel roja (Saguinus* .
- CORPOURABA. (2009). *Plan de acción para la conservación y uso sostenible de especies de fauna silvestre amenazadas y de interés cinegético: Venado de cola blanca (Odocoileus virginianus), el Mono araña negro (Ateles geoffroyi), el Tití piel roja (Saguinus* . .
- CORPOURABA. (1999). *Documento técnico para el Plan Básico de ordenamiento territorial municipal. Necocli Antioquia*.



- CORPOURABÁ. (2003). Caracterización y Zonificación de los manglares del golfo de Urabá, Departamento de Antioquia. Apartadó.
- CORPOURABA. (2005). Componente Fauna en la "Consolidación de la Cadena Forestal del Urabá.
- CORPOURABA. (2005). Plan de Acción para las Zonas de Conservación y Recuperación de los Manglares del Golfo de Urabá y mar Caribe Antioqueño.
- CORPOURABA. (2005). Plan de Acción para las Zonas de Conservación y Recuperación de los Manglares del Golfo de Urabá y Mar Caribe antioqueño.
- CORPOURABA. (2005). Plan de manejo integral de los manglares del golfo de Urabá y mar Caribe Antioqueño. 132. Apartadó.
- Corpourabá. (2005). *Proyecto ordenamiento de Cuencas. Fase I Diagnóstico de la cuenca del rio Apartadó .*
- CORPOURABA. (2007). *Establecimiento de los objetivos de calidad. requerimientos de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) a las entidades prestadoras del servicio de alcantarillado de la jurisdicción de Corpourabá.* Apartadó.
- CORPOURABA. (2007). Política para el Manejo Integrado de la Zona Costera en el Departamento de Antioquia, Jurisdicción de Corpouraba.
- CORPOURABA. (2008). Plan de acción para la conservación y uso sostenible de algunas especies de fauna de interés.
- CORPOURABA. (2008). Plan de Manejo y Conservación de Cocodrilidos. Humedales del Urabá Antioqueño. *Documento Institucional CORPOURABA. Informe técnico.*
- CORPOURABA. (2008). Plan de Ordenamiento Forestal de CORPOURABA.
- CORPOURABA. (2008). Plan de ordenamiento forestal de la región del Urabá Antioqueño. 265. Apartadó.
- CORPOURABA. (2009). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del Río Turbo.*
- CORPOURABA. (2009). PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TURBO. 380. Apartadó.
- CORPOURABA. (2009). Resolución N° 100-03-20-01-1320 Por la cual se aprueba el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca (POMCH) del Río Turbo. 3. Apartadó.
- CORPOURABA. (2009). RESOLUCIÓN N° 100-03-20-01-1421-2009 Por la cual se reglamenta las corrientes de la cuenca del Río Turbo.
- CORPOURABA. (2009). RESOLUCIÓN N° 100-03-20-01-1488-2009 Por la cual se reglamenta las corrientes de la cuenca del Río Apartadó.
- CORPOURABA. (2010). R-PG-06: INFORME DE GESTIÓN 2009. 79. Apartadó.
- CORPOURABA. (Diciembre de 2011). Caracterización y zonificación de las poblaciones de Cardisoma guanhumi, en la línea costera del municipio de Turbo, e identificación de los pobladores que utilizan el recurso y los lugares de mayor extracción. *Documento Institucional CORPOURABA.*
- CORPOURABA. (2011). *Revisión y ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial municipio de Turbo. Documento de seguimiento, evaluación y memoria justificada.*
- CORPOURABA. (2011). R-PG-06: INFORME DE GESTIÓN Versión 03 AÑO 2010. 124. Apartadó.
- CORPOURABA. (2012). *PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL Versión 02 2012-2024.* Apartadó.
- CORPOURABA. (2012). R-PG-06: INFORME DE GESTIÓN Versión 03 AÑO 2011. 82. Apartadó.
- CORPOURABA. (2013). Plan de Acción Sistema Local de Áreas Protegidas del municipio de Turbo. 14. Apartadó.



- CORPOURABA. (2013). R-PG-06: INFORME DE GESTIÓN AÑO 2012 Versión 03. 74. Apartadó.
- CORPOURABA. (2014). R-PG-06: INFORME DE GESTIÓN AÑO 2013. Versión 03. 115. Apartadó.
- CORPOURABA. (2015). *Inventario de pozos profundos en el área de la jurisdicción*. Apartadó, Antioquia.
- CORPOURABA. (2016). *Coendou prehensilis* (Puerco espin) y *Procyon cancrivorus* (Mapache) .
- CORPOURABA. (2016). *Inventario de puntos de agua*. Apartadó, Antioquia.
- CORPOURABA. (2016). Resolución "Por la cual se aprueba el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua y se adoptan otras determinaciones". 4. Apartadó.
- CORPOURABA. (2016). R-PG-06: INFORME DE GESTIÓN AÑO 2015 Versión 03. 112. Apartadó.
- CORPOURABA. (2017). Base de datos conseciones y vertimientos .
- CORPOURABA. (2017). Bocatomas de acueductos en la cuenca del río Turbo y Currulao.
- CORPOURABA. (2017). *Caracterización Regional de la jurisdicción de CORPOURABA*. Obtenido de http://corpouraba.gov.co/corporacion/quienes_somos/sedes-regionales/subregiones/
- CORPOURABA. (2017). material divulgativo para educación en fauna silvestre . *Ficha técnica para la identificación de cetáceos del golfo de Urabá*.
- CORPOURABA. (2017). *Política de Calidad, Misión, Visión y Objetivos de Calidad*. Obtenido de http://corpouraba.gov.co/corporacion/quienes_somos/politica-mision-vision-objetivos/
- CORPOURABA. (2017). *R-PG-06: INFORME DE GESTIÓN Versión 06 Año 2016*. Apartadó.
- CORPOURABA. (2017). *Sedes Territoriales*. Obtenido de http://corpouraba.gov.co/corporacion/quienes_somos/sedes-regionales/sedes-regionales-2/
- CORPOURABA. (2017). Seguimiento de proyectos de inversión de CORPOURABA.
- CORPOURABA, CODECHOCÓ. (2013). Plan de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera Darién. 393. (J. G. Vásquez, Ed.) Apartadó.
- CORPOURABA, FONADE. (2002). Zonificación y ordenamiento de los manglares del golfo de Urabá, Departamento de Antioquia. 365. Apartadó.
- CORPOURABA, UNAL, UdeA, ESAP, Municipio de Apartadó. (s.f.). *POT Municipio de Apartadó*. Obtenido de Diagnóstico Integrado Municipal : [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot-apatad%C3%B3-antioquia-2000-libro%202-diagn%C3%B3stico%20integrado-parte%202-\(55p%C3%A1g%20-%20147%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot-apatad%C3%B3-antioquia-2000-libro%202-diagn%C3%B3stico%20integrado-parte%202-(55p%C3%A1g%20-%20147%20kb).pdf)
- CORPOURABA, Universidad de Antioquia. (2016). Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos Sistema Hidrogeológico Golfo de Urabá. 216.
- CORPOURABA; UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2009). Estudio de uso combinado de fuentes de agua superficial y subterránea para el suministro de agua potable para el municipio de Turbo, Antioquia.
- CORPOURABA; Universidad de Antioquia. (2014). *Actualización del modelo hidrogeológico conceptual del sistema acuífero del Urabá antioqueño*. Medellín.
- CORPOURABA; Universidad de Antioquia. (2016). *Plan de manejo ambiental de acuíferos. Golfo de Urabá*. Apartadó.
- Correa C, J. D., & Palacio B, J. (2008). Ictiofauna de las áreas de manglar en las bahías Turbo y el Uno, Golfo de Urabá Caribe Colombiano. *Gestión y Ambiente*.



- Correa, C. J., & Palacio, B. (3 de Diciembre de 2008). Ictiofauna de las áreas de manglar en las bahías Turbo y el Uno, Golfo de Urabá (Caribe Colombiano). *Gestión y Ambiente*.
- Corredor, H. B. (1996). *Uraba: La verdad de cada cual*. Bogotá: Castillo Editorial Ltda.
- Corte Constitucional de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia.
- Cortés. (21 de agosto de 2014). Urabá Plátanos y Mar. Urabá.
- Cossio, U. F. (1995). *Evaluación del agua subterránea en la región del Urabá, departamento de Antioquia*. INGEOMINAS, Bogotá D. C.
- Custodio, E. & Llamas, M. (2001). *Hidrología Subterránea*. (Omega, Ed.) Barcelona, España.
- Custodio, E., Llamas, M., & Sauquillo, A. (Mar. de 2000). Retos de la hidrología subterránea. *Ingeniería del Agua*, 7.
- DANE. (1954). *Muestra Nacional Agropecuaria*. Bogotá: DANE.
- DANE. (1970). *Censo Nacional Agropecuario*. Bogotá: DANE.
- DANE. (2005). Boletín censo general 2005 Perfil Apartadó, Turbo y Necoclí.
- DANE. (2005). *Índice de Pobreza Multidimensional Municipal*. Obtenido de Censo Nacional.
- DANE. (2005). Resultados Censo General 2005.
- DANE. (2017). *Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH)*. Obtenido de Estadísticas por Tema: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo/geih-historicos>
- DANE. (s.f.). *Proyecciones de población 1985 - 2020*.
- De Porta, J. (2003). La formación del Istmo de Panamá, su Incidencia en Colombia.
- Dearman W.R., F. P. (1974). *Engineering geological mapping for civil engineering practice in the United Kingdom*. London.
- Delgadillo, & Paez. (2008). *Aspectos hidrológicos, subcuencas susceptibles a crecidas*.
- Department of Defense, United States of America. (2005). U.S. Army Corps of Engineering (USACE). Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC). *Air Force Civil Engineering Support Agency (AFCEA)*.
- DESINVENTAR. (2009). Desastres relacionados con el agua entre los años 1987 - 2007.
- Diaz, R. (2 de 10 de 2006). *Visión Chamánica*. Obtenido de http://www.visionchamanica.com/Medicinas_alternativas/medicina_kuna_tule.htm
- DIMELCO S.A. (2017). Fotografía dpanorámica de la subestación "El Tres".
- Dirección de Consulta Previa. (2016). *Certificación 1284 de 20 de octubre de 2016 Sobre la presencia o no de comunidades étnicas en las zonas de proyectos, obras o actividades a realizarse*. Bogotá D.C.
- Dirección seccional de salud. (2016). Causas de mortalidad a nivel municipal. Antioquia.
- Diusabá, V. (2004). Atrato, la vida en un río. Víctor Diusabá.
- Domínguez C., E. A. (2010). *Cálculo de parámetros morfométricos*.
- Domínguez, E., Dawson, C. W., & Ramírez, A. &. (julio de 2011). The search for orthogonal hydrological modelling metrics: a case study of 20 monitoring stations in Colombia. *Journal of Hydroinformatics*. <http://doi.org/10.2166/hydro.2010.116>.
- Dorthe Jøker & Salazar, R. (2000). *Hieronyma alchorneoides* Allemão.
- DSIC. (2010). Manual de Diligenciamiento de la Ficha Predial y la Ficha Resumen.
- Duque, A., & Callejas, R. (2009). *Expedición Antioquia: Informe final proyecto: Diversidad, dinamica y productividad de los bosques de Antioquia*. Medellín.
- Duque-Caro, H. (1980). Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana. *Bol. Geo.*, 23(3).



- Duque-Caro, H. (1980). *Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana*. Bogotá D.C.: INGEOMINAS.
- Dwyer M; Missouri Botanical Garden. (2015). *Lecythis turyana Pittier*. Obtenido de Tropicos.org: <http://tropicos.org/Name/17900012>
- Ebdon, R., & Veryard, R. (1961). Fluctuations in equatorial stratospheric winds.
- Echeverry. (1984). Flora apícola Colombiana.
- Economopoulos, A. (1993). *Assesment of sources of air, water, and land pollution*. . Geneva: World Health Organization.
- ECOPETROL. (1982). *Interpretación sísmica regional del área de Urabá. Informe geofísico N° 543*. Bogotá.
- Ecoviajes Darien. (2016). Fotografía.
- Eide. (1992). Food Security and the right to food in international law and development. 1-45.
- El Colombiano. (26 de agosto de 2013). Obtenido de <http://www.elcolombiano.com/blogs/capsulas/san-jose-de-apartado-se-suma-a-las-escuelas-real-madrid-%E2%80%A6segunda-rural-que-se-abre-en-colombia/78989>
- El Colombiano. (04 de enero de 2015). El de Turbo, Plan Integral para recuperar el Wafe. *El Colombiano*.
- El Tiempo. (13 de junio de 2016). Denuncian desplazamiento de campesinos en Turbo.
- Enfield, D. B., Mestas-Nuñez, A., & Trimble, P. (2001). The Atlantic Multidecadal Oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. *Geophysical Research Letters*.
- Enfield, D., Mestas-Nuñez, A., Mayer, D., & Cid-Serrano, L. (1999). How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures. *Geophysical research Letters*, 7841-7848.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2011). ArcGis Desktop. Redlands, CA.
- EPM. (2010). Antioquia Iluminada, programa de electrificación rural. *EPM*, 170. Medellín.
- EPM. (2017). *Oficinas Urabá*. Obtenido de <http://www.epm.com.co/site/Home/Centrodecontacto/Canalesdeatención/OficinasUrabá.aspx>
- Espinal, L. (2011). Zonas de vida del departamento de Antioquia.
- Espinal, L. (2011). Zonas de vida del departamento de Antioquia. *Flora de Antioquia: Catálogo de plantas vasculares. Vol 1. Introducción. Programa Expedición Antioquia- 2103. Series Biodiversidad y Recursos*.
- Espinoza, I. D. (2012). Diagnóstico Cultural Necoclí. Obtenido de <https://idespinosa.wordpress.com/2012/10/28/diagnostico-cultural-necocli/>
- Esquivel, J. (2014). *PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS VEREDAS FLORESTA Y BELLA VISTA MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER*.
- Estupiñan, A., & Jiménez, E. (2010). Uso de las plantas por grupos campesinos en la franja tropical del Parque Nacional Natural Paramillo .
- FAO. (1985). Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales Unasylyva. IX Congreso forestal mundial México. México.
- FAO. (2005). Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra . Roma .
- FAO. (2006). *Las repercusiones del ganado en el medio ambiente*.
- FAO, FIDA y PMA. (2015). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el*



- hambre*. Roma: FAO. Recuperado el 2 de marzo de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/fao>
- Farr Tom, G., Rosen, P. A., & Caro, E. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 33.
- Fernández, M., & Ávila, A. (2011). Caracterización de la comunidad de aves asociada al ecosistema de man-glar en la bahía El Uno, municipio de Turbo, Caribe colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Ecólogo de Zonas Costeras.
- Figueroa, A. (2016). Fotografía.
- FONDO ADAPTACIÓN. (Mayo de 2014). Alcances Técnicos para la formulación del POMCA Turbo-Currulao.
- Fondo Adaptación. (2014). *Anexo Alcances Técnicos*.
- Fondo de Adaptación. (2014). *Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*.
- FOSTER, S. K. (2002 - 2005). *Amenazas Naturales a la Calidad del Agua Subterránea. Evitar problemas y formular estrategias de mitigación*. Serie de Notas Informativas Nota 14. Programa asociado de la GWP BANCO MUNDIAL. Gestión Sustentable del Agua Subterránea Conceptos y Herramientas.
- Friedemann, N. S. (2000). *Biblioteca virtual Luis Angel Arango*. Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/geofraf1/huellas.htm>
- Fundación Natura. (2013). Proceso de capacitación para la certificación voluntaria de empresas forestalesl .
- Fundación ProAves. (Octubre de 2015). Aves de Colombia.
- FUNDAUNIBAN. (2014). *Uniban Fundación*. Obtenido de Proyecto Educación Ambiental / PRAES: http://fundauniban.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=193:participacion-ciud-accion-comun-fase-iii-16&catid=2&Itemid=101
- Fundauniban. (2016). *Reforestación en Puerto Voy - Fase III*. Obtenido de http://www.fundauniban.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=261:reforestacion-en-puerto-voy-fase-iii&catid=2:principal&Itemid=101
- Futuraseo. (2016). *Reseña Histórica FUTURASEO*. Obtenido de <http://www.futuraseo.com/index.php/conocenos>
- Futuraseo. (2016). *Servicios Futuraseo S.A. E.S.P.* Obtenido de <https://www.futuraseo.com/index.php/servicios/>
- Futuraseo. (2016). *Sistema de Recolección Turbo*. Obtenido de <http://futuraseo.com/index.php/municipios/turbo>
- Futuraseo. (2017). Respuesta a solicitud de información. 2.
- Galeano, G., & Bernal, R. (2005). Libro Rojo de Plantas de Colombia: Palmas , Frailejones y Zamias Bogotá, Colombia.
- Gálvez, A., Rosique, J., Restrepo, M. T., & Manjarrés, L. M. (2007). *Hábitos alimentarios y estado nutricional de la población Embera de Frontino (Antioquia)*. Grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad (MASO), Departamento de Antropología, Universidad de Antioquia. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Galvis, E. C. (4 de marzo de 2017). Conocimiento del Corregimiento El Dos. Vereda Aguas Claras. (P. R. Turbo-Currulao, Entrevistador)
- Garay Tinoco, J., Rámirez, G., Betancourt P, J., Marín S, B., Cadavid, B., Panizzo, . . . Franco, A. (2003). *Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos y Contaminantes marinos: Aguas Sedimentos y Organismos*. Santa Marta: Invenmar.



- Garay, J., & Velez, A. (2004). *Programa nacional de investigación, evaluación, prevención, reducción y control de fuentes terrestres y marinas de contaminación al mar (PNICM)*. Santa Marta.
- García Valencia, C. (2007). Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –Invemar– y Gobernación de Antioquia .
- García, H. (1975). Flora medicinal de Colombia Bogotá.
- García, J. &. (1972). Relación entre la magnitud de excesos hídricos y la producción de Cacao (*Theobroma Cacao*) en Turrialba-Costa Rica. 22(1), 57-66.
- García, J., & Montoya, J. (1972). Relación entre la magnitud de excesos hídricos y la producción de Cacao (*Theobroma Cacao*) en Turrialba-Costa Rica. *Agronomía Tropical*, 57-66.
- García, J., & Palacio, J. (diciembre de 2008). Macroinvertebrados asociados a las raíces sumergidas del Mangle Rojo (*Rhizophora Mangle*) en las bahías Turbo y El Uno, Golfo de Urabá (Caribe Colombiano).
- Garcia, M., Peters-Lidard, C. D., & Goodrich, D. C. (2008). Spatial interpolation of precipitation in a dense gauge network for monsoon storm events in the southwestern United States. *Water Resources Research*. doi:10.1029/2006WR005788
- García-Valencia, C. (2007). Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. *Instituto de Investigaciones Marinas Y Costeras –Invemar– Y Gobernación de Antioquia*.
- Garzón Varón, F. (2012). Modelamiento estructural de la zona límite entre la microplaca de Panamá y el bloque norandino a partir de la interpretación de imágenes de rada, cartografía geológica, anomalías de campos potenciales y líneas sísmicas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá.
- Garzón Varón, F. (2012). *MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA ZONA LÍMITE ENTRE LA MICROPLACA DE PANAMÁ Y EL BLOQUE NORANDINO A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE RADAR, CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA, ANOMALÍAS DE CAMPOS POTENCIALES Y LÍNEAS SÍSMICAS*. Universidad Nacional de Colombia .
- GEOTEC. (1997). *Cartografía geológica de la región del Sinú, Noroeste de Colombia (Planchas 50, 51, 59, 60, 61, 69, 70, 71, 79, 80)*. INGEOMINAS (Vol. 01). Bogotá.
- GEOTEC. (1997). *Cartografía geológica de la región del Sinú, Noroeste de Colombia. (Planchas 50,51,59,60,61,69,70,71,79,80)*. Bogotá D.C.
- GEOTEC. (2003). *GEOLOGÍA DE LOS CINTURONES SINÚ-SAN JACINTO: 50 PUERTO ESCONDIDO, 51 LORICA, 59 MULATOS, 60 CANALETE,61 MONTERÍA, 69 NECOCLÍ, 70 SAN PEDRO DE URABÁ,71 PLANETA RICA, 79 TURBO, 80 TIERRALTA*. Bogotá D.C.
- Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia; Plan de Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia -MANA-; Universidad Pontificia Bolivariana. (2011). *Plan de Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia. Estado Nutricional de la población indígena menor de 10 años, departamento de Antioquia*. Medellín: Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación, Programa de Seguridad Alimentaria y Nutricional con Responsabilidad Social -SERES-, Unidad de Asesorías y Consultorías en Seguridad Social en Salud.
- Gobernación de Antioquia . (2016). *Plan de desarrollo "Antioquia piensa en grande" 2016 - 2019*.
- Gobernación de Antioquia. (2010). Sistema Urbano Regional de Antioquia. Medellín, Antioquia, Colombia. Recuperado el 10 de Junio de 2017, de



- <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/33.Sistema%20urbano%20regional%20de%20antioquia.pdf>
- Gobernación de Antioquia. (2012). Distribución porcentual de las consultas por desnutrición en menores de 5 años, según subregión y área Antioquia 2012.
- Gobernación de Antioquia. (2013). *Análisis de la situación salud. Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Medellín: Gobernación de Antioquia. Obtenido de <https://www.dssa.gov.co/minisitio-dssa/index.php/diagnostico-de-la-situacion-salud>
- Gobernación de Antioquia. (2014). Instituto de Cultura y Patrimonio de Antioquia publica. *Anuario Estadístico 2014*. Antioquia.
- Gobernación de Antioquia. (2014). Anuario Estadístico de Antioquia 2014. Obtenido de <http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario2014/anuario-estadistico-de-antioquia-2014.html>
- Gobernación de Antioquia. (2014). Anuario estadístico del sector agropecuario de Antioquia. Medellín, Antioquia, Colombia. Recuperado el 6 de Junio de 2017, de http://antioquia.gov.co/images/pdf/Anuario_2013.pdf
- Gobernación de Antioquia. (30 de mayo de 2015). *Anuario Estadístico 2014*. Recuperado el 30 de marzo de 2017, de Festividades en algunos municipios de Antioquia, por subregión 2014: <http://antioquia.gov.co/planeacion/ANUARIO%202014/es-CO/capitulos/turismo/atractivos/cp-16-2-3.html?re=R09&zn=Z23&nomR=Uraba&nomZ=Uraba%20Centro&sw=0>
- Gobernación de Antioquia. (2015). Anuario Estadístico de Antioquia 2014. Obtenido de <http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario2014/anuario-estadistico-de-antioquia-2014.html>
- Gobernación de Antioquia. (2016). Anuario Estadístico de Antioquia 2015. Medellín, Antioquia, Colombia. Recuperado el 2017, de <http://www.antioquia.gov.co/planeacion/ANUARIO%202015/index.html>
- Gobernación de Antioquia. (2016). PLAN DE DESARROLLO "ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE" 2016-2019. 534.
- Gobernación de Antioquia. (2016). *Situación alimentaria y nutricional de la subregión de Urabá*. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- Gobernación de Antioquia. (2016). *Urabá*. Obtenido de Gobernación de Antioquia: <http://antioquia.gov.co/index.php/antioquia/regiones/uraba>
- Gobernación de Antioquia. (2017). *Respuesta a solicitud de información referente a la cuenca Río Turbo-Currulao*. Secretaría de Minas, Medellín.
- Gobernación de Antioquia. (2017). *Secretaría de Medio Ambiente*. Obtenido de <http://antioquia.gov.co/index.php/secretaria-de-medio-ambiente>
- Gobernación de Antioquia. (1 de marzo de 2017). Sistema de salud en el área de influencia de la cuenca Río Turbo - Currulao.
- Gobernación de Antioquia, Departamento Administrativo de Planeación. (2014). *Anuario Estadístico de Antioquia, 2013*. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- Gobernación de Antioquia, Gerencia Indígena. (2011). *Censo poblacional indígena de Antioquia*. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura. (2014). *Anuario agrícola de Antioquia, 2013*. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- Gómez, N., Montes, N., Sepulveda, J., Gaona, T., Osorio, J., Diederix H, M., & Velásquez, M. (2007). Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:5000.000. Bogotá: INGEOMINAS.
- Gómez Rave, J. (2009). *Geología, geofísica, hidrogeoquímica e isótopos como herramientas para definir un modelo conceptual hidrogeológico, caso de*



- aplicación: Acuífero costero del municipio de Turbo. Tesis de Maestría en Ingeniería de Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.*
- Gómez Rave, J. (2009). *GEOLOGÍA, GEOFÍSICA, HIDROGEOQUÍMICA E ISÓTOPOS, COMO HERRAMIENTAS PARA DEFINIR UN MODELO CONCEPTUAL HIDROGEOLÓGICO, CASO DE APLICACIÓN: ACUÍFERO COSTERO DEL MUNICIPIO DE TURBO.*
- González Vallejo, L. (2002). Ingeniería Geológica. *Influencia de la Composición Mineralógica en la Plasticidad.*
- González, M. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. Revista academia colombiana ciencias exactas físicas y naturales. Bogotá.
- Google Earth. (2016). Fotografía.
- Google Maps. (30 de marzo de 2017). *Escenarios Deportivos de Turbo.* Obtenido de <https://www.google.es/maps/place/Unidad+Deportiva+De+Turbo-Antioquia-Colombia/@8.0927918,-76.7215912,920m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x8e5065f702bccd39:0xd8d55186ec705507!8m2!3d8.0927865!4d-76.7194025>
- Gordillo de Anda, G. (2004). Seguridad alimentaria y agricultura familiar. *Revista CEPAL*(83), 71-84.
- GRASS Development Team. (2012). Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software. USA: Open Source Geospatial Foundation.
- Green, A. (2011). Significados de Vida: Espejo de Nuestra Memoria en Defensa de la Madre Tierra. Medellín.
- Guevara, M. (1998). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. . *Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política.*
- Haan, C. T. (Charles Thomas), 1941. (2002). Statistical methods in hydrology. Ames, Iowa : Iowa State Press, 2002.
- Haan, C., & Thomas, C. (2002). Statistical methods in hydrology. Ames, Iowa : Iowa State Press.
- Hansen, P., Christiansen, K., & Hummelose, B. (2000). Cleaner production assessment in meat processing. *UNEP DTIE, DEPA, Denmark*, 1-101.
- Hernández, C. J., Ortiz, R., Walschburger, T., & Hurtado, A. (1992). Unidades Biogeográficas de Colombia” En: Halffter, G. (Compilador). 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica I. Acta zoológica Mexicana. Volumen especial. CYTED-D Programa Iberoame.
- Hernández, O. (2009). CARTOGRAFIA GEOLOGICA Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE URABÁ Y SINÚ-SAN JACINTO A PARTIR DE LA INTERPRETACION DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS Y MONITOREO SISMICO. INFORME FINAL. 142. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- Hey, R. N. (1977). A new class of psuedofaults and their bearing on plate tectonics: a propagating rift model.
- Higuita Murillo, J. C. (2008). Seguridad Alimentaria y nutricional en las comunidades Embera de Nusidó y Atausí del municipio de Frontino. *Monografía de grado* . Medellín: Universidad de Antioquia.
- Higuita, A., & Domicó, J. (2016). *RITUAL GEMENÉ. Fundamentos para su comprensión, difusión y*. Chigorodó, Antioquia: Cabildo Mayor indígena de Chigorodó.
- Hirata, R. & Rebouças, A. (1999). La protección de los recursos hídricos subterráneos: una visión integrada, basada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos. *Boletín Geológico Minero*, 110(4), 423-236.



- Holdridge, L. (2000). Ecología basada en zonas de vida.
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of Geological Society of America*, 56, 275-370.
- Hoyos, G., Urrego, G., & Lema, T. (September de 2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual.
- Hydrologic Engineering Center (HEC). (2013). HEC-GeoHMS. 193. (U. A. Engineers, Ed.) Davis, CA.
- ICANH. (2010). LINEAMIENTOS CONSTITUCIONALES Y LEGALES PARA LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO COLOMBIANO.
- ICBF. (2010). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional de Colombia - ENSIN*. Bogotá: ICBF.
- Idárraga, & Callejas. (2011). Análisis florístico de la vegetación del departamento de Antioquia. *Flora de Antioquia: Catálogo de plantas vasculares. Vol 2. Listado de las plantas vasculares*.
- IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia, Parte II.
- IDEAM. (2006). *Atlas de Vientos y Energía Eólica de Colombia*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2007). *Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas*. Bogotá.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. (I. d. Ambientales, Ed.) Bogotá D.C, Colombia.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010.
- IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000 .
- IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*.
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua - ENA -* . Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá, D.C.
- IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014.
- IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA. (2008). Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Bogotá, D.C.
- IGAC & INGEOMINAS. (2006). *Investigación integral del Andén Pacífico Colombiano*. Bogotá D.C. Bogotá.
- IGAC. (1992). Mosaico de las Imágenes de radar INTERA.
- IGAC. (1995). Manual de Reconocimiento Predial. Bogotá.
- IGAC. (1995). Rango de Tipología según la vivienda.
- IGAC. (2007a). Estudio Semidetallado de Suelos de las áreas potencialmente agrícolas. Urabá, Antioquia.
- IGAC. (2007b). *Estudio General de suelos y zonificación de tierras Departamento de Antioquia. Subdirección Agrológica*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Atlas de la distribución de la propiedad rural en Colombia. Bogotá D. C., Antioquia, Colombia. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/8beae7804dc8d75abb1efb36b39898f6/1_notas_sobre_la_evolucion_historica_con_cubierta_1.pdf?MOD=AJPERES
- IGAC. (2012). *Conflictos de uso del territorio Colombiano*. Bogotá: IGAC.



- IGAC. (2014). *Anexo A. Diagnóstico*. Obtenido de Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación de Cuencas Hidrográficas.
- IGAC. (2014). Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. *Documento Interno*. Bogotá, Colombia.
- IGAC. (2016). Fotografía Aérea de un pequeño Abanico de origen fluviotorrencial.
- IGAC. (25 de mayo de 2017). Actualización del mapa de suelos del Quindío, la escala pasa de 1: 10.000 a 1: 25.000.
- INDEPORTES Antioquia. (17 de Noviembre de 2012). Plan de Desarrollo Deportivo. *URABÁ: Potencia Deportiva de América* . Apartadó, Antioquia, Urabá. Obtenido de "Urabá Potencia Deportiva de América".
- INDEPORTES Antioquia. (19 de noviembre de 2013). *Escuelas Sociales del Deporte*. Obtenido de http://www.indeportesantioquia.gov.co/web/c/1385/Lanzamiento_de_Escuelas_Sociales_del_Deporte_en_Apartad%C3%B3
- INDEPORTES Antioquia. (noviembre de 2015). *Informe de Gestión*. Obtenido de http://www.indeportesantioquia.gov.co/imagenes/originalpdf/9900IIPARTEPRES_ENTACININDEPORTES-INFORMEDEGESTIN.pdf
- INDEPORTES Antioquia. (16 de septiembre de 2016). *Subregionales de Urabá*. Obtenido de http://www.indeportesantioquia.gov.co/web/c/3427/Listos_los_representantes_de_la_subregi%C3%B3n_para_la_Final_Departamental_en_Frontino_del_25_al_30_de_octubre
- INDER de Antioquia. (3 de mayo de 2013). *LOS CIFD DE URABÁ*. Obtenido de http://indeportesantioquia.gov.co/web/c/181/En_radio_los_CIFD_de_Urab%C3%A1
- INDERPORTES. (13 de abril de 2013). Obtenido de http://www.indeportesantioquia.gov.co/web/c/204/CIFD_de_Urab%C3%A1
- INGEOMINAS - GEOTEC. (1997). Cartografía geológica de la región del Sinú (Noroeste de Colombia), planchas 50, 51, 59, 60, 61, 69, 70, 71, 79 y 80. . Bogotá: INGEOMINAS.
- INGEOMINAS - GEOTEC LTDA. (2003). *Geología de los cinturones Sinú-San Jacinto: 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta*. MEMORIA EXPLICATIVA, INGEOMINAS, Bogotá D.C.
- INGEOMINAS. (1999). *Geología del Departamento de Antioquia*. Bogotá D.C.
- INGEOMINAS, A. (2009). *Mapa Preliminar de Gradientes Geotérmicos de Colombia*. INGEOMINAS, BOGOTA.
- INGEOMINAS-IGAC. (2005). *Geología de la plancha 79-Turbo, Escala 1:100000*. INGEOMINAS-IGAC, Bogotá D. C.
- Instituto Colombiano de Antropología e Historia. (14 de septiembre de 2012). Sitios Arqueológicos Registrados. *Sitios arqueológicos registrados en el Golfo de Urabá*. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (8 de marzo de 2017). Obtenido de http://gsa.icbf.gov.co/search?requiredfields=&q=san+jos%C3%A9+de+apartad%C3%B3&btnG.x=0&btnG.y=0&btnG=Buscar&site=Sitio_Web&client=ICBF_FrontEnd_EX&output=xml_no_dtd&proxystylesheet=ICBF_FrontEnd_EX&proxyreload=1&sort=date%3AD%3A%3Ad1&entqrm=0&oe=UTF-8&
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. (2007). *Manual de campo para levantamiento de suelos y tierras*. Subdirección de Agrología. Documento Interno. Bogotá.



- INVEMAR; GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA; CORPOURABA; CODECHOCÓ. (2008). Formulación de los lineamientos y estrategias de manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera del Darién. Serie de Documentos Generales INVEMAR No. 22.
- Jaramillo Ceballos, L. F. (2007). Elementos para el análisis de la población rural en la zona centro de Urabá. El caso de las comunidades Puerto Girón y Zungo arriba en Apartadó y Casanova en Turbo. *Tesis, Magíster en Desarrollo Rural*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Jiménez Reyes, R., & Rodríguez Cruz, E. (2013). Geofísica aplicada a la búsqueda de agua subterránea en depositos aluviales. caso de estudio arenas algaba. En *Geociencias, Memorias de la V Convención cubana de ciencias de la tierra Geociencias*.
- Jones, P., Briffa, K., Barnett, T., & Tett, S. (1998). High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium: interpretation, integration and comparison with General Circulation Model control-run temperatures. *The Holocene*, 455-471.
- Jordan, T. (1975). The present day motions of the Caribbean plate.
- Juzgado Primero Civil del Circuito de Buga. (27 de marzo de 1992). Derecho a la Recreación. *Sentencia No. T-466/92*. Buga, Valle del Cauca, Colombia.
- Karlsson, R., & Hansbo, S. (1981). Soil Classification and Identification. Stockholm: Swedish Geotechnical Society.
- Kellogg, J., & Vega, V. (1995). Tectonic development of Panamá, Costa Rica, and the Colombian Andes: constraints from global positioning system geodetic studies and gravity. In Mann P. (Ed). *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean plate Boundary in Southern Central America*.
- Konikow, L. & Kendy, E. (2005.). Groundwater depletion: A global problem. *Hydrogeol J*, 13:, 317-320.
- Kovacs, J., & Zhang, C. &. (2008). Mapping the condition of mangroves of the mexican pacific using C-band ENVISAT ASAR and Landsat optical data. *Ciencias Marinas*.
- Kramer, S. (1996). *Geotechnical Engineering Earthquake*. New Jersey.
- Lacerda, L. (1993). Mangrove ecosystems of latin America and the caribbean: A summary.
- LAMBE, & TW & Whitman, R. (1969). *Soil Mechanics*. Massachusetts Institute of Technology. New York.
- Lerner R, D., A.S., & Simmers, I. (1990). *Groundwater recharge. A guide to understanding the natural recharge*. (E. R. GmbH, Ed.) Hannover.
- Lima, N. (2005). *Image 2000 and CLC 2000. Products amd Methods*. Italia.
- Londoño, C. H. (2001). *CUENCAS HIDROGRÁFICAS: BASES CONCEPTUALES – CARACTERIZACIÓN PLANIFICACIÓN ADMINISTRACIÓN*. (U. d. Tolima, Ed.) Ibagué, Colombia.
- Lopera, G., & Vélez. (2010). Estructura Poblacional del Cangrejo Azul Cardisoma guanhumi LATREILLE, 1828, e Identificación de Amenazas en la Zona Costera del Municipio de Turbo, Golfo de Urabá (Caribe Colombiano). *Tesis de grado para optar al título*.
- López, J. (2004). *Aplicación de una función de tiempo de viaje para la evaluación de la vulnerabilidad de un acuífero libre*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- López, L. D. (8 de marzo de 2017). Infraestructura recreativa en el Corregimiento Currulao. (P. R. Turbo-Currulao, Entrevistador)
- Lopez, N. (2009). *Caracterización biológica de siete áreas de reserva natural en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA-, subregión centro, municipios de Turbo, Apartadó, Chigorodó y subregión Caribe*.



- López, R. (2006). Manual de identificación de especies no maderables del corregimiento de Tarapacá, Colombia.
- López, R., & Montero, G. (2005). Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades Bogotá, Colombia.
- López-Camacho, & Montero-G, I. (2005). Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades. Bogotá.
- Lorenzana, P. (1999). Seguridad alimentaria, tecnología y nutrición. *Revista Agroalimentaria*, 15, 86-112.
- Machado, A., & Pinzón, N. (2003). *Indicadores para el seguimiento de la seguridad alimentaria en Colombia 1970-2000*. Bogotá: Red de desarrollo rural y seguridad alimentaria (RESA).
- Madrazo Miranda, M. (julio-diciembre de 2005). Algunas consideraciones en torno al significado de la tradición. *Contribuciones desde Coatepec*(9), 115-135.
- MADS. (2014). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. *Anexo A. Diagnóstico*.
- MADS. (2011). Plan Nacional para la Prevención, el Control y Manejo de las especies introducidas, trasplantadas e invasoras.
- MADS. (2013). *Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá.
- MADS. (2014). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS). *Anexo B: Gestión del Riesgo*.
- MADS. (2015). *Guía Técnica para la Formulación de los planes de Ordenación y Manejo e Cuencas Hidrográficas POMCAS. Anexo A. Diagnóstico*. Bogotá.
- Mahecha. (2004). osque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque húmedo premontano y bosque muy húmedo premontano.
- Mantua, N., Hare, S., Zhang, Y., Wallace, J., & Francis, R. (1997). A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *American Meteorological Society*.
- Martínez Costa, C., & Pedron Giner, C. (s.f). Valoración del estado nutricional.
- Martinez Martinez, Y. (2015). La tenencia de la tierra, la política ambiental y el desarrollo sostenible: estudio de caso municipios de Ramiquí y Sachica. *Tesis de maestría*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Medicina Legal. (2012). *Violencia contra niños, niñas y adolescentes: Datos para comprender su posición*. Bogota.
- Medina, A. (2006). *LA RECIRCULACIÓN DE LOS LIXIVIADOS Y SUS EFECTOS EN LA COMPACTACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS*. México.
- MEDUAPA. (2 de febrero de 2017). Obtenido de http://meduapa.mex.tl/21818_Malla-Curricular.html
- Mejía Mesa, G. A., & Gómez López, J. S. (20 de Octubre de 1999). Los Desechos Generados por la Industria Bananera Colombiana. Recuperado el 13 de Junio de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxix.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1984). *DECRETO 1594*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). *Decreto 3930*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2 de Agosto de 2012). Decreto número 1640 de 2012. *Legislación*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Guía preliminar Metodológica para la Formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.



- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Anexo A. Diagnóstico. En M. d. Sostenible, *Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas* (pág. 100). Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Anexo A Diagnóstico*. Bogotá: MinAmbiente.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (21 de Mayo de 2013). Resolución N° 509 . *Legislación*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (23 de mayo de 2013). Territorios Artificializados. *Resolución No. 0530*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Decreto 2041 de 2014, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. 51. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía Metodológica para la Formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía técnica para la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía técnica para la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de POMCAS*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de POMCAS - Anexo A. Diagnóstico*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de POMCAS. Anexo A. Diagnóstico*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 0631*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *26 de enero, día mundial de la educación ambiental*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Ministerio*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. 124.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). *Calidad en la vivienda de interés social. Guía de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social, No. 1*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2012). Decreto 1640 de 2012. 28.



- Ministerio de Educación. (2003). *Atlas de las culturas afrocolombianas*. Obtenido de <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/etnias/1604/article-83214.html>
- Ministerio de Educación. (4 de agosto de 2016). *LA MARATÓN DE LA LECTURA SE TOMÓ LA I. E. ALTO DE MULATOS*. Obtenido de <http://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-357915.html>
- Ministerio de Educación Nacional. (2013). *Sistema Nacional de Indicadores para los niveles preescolar, primaria, básica y media en Colombia*. Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía. (Diciembre de 2013). Explotación de materiales de construcción - Canteras y material de arrastre. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>
- Ministerio de Salud. (2015). población especial que se afilia mediante listados censales.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). Oferta Institucional para Adultos Mayores.
- Ministerio del Interior. (2012). Plan de Salvaguarda Étnica del Pueblo Gunadule.
- Ministerio del Interior. (junio de 2013). Plan de Salvaguarda del Pueblo Embera.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2004). *Decreto número 2060*. Bogotá.
- Mintransporte. (2016). *Ministerio de Transporte*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?IServicio=FAQ&IFuncion=viewPr eguntas&id=68#a487>
- Mitchell, J. (1995). Anacardiaceae.
- MOBOT. (2012). *Bosque húmedo pre montano*.
- Molano Bravo, A. (13 de Octubre de 2012). El caso San Pedro. *El Espectador*. Recuperado el Junio de 2017, de <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/el-caso-san-pedro-articulo-381029>
- Montoya Torres, J. (28 de 02 de 2017). Acueducto El Totumo. (L. Rodríguez Martínez, Entrevistador)
- Montoya, A., J.G, O., & Agudelo, H. (2013). Los Peces del Departamento de Antioquia (Colombia). 95-109.
- Mora, H. (1995). Central and South America GPS Geodesy: Relative Plate Motions Determined from 1991 and 1994 Measurements in Colombia, Costa Rica; Ecuador, Panama and Venezuela.
- Moreno Mena, J. M., Candanoza Córdoba, J. C., & Olarte Gordón, F. (Junio de 2009). Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de plátano de exportación en la región de Urabá. (Comunicaciones AUGURA). Medellín, Antioquia, Colombia: Impresos S. A. Obtenido de <http://cep.unep.org/repicar/proyectos-demostrativos/colombia-1/publicaciones-colombia/cartilla-platano-definitiva.pdf>
- Moreno, B. L. (20 de febrero de 2017). Conocimiento del Corregimiento Alto de Mulatos. (U. P. Turbo-Currulao, Entrevistador)
- Mozo. (1972). Algunas especies aptas para la reforestación en Colombia Bogotá.
- Municipio de Turbo. (2005). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS-*. Turbo: Consorcio Entorno Sano Ingeniería y Desarrollo.
- Municipio de Apartadó. (2000). PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, MUNICIPIO DE APARTADO. *Diagnóstico Biótico*.
- Municipio de Apartadó. (2007). Plan de ordenamiento territorial del municipio de Apartadó. Apartadó, Antioquia, Colombia.
- Municipio de Apartadó. (2011). Plan de ordenamiento territorial Municipio de Apartadó. Apartadó.
- Municipio de Apartadó. (2016). Plan de Desarrollo Territorial de Apartadó 2016-2019. Apartadó, Antioquia, Colombia. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de



- <http://www.apartado-antioquia.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/PLAN%20DE%20DE SARROLLO%20TERRITORIAL%20-%20documento%20final%20-.pdf>
- Municipio de Turbo. (Julio de 2000). Plan de ordenamiento territorial.
- Municipio de Turbo. (2000). POT Municipio de Turbo. *Componente Biótico*.
- Municipio de Turbo. (2012). Plan de ordenamiento territorial Municipio de Turbo. Turbo.
- Municipio de Turbo. (2013). Resguardo Embera Dokerazavi. *Reglamento Interno Resguardo Embera Dokerazavi*. Turbo, Antioquia.
- Muñoz Mora, J., & Zapata Quijano, O. (2011). *Estructura de la propiedad rde la tierra rural en Antioquia, 2006-2011*. Medellín: Universidad EAFIT, Gobernación de Antioquia.
- Murillo, K., Moreno, M. H., & Córdoba, J. (2009). Comidas y postres típicos de Urabá. Turbo, Antioquia.
- Naranjo, L. G. (1997). Anote on the birds of the Colombia Pacific mangroves. 246. (UNESCO, Ed.) París.
- Nash, D. L., & Moreno, N. (1981). *Cordia alliodora*.
- Navarro J. F. & Muñoz, J. (2000). Manual de huellas de algunos mamíferos de Colombia.
- Navia, J. (11 de enero de 1993). Tres Tristes Tenias. *EL TIEMPO*.
- NOAA. (2009). *Climate Variability*. Obtenido de Luann Dahlman.
- NOAA. (2017). *Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series*. Obtenido de <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>
- OIA, Asociación de Cabildos Indígenas de Antioquia, Ministerio de Salud y Protección Social, Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia. (2012). *Identificación de acciones a desarrollar en materia de salud y protección social desde el enfoque diferencial étnico para los pueblos indígenas Emebera, Gunadule y Senú del departamento de Antioquia*. Informe del Contrato 2012SS160844, Medellín.
- OMS. (2006). *Preventing disease through healthy environments : towards an estimate of the environmental burden of disease*.
- OMS. (Septiembre de 2014). *El embarazo en la adolescencia*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs364/es/>
- Óptima de Urabá. (2015). *Óptima de Urabá*. Obtenido de <http://optimadeuraba.com/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO. (2014). *El Estado de los Bosques del Mundo. Potenciar los Beneficios Socioeconómicos de los Bosques*. Roma.
- Organización Indígena de Antioquia (OIA). (2004). *Diagnóstico y Zonificación Forestal de las Comunidades Indígenas de los Resguardos de Caimán Nuevo, Polines, Yaberaradó y Jaikerasavi, en la Unidad de Ordenación Forestal Caimán Nuevo, Serranía de Abibe, Río Sucio, en la Región del Urabá Antioqueño*.
- Orjuela, L. C., & López, O. M. (2013). *Hoja metodológica del indicador Índice de alteración potencial de la calidad del agua (Versión 1,00)*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Osorio Bernal, E. E. (27 de 02 de 2017). Acueducto El Dos ASOACUEDOS E.S.P. (L. Rodríguez Martínez, Entrevistador)
- Ospina, M., & Ochoa, D. (1998). La palma africana en Colombia: apuntes y memorias.
- Ospitia, G., Londoño, E., & Suárez, B. (2004). *Geología de los cinturones del Sinú, San Jacinto y borde occidental del valle inferior del Magdalena Caribe colombiano*. MEMORIAS, INGEOMINAS, Bogotá D. C.
- Pabón C, J. D. (2011). El Cambio Climático en el Territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.



- Pantoja, F. Z. (1998). En F. Z. Pantoja, *Colombia, país de regiones: Región Noroccidental. Región Caribe*. Santafe de Bogota: Colciencias.
- Paredes Zúñiga, V. (2010). Susceptibilidad a la contaminación salina del acuífero costero del eje bananero de Urabá (golfo de Urabá) con técnicas hidrogeoquímicas e isotópicas. Universidad de Costa Rica.
- Peck, & Terzaghi. (1955). INV E-152-07. *Consistencia del suelo en función de la comprensión inconfiada*.
- Peña, P., Esquivel, J., Pérez, L., & Ávila, L. (1985). *Prospección hidrogeológica en el noreste de Urabá*. INGEOMINAS, Bogotá D. C.
- Pérez, E. (1996). *Plantas Útiles de Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Perez, G. (Abril de 2007). El Caribe antioqueño: entre los retos de la geografía y el espíritu paisa. *Documentos de trabajo sobre Economía Regional*(88), 1-48.
- Pisis Televisión. (31 de diciembre de 2015). Rendición de Cuentas 2012-2015. Turbo, Antioquia, Colombia.
- Pizano, C., & García, H. (2014). El Bosque seco Tropical en Colombia. *Las plantas de los bosques secos de Colombia*. Bogotá.
- (s.f.). *Plan de Desarrollo 2016-2019. Turbo educado y en Paz*.
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina, Una Guía para evaluación de amenazas*. 432 pp.
- PNUD. (2011). *Colombia rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano*. Bogotá: INDH, PNUD.
- PNUD. (2012). *Informe Nacional sobre Desarrollo Humano*. PNUD.
- Ponce, V. M. (1989). *Engineering Hydrology: Principles and Practices*.
- Portafolio. (2 de Marzo de 2016). *Portafolio.co*. Recuperado el 8 de Junio de 2017, de La agroindustria bananera creció un 14% en sus exportaciones: <http://www.portafolio.co/economia/gobierno/agroindustria-bananera-crecio-14-exportaciones-491793>
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala interdecadal hasta la escala diurna. *rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 201-222.
- Preciado, N. (2016). Fotografía.
- Preciado, N. (2016). Fotografía.
- Presidencia de la República de Colombia. (2011). *DECRETO 3572 DE 2011*. Bogotá D.C.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). Perfil Productivo Municipio de Apartadó: Insumo para el diseño de estrategias de Inclusión sociolaboral de la población víctima del conflicto. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 28 de Mayo de 2017, de <http://app3.mintrabajo.gov.co/perfiles-productivos/public/documentos.xhtml>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). Perfil Productivo Municipio de Necoclí: Insumo para el diseño de estrategias de Inclusión sociolaboral de la población víctima del conflicto. Bogotá D. C., Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 28 de Mayo de 2017, de <http://app3.mintrabajo.gov.co/perfiles-productivos/public/documentos.xhtml>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). Perfil Productivo Municipio de Turbo: Insumo para el diseño de estrategias de Inclusión sociolaboral de la población víctima del conflicto. Bogotá D. C., Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 28 de Mayo de 2017, de <http://app3.mintrabajo.gov.co/perfiles-productivos/public/documentos.xhtml>
- Ralph, C. (1995). Monitoring bird populations by point counts. U.S. Department of Agriculture.



- Ramírez Gómez, H. (1993). Situación en salud del niño colombiano y latinoamericano. 3-12.
- Ramírez, G. &. (1998). Mangrove vegetation assessment in the Santiago river mouth, Mexico by means of supervised classification using Landsat TM .
- Rangel, O. (1982). Colombia Diversidad Biotica II Tipos de vegetación en Colombia.
- Reyes T., A., Barroso, F., & Carvajal E., Y. (2010). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Cali, Colombia: Editorial Universidad del Valle.
- Reyes, H. (2004). *Tecnoestratigrafía y evolución geológica del Valle Inferior del Magdalena*. Boletín de Geología Vol. 26, No. 42.
- Reyes, M. d. (30 de Septiembre de 2015). Veinte años de una guerra sin límites en Urabá. *Noticia*. Recuperado el 2017, de <http://www.verdadabierta.com/desde-regiones/5996-veinte-anos-de-una-guerra-sin-limites-en-uraba>
- Rial, A. (2013). Plantas acuáticas: aspectos sobre su distribución geográfica, condición de maleza y usos. *Biota Colombiana*.
- Rivero Bertel, A. (28 de 02 de 2017). Acueducto El Tres. (L. Rodríguez Martínez, Entrevistador)
- Rodríguez, C. (2010). Características y reservas de las provincia de Urabá.
- Rodríguez, N. (2016). *Fortalecimiento de las prácticas de uso cotidiano y conservación del agua de las comunidades El Esfuerzo, y Pescador 1 y 2, del municipio de Turbo, Antioquia*. Turbo: Universidade Antioquia.
- Rojas, D. (2009). Etnografía del Resguardo Caimán Nuevo. Bogotá.
- Román, C., & Acero, A. (diciembre de 1992). NOTAS SOBRE LAS COMUNIDADES DE PECES DEL NORTE DE ANTIOQUIA (COLOMBIA). Santa Marta.
- Rosique, J., Gálvez, A., Restrepo, M. T., Manjarrés, L. M., & Valencia, E. (2012). Food and nutrition in embera indigenous people. (D. L. Naidoo, Ed.) *An ethnography of global landscapes and corridors*. Obtenido de <http://www.intechopen.com/books/anethnography-of-global-landscapes-and-corridors/food-and-nutrition-in-embera-indigenous-people>
- Rosique, J., Restrepo, M. T., Majarrés, L. M., Gálvez, A., & Santa, J. (2010). Estado nutricional y hábitos alimentarios en indígenas Embera de Colombia. *Rev. ChilNutr*(37), 271-280.
- Samper, F. J. (1997). *Evaluación de la recarga a partir de modelos numéricos de flujo en acuíferos*. En: *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica*. Madrid.
- Sánchez-Valencia, C. (1998). *Descripción y Zonificación del manglar del Golfo de Urabá. Municipio de Necoclí*. Necoclí.
- Schwing, F. B., & Gaxiola-castro, G. (2002). The state of California current, 2001–2002: will the California current system keep its cool, or is El Niño coming?
- Secretaría de Educación y Cultura de Turbo. (2017). *I.E NORMAL SUPERIOR DE URABÁ APORTANDO AL MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de <http://www.semturbo.gov.co/index.php/noticias/472-i-e-normal-superior-de-uraba-aportando-al-medio-ambiente>
- Secretaría de Salud, Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia; Universidad de Antioquia. (2012). *Propuesta para la implementación del modelo de Atención Primaria en salud renovada para Antioquia con las comunidades indígenas del municipio de Dabeiba 2012-2015*. Informe del convenio interadministrativo 2012SS160744, Medellín.
- Señal Colombia . (2 de marzo de 2016). *Dieciseis 9 films*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=AwxqNset1wk>



- Señal Colombia. (14 de abril de 2016). *Dieciseis 9 films*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=hkPFhqXFeD0&t=46s>
- Señal Colombia. (12 de 04 de 2016). *Dieciseis 9 films*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=4dqwXgABpFI&t=482s>
- Señal Colombia. (24 de 02 de 2016). *Dieciseis 9 films*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=C8YLRCDS1Aw&t=1139s>
- Señal Colombia. (22 de 02 de 2016). *Dieciseis 9 films*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=j0vHUGndeoo>
- Sepúlveda Herrera, D. M., & Guerra Morales, J. (2014). El papel de las redes de actores en las políticas públicas de seguridad alimentaria y nutricional en la región del Urabá antioqueño, 2013. *Estudios Políticos*(45), 159-182.
- Serna, D. R. (2006). Consideraciones sobre las identidades entre la gente chilapa y negra del Bajo Atrato .
- Servicio Geológico Colombiano. (2014). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por Movimientos en Masa, Colección Guías y Manuales. 179 pp.* Bogotá.
- Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa.* Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- SIATAC . (diciembre de 2009). *Tejido Urbano Continuo.* Bogotá.
- SIATAC. (julio de 2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra.*
- SIB. (2015). *Informe de biodiversidad en Cifras.* Obtenido de <https://www.sibcolombia.net/biodiversidad-en-cifras/>
- SISBEN . (diciembre de 2015). *Sistema de Identificación de Beneficiarios de Programas Sociales.*
- SISPRO. (2014). *Indicadores de atención materno-infantil.*
- SISPRO. (2017). *Causas de morbilidad en los municipios de Apartadó, Turbo y Necoclí.*
- Smith, C., & Sardeshmukh, P. (2000). The Effect of ENSO on the Intraseasonal Variance of Surface Temperature in Winter. *International J. of Climatology*, 1543-1557.
- Sosa, & Fleming. (1994). *Mamíferos terrestres y voladores de Colombia.*
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of Geological Society of America*, 63, 1117-1142.
- Suárez, A. M., & Alzate, E. (2014). *Guía Ilustrada Anfibios y reptiles Cañón del río Porce, Antioquia.* EPM E.S.P. Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia. Medellín: EPM E.S.P.
- Suman. (1994). *Extensión del Manglar en países latinoamericanos .*
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2014). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN ESP.* 25.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES AGUAS DE URABÁ S.A E.S.P.* 83.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES FUTURASEO S.A. E.S.P.* 16.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES OPTIMA DE URABÁ S.A. E.S.P.* 38.
- Superintendencia Financiera de Colombia. (31 de Marzo de 2017). *Cobertura Geográfica.* Obtenido de <https://www.superfinanciera.gov.co/Superfinanciera-CoberturaGeografica/generic/geographicalCoverage.seam>
- temporales, S. d. (2017). *Molas. Capas de sabiduría . La vida y pensamiento de la comunidad guna de Colombia y Panamá.* Museo del oro Banco de la República,



- Bogotá. Obtenido de <http://www.banrep cultural.org/museo-del-oro/exposiciones-temporales/molas>
- Thorntwaite, C. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55-94.
- TNC. (2002). The Gulf Coast prairies and marshes ecoregional Conservaton Plan. *The Nature Conservancy*.
- Torreglosa, A. (8 de marzo de 2017). Información de la Infraestructura deportiva y de recreación en El Totumo Necoclí. (P. R. Turbo-Currulao, Entrevistador)
- Torres, M. (2005). *ABC de los Proyectos Educativos Escolares - PRAE*. (M. d. Nacional, Ed.) Obtenido de <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/article-81637.html>
- Toth, J. (1963). A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage bains. *Journal of Geophysical Research* 68, 16, 4795-4811.
- Tovilla. (2001). Estado actual del bosque de mangle en laguna de Mecocacán Tabasco. Implicaciones.
- Trenberth, K. (1984). Some Effects of Finite Sample Size and Persistence on Meteorological Statistics, Part I: Autocorrelations.
- Trenberth, K. E., Caron, J. M., Stepaniak, D. P., & Worley, S. (2000). The evolution of ENSO and global atmospheric temperatures.
- Trenkamp, R., Kellogg, J., Freymueller, J., & Mora, H. (2002). Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations.
- UARIV - Unidad de Atención y Reparación Integral a las Víctimas, RNI - Red Nacional de Información. (2017). *Registro Único de Víctimas - RUV*.
- UICN. (2012). CATEGORÍAS Y CRITERIOS DE LA LISTA ROJA DE LA UICN. *La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN*.
- UNESCO. (2003). *Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial*. París, Francia: UNESCO.
- UNFPA; Universidad Externado de Colombia. (2009). *Guía para análisis demográfico Local. Herramientas para incluir el enfoque poblacional en los procesos de planeación del desarrollo integral*. Bogotá.
- Unidad de Víctimas. (s.f). Caracterización Antioquia-Turbo. *informe*. Obtenido de <http://rni.unidadvictimas.gov.co/sites/default/files/Documentos/ANTIOQUIA%200-TURBO.pdf>
- Unión Temporal Plan Estratégico de las Macrocuencas Magdalena Cauca y Caribe. (2015). PLAN ESTRATÉGICO MACROCUECA CARIBE. INFORME LINEAMIENTOS Y DIRECTRICES DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA. 673.
- Universidad de Antioquia. (1982). *Segunda campaña de investigaciones arqueológicas y prehistóricas en la región del Golfo de Urabá*. Medellín.: Universidad de Antioquia.
- Universidad de Antioquia. (2016). Oferta de Aguas Subterráneas para el sistema Acuífero del Golfo de Urabá.
- Universidad de Antioquia. (s.f). *Nuestras bibliotecas*. Recuperado el 30 de marzo de 2017, de <http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/sistema-bibliotecas/institucional/nuestras-bibliotecas>
- Universidad Nacional de Colombia. (2012). Obtenido de <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=QuickSearch&accion=searchByScientific&keyword=Trophis%20caucana>
- Universidad Nacional de Colombia; Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2009). *Cartografía geológica y modelamiento estructural de las cuencas de Urabá y Sinú*



- San Jacinto a partir de la interpretación de imágenes de sensores remotos y monitoreos sísmico. Bogotá D. C.
- Valencia, & García. (2007). Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó.
- Vargas Gamez, E. (1992). *Análisis y clasificación del uso y coberturas de la tierra con interpretación de imágenes*. Bogotá.
- Vargas, M. (2011). *Evaluación del peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas por agroquímicos*. Informe técnico, Apartadó.
- Vázquez, Y. (2016). Programa Nacional de Recursos Genéticos.
- Velez, & Puricelli. (2009). *Parameter extrapolation to ungauged basins with a hydrological distributed model in a regional framework*. *Hydrology and Earth*. Obtenido de <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/13/229/2009/hess-13-229-2009.html>
- Velez, J. I., Poveda, G., & Mesa, O. (1995). *Balances hidrológicos de Colombia*.
- Vélez, M. & Vásquez, L. (2004). *Métodos para determinar la recarga en acuíferos Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos* (Vol. 11). (P. e. Hidráulicos, Ed.) Medellín, Antioquia, Colombia.
- Vélez, N. (2010). Proyecto de Ordenación Forestal Sostenible en el bajo Cauca y Nordeste de Antioquia - Colombia - .
- Verdad Abierta. (14 de 10 de 2008). Bloque Elmer Cárdenas de Urabá. Colombia.
- Verdad Abierta. (12 de 3 de 2015). Cuando los niños salen del conflicto . Colombia.
- Verdad Abierta. (18 de Febrero de 2015). En Tulapas, Urabá antioqueño, sí hubo despojo: Corte Suprema de Justicia. Recuperado el junio de 2017, de <http://www.verdadabierta.com/lucha-por-la-tierra/5624-en-tulapas-si-hubo-despojo-de-tierras>
- VERSTAPPEN, H. T. (1992). *El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos*. *Publicación ITC No. 10*. Villanueva de Huerva. Villanueva de Huelva.
- Villamarin, O. (2015). Estrategia nacional para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de Colombia. En S. Salcedo Vaca (Ed.), *Políticas de seguridad alimentaria en los países de a comunidad Andina* . Santiago de Chile: FAO.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación física de tierras*. Bogotá.
- Vivas-Aguas, L. J., Espinosa, L., & Parra, L. (2013). Identificación de fuentes terrestres de contaminación y cálculo de las cargas contaminantes en el área de influencia de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 7.30.
- Wang, C., & Enfield, D. (2001). The Tropical Western Hemisphere Warm Pool. *Geophysical Research Letters*.
- Wanielista, M. P. (1997). *Hydrology and Water Quality Control*.
- WMO. (2011). *Guide to Climatological Practices - WMO No 100 (Third)*. Geneva, Switzerland.
- Wolter, K. (1987). The Southern Oscillation in surface circulation and climate over the tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian Oceans as captured by cluster analysis. *Climate Appl*, 540-558.
- World Meteorological Organization. (2011). *Guide to Climatological Practices - WMO No 100*. Geneva, Switzerland.
- Xu, C; Singh, V P. (1998). A Review on Monthly Water Balance Models for Water Resources Investigations. *Water Resources Management*, 12, 31-50. doi:09204741



FASE DE DIAGNÓSTICO
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO TURBO – CURRULAO

- Zinck, A. (1987). *Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos*. Bogotá.
- Zinck, A. (2012). *Geopedología: Elementos de Geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. ITC Enschede, The Netherlands.

EN ETAPA DE PUBLICIDAD