

**CONSERVACIÓN MICROCUENCA HIDROGRÁFICA LA BELLA
MUNICIPIO DE PEREIRA (RISARALDA)**

**Investigador principal
DANILO FLÓREZ GUARÍN**

**Auxiliar de investigación
SEBASTIÁN ANDRADE ORTIZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA**

2013

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pereira, 17 de septiembre del 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por alimentarme de fuerza y sabiduría para proyectarme al mundo, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante la carrera..

A mi madre, Ana María, por darle sentido a mi vida, por su incondicional apoyo en todo momento, por amarme y confiar en mí. Mamá gracias por darme una formación para mi futuro, todo esto te lo debo a ti. Te amo.

A mi padre, Jairo, es un logro que deseo compartir contigo, gracias por ser mi papá y ofrecerme siempre el cariño y la compañía que me sirves. Quiero que sepas que ocupas un lugar especial.

A mi novia, Jakeline, desde un principio hasta el día de hoy sigues dándome ánimo para terminar este proceso, gracias por ser una gran mujer y caminar conmigo en el día a día.

A mi familia, de quienes he recibido siempre el apoyo sincero y que han hecho posible este logro. En particular a Dolly, Maddy, Elizabeth y gloria, por aportar un granito de arena en la realización y culminación de mi carrera académica.

A los docentes de la universidad que con sus clases hicieron aportes a mi formación, en especial al ingeniero Danilo Flórez por haber confiado en mi persona, por la dirección de este trabajo. Al ingeniero Daniel Aristizábal, gracias por la colaboración prestada y su buena voluntad. A la empresa Aguas y Aguas de Pereira y a mi compañero William Flórez por el apoyo para la realización del proyecto.

Sebastián Andrade Ortiz

Pereira, septiembre 2013

A mi madre por su apoyo incondicional, interés y amor único,

A mi padre por su colaboración y esmero por mi futuro,

A mi novia por su entrega y cariño verdadero.

Sebastián Andrade Ortiz

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
I. RESUMEN	21
ABSTRACT.....	23
INTRODUCCIÓN	25
II. GENERALIDADES	26
1. ANTECEDENTES.....	26
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y LOCALIZACIÓN	31
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	31
2.2. LOCALIZACIÓN	32
3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	35
4. JUSTIFICACIÓN.....	36
5. OBJETIVOS.....	38
5.1. Objetivo general.....	38
5.2. Objetivos específicos.....	38
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	39
6. MARCOS DE REFERENCIA	39
6.1. MARCO TEÓRICO	39
6.1.1. Plan de manejo ambiental.....	39
6.1.2. Planificación y manejo de las cuencas hidrográficas	40
6.1.3. Caracterización de la zona.....	41
6.1.4. Quebrada La Bella	42
6.1.4.1 Registro de la microcuenca.....	43
6.1.5. Gestión ambiental	44
6.1.6. Calidad del agua	45

6.1.6.1. Aguas residuales.....	45
6.1.6.2. Principales parámetros que afectan la calidad del agua	47
6.1.6.2.1. Oxígeno disuelto	47
6.1.6.2.2. Demanda bioquímica de oxígeno.....	47
6.1.6.2.3. PH o concentraciones de iones hidrógeno	47
6.1.6.2.4. Sólidos totales disueltos	48
6.1.6.2.5. Coliformes	48
6.1.6.2.6. Fósforo total.....	49
6.1.6.2.7. Nitratos	49
6.1.6.2.8. Turbidez.....	49
6.1.7. Trinchos y gaviones.....	50
6.2. MARCO CONCEPTUAL	51
6.2.1. Sostenibilidad.....	51
6.2.2. Preservación	51
6.2.3. Fauna.....	51
6.2.4. Flora.....	52
6.2.5. Microcuenca.....	52
6.2.6. Análisis microbiológico del agua	54
6.2.7. Agua potable.....	54
6.2.8. Análisis organoléptico	54
6.2.9. Análisis físico – químico del agua	54
6.2.10. Autoridad ambiental	54
6.2.11. Agua segura.....	55
6.2.12. Contaminación puntual	55
6.2.13. Contaminación difusa.....	55
6.2.14. Erosión fluvial.....	55
6.2.15. Obras de protección	55
6.2.16. Mitigación.....	56
6.3. MARCO LEGAL	57

IV. METODOLOGÍA	61
7.MARCO METODOLÓGICO	61
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	61
7.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	62
7.2.1. ETAPA 1: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA	62
7.2.1.1. Recorrido y conocimiento de campo	62
7.2.1.2. Consecución, captura de información primaria y secundaria	63
7.2.1.2.1. Revisión de literatura.....	63
7.2.1.2.2. Entrevistas.....	64
7.2.1.2.3. Asistencia del sector.....	64
7.2.1.2.4. Encuestas.....	65
7.2.1.2.5. Estudio del territorio.....	65
7.2.1.2.6. Estudio del agua.....	66
7.2.1.2.7. Estudio del suelo	66
7.2.1.2.8. Cálculo de caudales	68
7.2.2. ETAPA 2: ESTUDIO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA	68
7.2.2.1. Interpretación del diagnóstico	68
7.2.2.2. Evaluación del riesgo.....	69
7.2.3. ETAPA 3: ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN ACTUALES EN LA	
MICROCUENCA	69
7.2.4. ETAPA 4: PROPUESTA DE OBRAS Y ACCIONES DE PREVENCIÓN Y	
MITIGACIÓN	
DEL	
RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA.....	69
7.2.5. ETAPA 5: DESARROLLO DE OBRAS Y ACCIONES PROPUESTAS.	70
7.2.6. ETAPA 6: SOCIALIZACIÓN.....	72
V. DIAGNÓSTICO FÍSICO Y BIOFÍSICO DEL ESTADO DE LA MICROCUENCA	
LA BELLA	73
8. FLORA Y FAUNA	73

8.1. Flora	73
8.2. Fauna	75
8.3. Inventario.....	76
9. AMENAZAS Y CONSECUENCIAS QUE SE GENERAN EN LA MICROCUEENCA.....	76
9.1. AMENAZAS ANTRÓPICAS	76
9.1.1. Diagnóstico social	77
9.1.2. Uso del suelo en actividad pecuaria.....	79
9.1.2.1. Porcicultura	79
9.1.2.2. Avicultura	84
9.1.2.3. Bovinos	88
9.1.2.4. Equinos	90
9.1.3. Uso del suelo en actividad agrícola	91
9.1.3.1. Agricultura de subsistencia	92
9.1.3.2. Agricultura de mercado	95
9.1.4. Uso del suelo en actividad forestal	100
9.1.5. Uso del agua en acuicultura.....	102
9.1.6. Usos con respecto al POT (Plan de ordenamiento territorial)	103
9.1.7. Uso del suelo de vivienda	104
9.1.7.1. Sistemas de vivienda sin tratamiento.....	105
9.1.7.2. Sistemas de vivienda con tratamiento.....	108
9.2. AMENAZAS SOCIO NATURALES	112
9.2.1. Deslizamientos	112
9.2.2. Sequías.....	116
10. COBERTURA DEL SUELO	119
10.1. Aptitud del suelo	119
10.2. Uso potencial	120
11. POSIBLES FACTORES DE LA MICROCUENCA QUE PONEN EN RIESGO SU CONSERVACIÓN	120

11.1. Morfometría de la microcuenca.....	120
11.1.1. Área y perímetro	120
11.1.2. Longitud axial.....	121
11.1.3. Ancho promedio.....	121
11.1.4. Forma de la microcuenca.....	122
11.1.4.1. Índice de gravelius (Kc).....	122
11.1.4.2. Factor forma (K _f)	123
11.1.5. Altitud	123
11.1.5.1. Elevación media (Em).....	124
11.1.6. Relieve	124
11.1.7. Gestión clima	125
11.2. Factores litológicos	126
11.2.1. Geomorfología	126
11.2.2. Geología	126
11.3. Análisis morfométrico de la quebrada La Bella.....	128
11.3.1. Leyes de Horton del número de ríos	128
11.3.2. Densidad de drenaje (Dd)	129
11.3.3. Pendiente del cauce principal	130
12. PARÁMETROS QUE EXPONEN LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA	
12.1. RECURSO HÍDRICO QUEBRADA LA BELLA	131
12.1.1. Parámetros físico químicos.....	131
12.1.2. Caudal.....	131
12.2. SUELO MICROCUENCA LA BELLA	135
VI. ESTUDIO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	137
13.1. INTERPRETACIÓN DEL DIAGNÓSTICO	137
13.1.1. Calidad del agua	137
13.1.2. Calidad del suelo.....	140

13.1.3. Calidad del aire	144
13.1.4. Estado de la biota	142
13.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO	147
13.2.1. Causas de riesgo	147
13.2.2. Tipos de riesgo.....	149
13.2.3. Evaluación total.....	151
VII. ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN ACTUALES EN LA MICROCUENCA	153
14.1. Preámbulo.....	153
14.2. Tipos	154
14.2.1. Muros de protección	154
14.2.2. Disipadores de energía.....	156
14.3. Estado de las obras	160
VIII. PROPUESTA DE OBRAS Y ACCIONES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA LA BELLA	
15.1. PROGRAMA DE GESTIÓN SOCIAL	164
15.1.1. Proyecto de saneamiento básico	166
15.1.2. Proyecto de mejora uso del suelo	171
15.1.3. Proyecto de sentido de pertenencia.....	172
15.2. PROGRAMA DE REHABILITACIÓN FORESTAL Y AGROFORESTAL	174
15.2.1. Sistemas agroforestales.....	176
15.2.2. Reforestación.....	177
15.2.3. Áreas de captación y márgenes de la quebrada La Bella y sus afluentes	178
15.3. PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE ORILLAS Y ESTABILIZACIÓN DE LADERAS DEL CAUCE.....	180
15.3.1. Estabilización de laderas	181
15.4. RESUMEN DE FICHAS PROPUESTAS.....	182

IX. DESARROLLO DE OBRAS Y ACCIONES PROPUESTAS.....	184
16.1. FICHA N°2: Manejo de aguas residuales.....	185
16.1.1. Sistemas sépticos	185
16.1.2. Mantenimiento e inspección de TAR.....	193
16.2. FICHA N°9. Protección de laderas	197
16.2.1. Muro integral en gaviones E1	191
16.2.2. Muro de protección en gaviones E2.....	221
X. SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO CON POBLADORES DE LA MICROCUENCA LA BELLA	239
XI. REFLEXIONES	240
XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	244
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	247

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Canal de aducción	28
Figuras 2 y 3. Cambio del curso de la quebrada La Bella.....	28
Figura 4. Aguas negras del sector La Estrella contaminando tributarios	32
Figura 5. Masas activas	32
Figura 6. Localización de Pereira en el departamento.....	33
Figura 7. Localización de la microcuenca en el municipio de Pereira.....	34
Figura 8. División de veredas del sector	34
Figura 9. Recorrido quebrada La Bella	42
Figura 10. Nacimiento Q. La Bella	43
Figura 11. Desembocadura Q. La Bella.....	43
Figura 12. Clasificación de amenazas	44
Figura 13. Sólidos totales disueltos (STD).....	48
Figura 14. Coliformes fecales	48
Figura 15. Formación de algas debido al fósforo	49
Figura 16. Turbidez.....	50
Figura 17. Zonas de una microcuenca.....	53
Figura 18. Cuenca alta y baja	67
Figuras 19 y 20. Toma y selección de muestras de suelo	67
Figura 21. Decámetro	70
Figura 22. Mira.....	70
Figura 23. Nivel Look.....	70
Figura 24. GPS	71
Figura 25. Mazo	71
Figura 26. Tubo Shelby	71
Figura 27. Pesa en gramos	71

Figura 28. Calibrador	71
Figura 29. Bisturí.....	71
Figura 30. Horno de secado	71
Figura 31. Máquina de compresión	71
Figura 32. Extractor	71
Figuras 33, 34 y 35. Corrales sin porcinos.....	80
Figuras 36, 37 y 38. Corrales de sistema familiar.....	80
Figuras 39 y 40. Contaminación de porcícolas	81
Figura 41. Proceso proteico de un cerdo	82
Figura 42. Galpón casero	84
Figuras 43 y 44. Galpón macro.....	85
Figura 45. Gallinaza	85
Figuras 46, 47 y 48. Establo A	89
Figuras 49, 50 y 51. Establo B.....	89
Figura 52. Equinos cuenca alta	91
Figura 53. Cultivo de cebolla	96
Figuras 54 y 55. Cultivo intensivo de café	97
Figuras 56, 57 y 58. Glicocafé y Agrocafé	97
Figuras 59 y 60. Procesadoras de café	98
Figura 61. Profol	99
Figura 62. Poco bosque protector	101
Figura 63. Lago artificial	102
Figuras 64 y 65. Descargas puntuales al cauce	110
Figuras 66, 67 y 68. Canales naturales de aguas residuales	107
Figura 69. Alteración de caudales aguas lluvia	108
Figuras 70 y 71. Tiendas por menor	108
Figura 72. Escuela Consota	108
Figuras 73, 74 y 75. Sistemas septicos Plan de vivienda Número 1.....	109
Figura 76. Pozo séptico	110
Figura 77. Rebosamiento de tanques	111

Figura 78. Amenaza de afluentes	111
Figura 79. Maleza en el cauce debido a derribes	112
Figuras 80 y 81. Bocatoma Charco Hondo	112
Figuras 82, 83 y 84. Desprendimientos activos	114
Figuras 85 y 86. Puntos sin actividad	115
Figura 87. Incruste de llantas fundidas para evitar la socavación	115
Figura 88. Desplazamiento del suelo	116
Figura 89. Perfil estratigráfico	127
Figura 90. Ordenanza de muestras	136
Figura 91. Muro de contención en concreto	154
Figura 92. Muro en gavionería	155
Figuras 93 y 94. Muro de contención en concreto	155
Figuras 95 y 96. Muro de contención en concreto	156
Figuras 97 y 98. Disipadores verticales a escala	157
Figuras 99 y 100. Disipadores inclinado a 45°	157
Figuras 101 y 102. Disipadores inclinado a 45°	158
Figuras 103, 104 y 105. Disipadores inclinado a 45°	159
Figura 106. Disipador inclinado a 45°	160
Figura 107. Alambre de torsión	161
Figuras 108 y 109. Daños en estructura de protección	161
Figuras 110 y 111. Patas de gaviones revestidos	162
Figura 112. Socavación en disipador de energía	163
Figura 113. Caseta vereda Morrón	168
Figuras 114 y 115. Pozo séptico	185
Figura 116. Elementos del pozo séptico	186
Figura 117. Trampa de grasas	186
Figura 118. Elementos del pozo séptico	187
Figura 119. Proceso de instalación	189
Figura 120. Tanque empotrado	191
Figura 121. Prototipo de tanque PV2.....	193

Figura 122. Localización muro integral E1	198
Figura 123. Tramo de la zona intervenida estructura 1.....	198
Figura 124. Dimensiones Ladera N°. 1	199
Figura 125. Cimentación de Muro integral E1	200
Figuras 126 y 127. Muestra con tubo Shelby	202
Figuras 128 y 129. Muestra a ensayar	202
Figura 130. Ensayo de compresión inconfiada	203
Figura 131. Muestra fallada	204
Figura 132. Esquema de alambre galvanizado recubierto en PVC	211
Figura 133. Detalle de la Malla hexagonal	213
Figura 134. Empuje activo E1	214
Figura 135. Momento estabilizante E1.....	216
Figura 136. Gavión armado	219
Figura 137. Amarre	219
Figura 138. Tirantes de tensión	220
Figura 139. Refuerzo	220
Figura 140. Localización muro integral E2.....	222
Figura 141. Tramo de la zona intervenida estructura 2.....	222
Figura 142. Dimensiones Ladera N°. 2	223
Figura 143. Cimentación de Muro integral E2.....	224
Figura 144. Empuje activo	230
Figura 145. Momento estabilizante E2.....	233
Figura 146. Contrafuertes	236
Figura 147. Contrafuertes en ladera	237
Figura 148. Unión de contrafuertes	237
Figura 149. Líder 1	231
Figura 150. Líder 2.....	232
Figura 151. Líder 3.....	232

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especies de bosques secundarios	74
Tabla 2. Vegetación de potreros	74
Tabla 3. Vegetación de orillas de cauces y caminos	75
Tabla 4. Estadística de encuestas	77
Tabla 5. Matriz de impactos ambientales contra actividades de porcicultura	83
Tabla 6. Aporte de nutrientes de las excretas de aves.	87
Tabla 7. Ficha técnica alto 100 SL	94
Tabla 8. Información ecológica	94
Tabla 9. Insumos utilizados en la producción de cebolla	95
Tabla 10. Composición de los principales subproductos del procesamiento del café.	99
Tabla 11. Clasificación de uso del suelo con respecto al POT	103
Tabla 12. Rangos de pendientes y zona de mayor frecuencia	113
Tabla 13 Clasificación de cuencas.....	119
Tabla 14. Clasificación de terrenos según pendiente media	125
Tabla 15. Relación de Bifurcación	128
Tabla 16. Clases de P. Cauce principal	130
Tabla 17. Parámetros físico - químicos del agua Quebrada La Bella.	131
Tabla 18. Perfil transversal	132
Tabla 19. Informe de ensayo suelos	136
Tabla 20. Comparación parámetros del agua	138
Tabla 21. IRCA	139
Tabla 22. Contenido de nutrientes (sobre materia total) de varias materias orgánicas y minerales	143
Tabla 23. Valoración del sistema a calificar	151
Tabla 24. Calificación de amenazas	152

Tabla 25. Evaluación general	152
Tabla 26. Resumen actividades para mitigar amenazas	182
Tabla 27. Dimensión Pozos sépticos	189
Tabla 28. Tasas de absorción y áreas requeridas para absorción	190
Tabla 29. Control de mantenimiento	196
Tabla 30. Tabla de ensayo	205
Tabla 31. Clasificación del suelo	206
Tabla 32. Dimensión de gaviones	207
Tabla 33. Cantidad y dimensiones de gaviones Muro de protección 1	207
Tabla 34. Especificaciones de alambre sin recubrimiento de P.V.C.	210
Tabla 35. Especificaciones de alambre con recubrimiento de P.V.C.....	211
Tabla 36. Especificaciones alambre de amarre y refuerzo	212
Tabla 37. Cantidad y dimensiones de gaviones Muro de protección 2	225

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Viviendas con agricultura	78
Gráfico 2. Uso del excremento.....	87
Gráfico 3. Capacidad de área (mes).....	90
Gráfico 4. Características cualitativas de aguas residuales domésticas	104
Gráfico 5. Servicios de domicilios	105
Gráfico 6, 7 y 8. Precipitaciones corregimiento La Bella	117
Gráfico 9. Histograma de lluvias	119
Gráfico 10. Corte transversal cauce de la quebrada La Bella	132
Gráfico 11. Clasificación de los suelos por su pH	141
Gráfico 12. Ensayo de compresión inconfina da	20

ANEXOS

Anexo A

ENTREVISTAS REALIZADAS

Líderes partícipes del proyecto

Anexo B

MAPAS

Mapa 1. Ubicación corregimiento La Bella

Mapa 2. Clasificación del territorio

Mapa 3. Suelo de protección

Mapa 4. Zonificación y usos de suelo rural

Mapa 5. Zona de Planificación rural

Mapa 6. Áreas de actividad rural

Mapa 7. Aptitud física de la tierra

Mapa 8. Uso potencial

Mapa 9. Mapa de cobertura y uso del suelo de Pereira

Anexo C

INVENTARIO SENDERO ECOLÓGICO

Anexo D**ENCUESTAS**

Anexo E**PLANOS AUTOCAD**

Plano 1. Área microcuenca La Bella

Plano 2. Estructuras de protección

Plano 3. Localización y muestreo aguas y suelo

Plano 4. Uso del suelo

Plano 5. Zonas de riesgo – susceptibilidad a movimientos

Plano 6. Viviendas con requerimiento de pozos sépticos

Plano 7. División veredas microcuenca

Anexo F**INFORMES DEL LABORATORIOS**

Laboratorio de aguas y alimentos

Laboratorio de suelos y foliares

Cartilla de laboratorio

Anexo G

PLANO ISOYETAS

Anexo H

INFORME ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO –
QUEBRADA SAN PABLO

Anexo I

TABLAS DE EVALUACIÓN

Tabla A. Cuadro puntaje de riesgo

Tabla B. Comparativo Nitrógeno

Tabla C. Clasificación del espacio poroso

Tabla D. Fósforo

Tabla D. Potasio

Tabla F. Calcio

Tabla G. Magnesio

Tabla H. Criterios empleados

Tabla I. Zinc

Anexo J

PLANO ILUMINADO

CAPÍTULO I

RESUMEN

En este documento se presentó el estudio para la conservación de la microcuenca de la quebrada La Bella, haciendo especial énfasis en el diagnóstico de los componentes medio ambientales del suelo y el agua. El trabajo es sostenible desde el manejo de cuencas hidrográficas.

El diagnóstico se basó en una combinación de información secundaria e investigación de campo, donde en comunión con la población y el medio ambiente se obtuvo los parámetros necesarios para hacer una descripción sobre el estado general de la microcuenca. Para el desarrollo, se utilizó Google Earth, Autocad Land Companion y las áreas SIG del P.O.T. de Pereira y la CARDER.

En cuanto al análisis de la información obtenida, se estimó el riesgo con base en los impactos hallados y a través de los informes entregados por los laboratorios de aguas y de suelos, ensayos efectuados para complementar el estudio sobre los componentes evaluados y plasmar una calificación cuantitativa.

Se cumplió una observación puntualizada sobre las estructuras existentes en la microcuenca, que permitió concluir el estado en general de la infraestructura y su funcionalidad.

Referente a la prevención y mitigación de los riesgos para la conservación de la microcuenca, se partió del reconocimiento de los efectos determinantes críticos para crear nueve fichas, conformadas por propuestas de obras y acciones

enfocadas a la preservación del sistema, luego de plantearlas, se desarrollaron las fichas que estaban dentro del marco civil.

Por último, se participaron en los aspectos fundamentales del proyecto con diferentes voceros de las veredas que conforman la zona, exigiéndole que presenten la información a la población, con el propósito de infundir el punto de vista pertinente para la conservación de la microcuenca.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo sostenible, cuenca hidrográfica, diagnóstico, mitigación, amenaza, estructuras de protección, reforestación, conservación.

ABSTRACT

This paper presented a study for the conservation of the watershed of the stream Bella, with special emphasis on the diagnosis of the environmental components of soil and water. The work was held at the theoretical argument on watershed management and sustainable development.

The diagnosis is made based on a combination of secondary data and field research, where in communion with the population and the environment was obtained the necessary parameters for a description of the general state of the watershed. For development, it used Google Earth, AutoCAD Land Companion and GYS areas POT Pereira and CARDER.

In the analysis of the information obtained, we estimated the risk based on impacts found and through the reports submitted by the laboratories of water and soil tests carried out to complement the study of the components evaluated and a quantitative shape.

Observation is punctuated met on existing structures in the watershed, which revealed a good general state of infrastructure and functionality.

Regarding the prevention and mitigation of risks to the conservation of the watershed, broke the recognition of the critical determinants effects to create nine chips, made up of suggestions of works and actions aimed at the preservation of the system. After raising them, were developed chips that were in the civil context.

Finally, we took the fundamentals of project with different spokesmen paths that make up the area, requiring them to submit the information to the population, in order to instill a viewpoint relevant to the conservation of the watershed.

KEYWORDS: Sustainable development, watershed, diagnosis, mitigation, threat protection structures, reforestation, conservation.

INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas son algo más que sólo áreas de desagüe en o alrededor de las comunidades. Son necesarias para brindar un hábitat a plantas y animales, y proporcionan agua potable para la comunidad, sus cultivos, animales e industrias. También proveen diversión y la oportunidad de disfrutar de la naturaleza. La protección de los recursos naturales en las cuencas es esencial para mantener la salud y el bienestar de todos los seres vivos, tanto en el presente como en el futuro.

A medida que transcurre el tiempo, aumentan los impactos derivados de procesos antrópicos sobre estas reservas naturales. De este modo, se han consumido en diferentes partes del mundo ecosistemas completos, por falta de colocar en acción métodos socio-ingenieriles que acierten con un plan de conservación. Las cuencas del territorio actualmente hacen un llamado de atención, con sus problemas de degradación de los recursos naturales debido al mal uso y manejo de los mismos.

El propósito de la investigación fue formular un conjunto de programas, que permiten prevenir y mitigar los impactos de la microcuenca, con el ánimo de conseguir su conservación. Se planteó un diagnóstico con el fin de analizar, deducir y exponer las amenazas potenciales, para luego, plantear las diferentes propuestas sociales, ambientales y civiles. Ejecutándose las propuestas conformadas por acciones referentes al campo de la ingeniería civil, como las soluciones sobre manejo de aguas residuales y protección de laderas.

CAPÍTULO II

1. ANTECEDENTES

Las cuencas hidrográficas en el país han sido sometidas a todo un proceso de degradación que las afecta, tanto en sus lugares de nacimiento como a todo lo largo de sus márgenes y zonas de recarga. Algunos de los problemas históricos de nuestras cuencas son:

- Distribución irregular y crecimiento demográfico de la población.
- Presión por el cambio de uso de la tierra en zonas no aptas.
- Apertura de vías de comunicación sin planificación.
- Desarrollo industrial en áreas no aptas.
- Construcción de asentamientos humanos en zonas de recarga acuífera o cerca de sitios de captación de agua.
- Descarga de desechos domésticos e industriales sin tratamiento.
- Disposición de desechos en rellenos y botaderos ilegales sin mecanismos para garantizar el tratamiento final de los mismos.
- Conflictos por el uso del recurso hídrico.
- Procesos de deforestación.
- Procesos de erosión de suelos de gran capacidad agrícola.
- Presión sobre zonas que tienen alguna categoría de protección y manejo. (Parques nacionales, reservas forestales, zonas protectoras, etc.)

- Explotación irracional de minas y/o canteras.
- Uso excesivo de agroquímicos en labores agrícolas.
- Procesos de quema e incendios forestales.

En los últimos años la quebrada ha sufrido un impacto ambiental no controlado. En la actualidad esta corriente natural está comprometida con agentes bacteriológicos y su vegetación se pierde poco a poco, llegando al punto de estar alcanzando el mismo nivel de contaminación de otras quebradas sectoriales más críticas.

En cuanto al factor físico de la microcuenca cabe destacar dos hechos importantes:

1. En la zona media y baja se presentaban crecientes que en los últimos cinco años no han vuelto a ocurrir. Por el fenómeno natural, años atrás la empresa Aguas y aguas de Pereira contrato el *“Estudio de Consultoría Integral para diseñar las medidas de mitigación de los riesgos sobre el canal de conducción Nuevo Libaré”* con la Unión Temporal Narváez Sánchez.

A parte de crecientes naturales el estudio también contemplaba otra amenaza, el factor de acumulación de material de arrastre de la quebrada y de diferentes laderas, que establecían posibilidades de estancamiento y posteriormente avalanchas. Este trabajo fue riguroso ya que de ahí dependía la seguridad del canal de aducción Nuevo Libaré, por la ubicación en la zona **(Ver foto 1)**. De este modo, sobre el cauce ya se encuentran obras velando por estas amenazas de estabilidad y creciente.

Figura 1. Canal de aducción



Fuente. Autor

2. Otro factor trata de siembras irregulares sobre la quebrada La Bella, causa que obliga a cambiar el curso normal de la quebrada. En las **fotos 2 y 3** se aprecia como la siembra de un guadual le quita tierras a pobladores del sector.

Figura 2



Figura 3



Fuente. Autor

Por otro lado, la trascendencia de la microcuenca en su expansión poblacional ha presentado anomalías desde principio del siglo XXI. Los Planes de Vivienda Occidental y Oriental se hicieron a partir del 21 de marzo de 2002, por orden de la

Alcaldía de Pereira para reubicar comunidades desplazadas que llegaron a límites de exceso poblacional (Barrios Plumón y Caimalito). La reubicación se realizó sin respetar lineamientos de zonas forestales protectoras, ocupando la cabecera de la microcuenca.

El aumento de población también se ha reflejado en otros sectores de la microcuenca debido la carencia de infraestructura. En el Plan de Vivienda Occidental (No.1) se construyó un sistema séptico para 10 viviendas aproximadamente, luego la población creció y fue aumentando en forma considerable. Con el paso del tiempo, esto no permitió la operación eficiente del sistema, el cual está en el momento tributando a la quebrada La Bella, aguas residuales contaminadas, que no soportan la carga alta de caudal residual.

En el Plan de vivienda Oriental (No.2) ocurrió un fenómeno similar al anterior, con el agravante de ser una población superior. Por lo tanto, el incremento de contaminación es mayor y el sistema operativamente, no es óptimo para la población que allí habita.

En cuanto al mantenimiento de los sistemas sépticos, el último se hizo hace cerca de un año, después de una reunión de integrantes de los acueductos de El Chocho, El Porvenir, La Bella, La Estrella, el Corregidor, El rector y docentes del colegio de La Bella, Aguas y Aguas, La Carder y actores que habitan alrededor de la quebrada. El mantenimiento se realizó y los sedimentos fueron arrojados a la quebrada y luego al río Otún.

Se realizaron entrevistas con varios líderes Comunitarios relevantes de la región, en la cabecera o parte alta de la microcuenca, Centro Poblado del Corregimiento La Bella y en la parte baja o desembocadura, propiamente en la vereda El Porvenir.

Ver: **Anexo A. Entrevistas realizadas.**

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y LOCALIZACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La información diagnóstica referida a la calidad y oferta de las aguas, amenazas y riesgos relacionados con los usos y ocupación de territorio no están suficientemente actualizados para poder determinar el equilibrio sistémico y sostenible de la micro-cuenca, razón por la cual se requiere implementar un diagnóstico físico y biofísico con énfasis en la determinación de los conflictos ambientales de la microcuenca.

En las zonas aledañas a la quebrada La Bella ha ido creciendo el número poblacional de una manera indisciplinada, ya sea por familias desplazadas o por invasiones que han sido reubicadas por la alcaldía en zonas ambientales de primer grado. Generando estos nuevos caseríos el reemplazo de humedales por cultivos de café, cebolla, plátano, maíz y otros productos de pan coger; dejando como producto daños al colchón de agua, al suelo y a los caudales de la hoya hidrográfica.

Al presentarse esta demanda de población también se alteraron los sistemas sépticos de la zona, debido a que fueron diseñados en un principio para atender un número pequeño de casas y no para soportar los caseríos que hoy en día existen en la zona. Por tal motivo los sistemas colapsaron y en el presente estas aguas residuales ya no conducen por su cauce sino que emergen del ducto y transitan sobre la flora perteneciente a la microcuenca.

Figura 4. Aguas residuales del sector La Estrella contaminando tributarios de la quebrada la Bella



Fuente. El autor

En las imágenes es claro la probabilidad de impacto que se puede estar generando en el recurso hídrico vital para el ser humano y además, las aguas residuales aparte de ser alimentadas por las distintas actividades que se llevan en las casas, también son engrosadas por las porcícolas y galpones que existen en la zona; sumándose como posible amenaza el ganado ubicado a lo largo de la quebrada, ya que las reses compactan el suelo logrando alterarlo y convertirlo en inapropiado para el afluente que transita por el sector.

En la visita al corredor por donde discurre la fuente, también se visualizaron problemas de estabilidad de suelos a lo largo de la microcuenca, como zonas erosivas no activas y evidencias de socavación. Razón que amerita el análisis de estos deslizamientos a fin de evitar resaltos hidráulicos y represamientos, mitigándose futuros problemas de avalanchas y alteraciones en la estructura de la microcuenca por causa de erosiones o desgastes

Figura 5. Masas activas



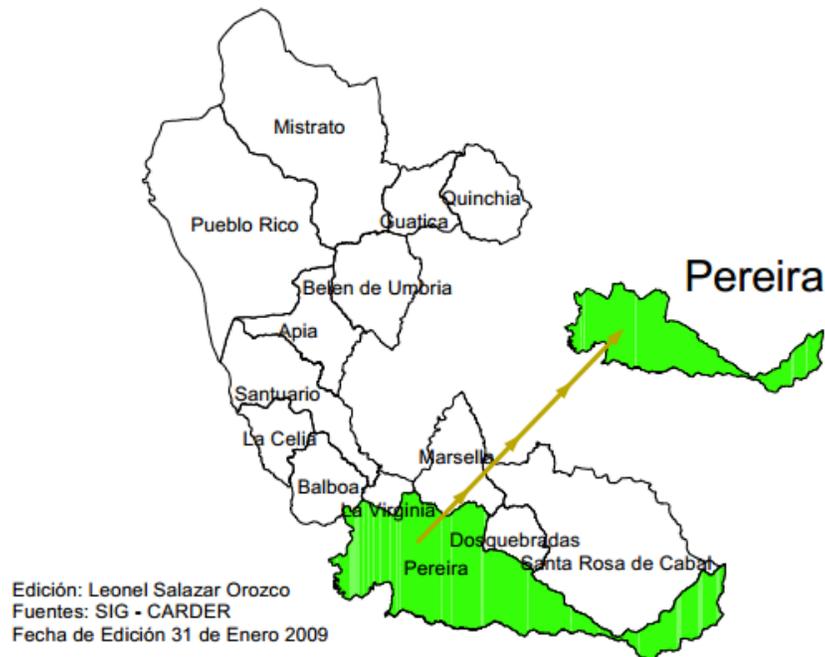
Fuente. El autor

2.2. LOCALIZACIÓN

2.2.1. Pereira

Con un área municipal de 702 Km² Pereira es una ciudad de Colombia y la capital del departamento de Risaralda. Se encuentra ubicada en la región centro – occidente del país a una altura de 1450 m.s.n.m. Con cerca de 480 mil habitantes es el municipio más poblado del eje cafetero. [1]

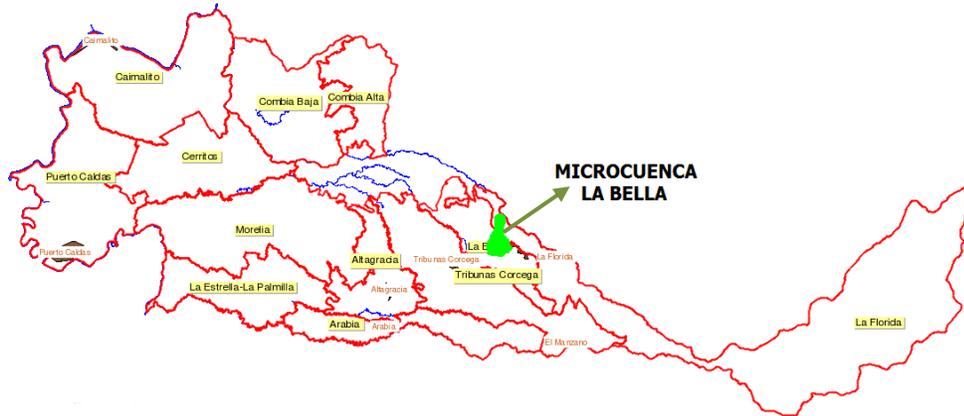
Figura 6. Localización de Pereira en el Departamento



2.2.2. Microcuenca La Bella

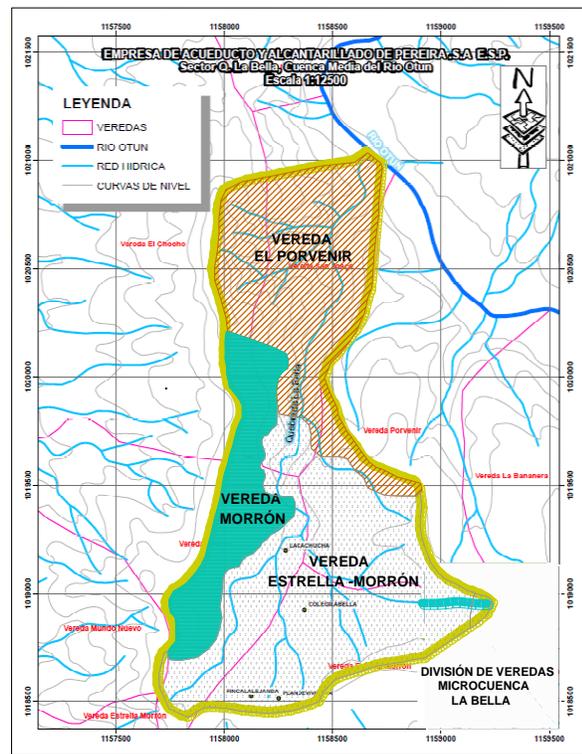
La microcuenca perteneciente a la quebrada La Bella se encuentra sobre la vertiente occidental de la cordillera central, al costado Nor–oriental del municipio de Pereira (**Ver Figura 7**). Su ubicación corresponde a la parte media de la cuenca del río Otún y está conformada por las veredas Morrón, Estrella Morrón y el Porvenir (**Ver Figura 6**).

Figura 7. Localización de la microcuenca en el municipio de Pereira



Fuente. Digitalizado por el autor

Figura 8. División veredas



Fuente. Digitalizado por el autor

3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La metodología operativa se plantea sobre la base de trabajo de campo para la revisión de la infraestructura existente en la fuente, zona urbana del centro poblado del corregimiento, los riesgos geológicos propios del tipo de terreno, de la consulta de la información existente sobre la calidad del agua y el análisis hidráulico, las estrategias de recuperación, obras de mitigación y estructuras de protección de la misma.

Este proyecto posee limitantes de tipo financiero ya que los recursos son pocos y el proyecto conlleva una alta inversión para un diagnóstico perfecto. De acuerdo a los laboratorios, para el informe de suelos se muestrearon 20 sitios, resumiendo el material a dos muestras mediante un proceso adecuado y reglamentario. Para el estudio del agua, se tomaron dos modelos en puntos estratégicos de la zona. El proyecto tiene como principal influencia estos dos componentes medio ambientales, por tal razón, son los más analizados a fondo.

Otro restrictivo fue en el desarrollo de las diferentes fichas de soluciones, únicamente se procesaron las actividades relacionadas con el perfil profesional del tesista. El resto sólo fueron creadas y propuestas, debido a la carencia de personal capacitado en distintas facultades para interaccionar con habitantes de las distintas veredas de la zona, en cuanto a capacitaciones de sentido de pertenencia, conservación del medio ambiente y trabajo social competitivo.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo, no solo se establece como parte de los requisitos académicos exigidos por la Universidad para optar al título profesional, sino también como un aporte literario dando una visión sobre el estado general de la cuenca, punto de partida para futuras intervenciones académicas o de cualquier tipo sobre la zona de estudio.

El objeto de la profesión de Ingeniero Civil es la realización de actividades referentes al Planeamiento y Proyecto de regiones, zonas, ciudades, en lo concerniente a sus construcciones, sus servicios, sus transportes y sus recursos hídricos, para el mejoramiento de la calidad de vida de los grupos humanos, haciendo uso para tal fin de la tecnología actual disponible.

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsibles de tiempo. Para evitar las consecuencias de estas aguas contaminadas se deben encontrar mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea perjudicial.

La Constitución Política de Colombia ordena la participación de la Sociedad Civil en los procesos de planeación y en la toma de decisiones que éstos impliquen. La planeación participativa es un proceso social en que los diferentes actores directamente o a través de sus representantes toman parte en la identificación de problemas, alternativas y formulación de planes, programas y proyectos que afectan sus respectivas localidades.

Los habitantes se deben comprometer asumiendo su responsabilidad en la gestión ambiental de recuperar la cuenca hidrográfica que les pertenece, conscientes que afectan su calidad de vida y su entorno.

El interés de los estudios de conservación de cuencas hidrográficas es mejorar el bienestar de la comunidad mediante el uso racional de los recursos naturales, incentivando al hombre a restaurar la armonía entre éstos y mantener el proceso económico, buscando el máximo aprovechamiento de la utilización de las tierras, las aguas, los bosques y demás recursos.

5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

5.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un plan de conservación para la microcuenca de la quebrada La Bella, mediante acciones y obras que brinden solución a las problemáticas encontradas. Dándose tratamiento a las propuestas de índole ingenieril.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Hallar los conflictos de usos actuales en la microcuenca.
- Evaluar el riesgo de los fenómenos naturales y antrópicos que degradan los componentes medio ambientales evaluados.
- Verificar el estado y la función de las obras de protección y/o proponer un plan de acción sobre las mismas.
- Implementar programas integrados de propuestas viables para prevenir y mitigar el riesgo.
- Socializar el trabajo de grado con pobladores del corregimiento, como uno de las acciones que garantizará el éxito del proyecto.

CAPÍTULO III

6. MARCOS DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO:

El agua como recurso vital para toda comunidad debe protegerse y para ello requiere implementar mecanismos de monitoreo y control mediante los instrumentos adecuados en la cuenca que se investiga, y así; lograr un desarrollo concordante con las políticas del Plan de Ordenamiento Territorial de la capital de Risaralda y con las políticas de Saneamiento Básico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira- Aguas y Aguas.

El uso racional del agua posibilita el aprovechamiento múltiple de los recursos hidráulicos para cubrir simultáneamente necesidades como: energía eléctrica, navegación, riego y drenaje, abastecimientos urbanos y rurales, usos industriales, defensa contra la contaminación y protección del ambiente; así como la creación de condiciones óptimas en la conservación de la fauna y la flora, donde se requiere un equipo interdisciplinario para su completa sostenibilidad y preservación.

6.1.1. Plan de manejo ambiental.

Se denomina plan de manejo ambiental al método que, de manera detallada, establece las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos

causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad; incluye también los planes de seguimiento, evaluación y monitoreo y los de contingencia.

Es el plan operativo que contempla la ejecución de prácticas ambientales, elaboración de medidas de mitigación, prevención de riesgos, de contingencias y la implementación de sistemas de información ambiental para el desarrollo de las unidades operativas o proyectos a fin de cumplir con la legislación ambiental y garantizar que se alcancen estándares que se establezcan. [2]

6.1.2. Planificación y manejo de las cuencas hidrográficas.

El uso del agua y el de la tierra están interrelacionados. Es probable que las decisiones sobre el uso del agua en una parte de la cuenca hidrográfica, presenten oportunidades y limitaciones para los usuarios en otra parte. Estas circunstancias constituyen un argumento a favor de la planificación integrada a nivel de cuenca hidrográfica, a fin de asegurar que no se comprometa excesivamente el agua de una cuenca determinada, que los usuarios del agua río arriba no priven de oportunidades a los de río abajo, que los proyectos cumplan con sus propósitos, y que el tipo y cantidad de crecimiento, mantengan un equilibrio con los recursos hidráulicos. Existen las herramientas y el conocimiento técnico necesarios para lograr dicha planificación y manejo; las dificultades son, generalmente, institucionales. Los recursos hídricos no respetan las fronteras políticas, por lo que es necesaria una institución con suficiente capacidad y poder como para influir en las decisiones sobre el uso de la tierra y del agua en múltiples jurisdicciones. Esto, con frecuencia, requiere una voluntad recíproca por parte de dichas jurisdicciones, a subordinar su autoridad a la institución de la cuenca hidrográfica. En los proyectos que dependen de la planificación y el manejo a nivel de cuenca hidrográfica, los equipos de evaluación ambiental deben analizar

cuidadosamente la estructura institucional, las necesidades de su fortalecimiento, y si es o no, políticamente positivo, anticipar el éxito en el esfuerzo. [3]

6.1.3. Caracterización de la zona.

El corregimiento de La Bella está localizado sobre la vertiente occidental de la cordillera central, en la parte alta de las divisorias de las cuencas Otún - Consota, área correspondiente al sector nororiental del municipio de Pereira, y tiene una superficie total de 2506 Hectáreas. Está compuesta por once veredas: Canceles, Morrón, El Chocho, Mundo Nuevo, La Estrella, La Bella, La Colonia, La Mina, Las Delicias, El Rincón y Vista Hermosa. Tiene aproximadamente 6574 habitantes en 1290 viviendas, distribuidos en 5 estratos. El Corregimiento se encuentra ubicado a una altura promedio de 1670 msnm, con temperatura promedio de 18 grados centígrados y precipitación promedio anual de 2600 milímetros. Se accede desde la cabecera municipal de Pereira por distintas vías que son: Por la universidad tecnológica vía Mundo Nuevo, por la avenida Santander vía La Florida La Bella, por la vía Armenia – La curva el salado, por la vía Armenia – el Manzano y por la vía Villa Santana, El Chocho, Morrón, La Bella. Tiene como principal actividad económica, los cultivos agrícolas donde predomina la cebolla de rama y el cilantro, y cultivos alternos de lechuga, plátano, maíz y aromáticas. Aunque también pueden encontrarse criaderos de peces, aves, ganado, ovejas y otros animales domésticos en menor proporción. Tiene actualmente un distrito de riego el cual abastece aproximadamente a cien usuarios agropecuarios de la región.

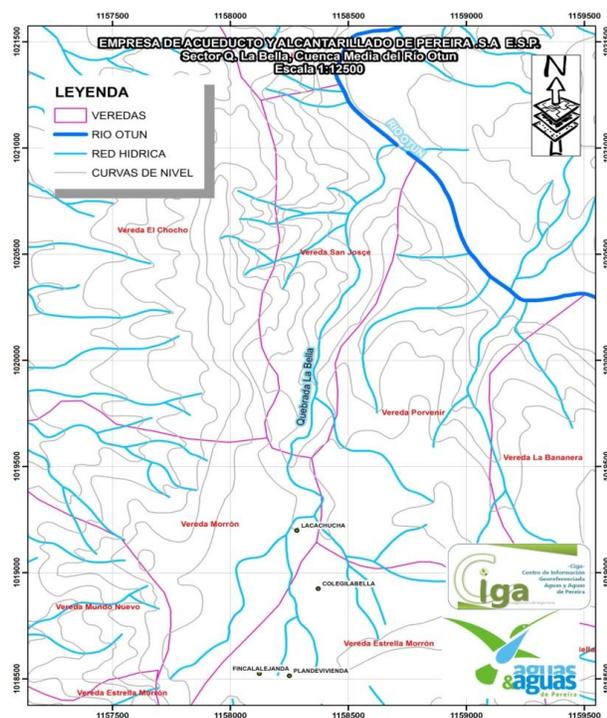
La Empresa de Energía tiene redes disponibles para cubrir el 100% de la zona. Se tienen varios sistemas de acueducto que abastecen a los usuarios que están diseminados en la zona. El sistema con mayor cantidad de usuarios es el de La Bella y es el más organizado administrativamente, atendiendo al centro poblado del Corregimiento. No se cuenta con un sistema de alcantarillado, la mayoría de

los asentamientos poblados, cuentan con sistemas sépticos, algunos ya disfuncionales. Actualmente se suministra agua clorada. Existe en la región, principalmente en la zona alta, cultivos considerables de pino y eucalipto para la explotación comercial, que en la mayoría de los casos, forman parte de las cuencas en los sistemas de captación.

6.1.4. Quebrada La Bella.

Nace en el sector de El Recuerdo entre la vereda Morrón y La Estrella a unos 1830 msnm aproximadamente; continúa su recorrido sobre la divisoria de estas dos veredas pasando por el sector de Los Lagos, La Hacienda, El Porvenir; siguiendo su recorrido por los sectores de El Desierto, El Terraplén, La Jardinera, El Bosque; La Esperanza, El Plano y La Gallera, donde termina su recorrido desembocando en el Río Otún entre los sectores de El Porvenir y La Divisa, en el Corregimiento de La Florida a unos 1500 msnm aproximadamente.

Figura 9. Recorrido quebrada La Bella



Fuente. CARDER

Figura 10. Nacimiento



Figura 11. Desembocadura



Fuente. Autor

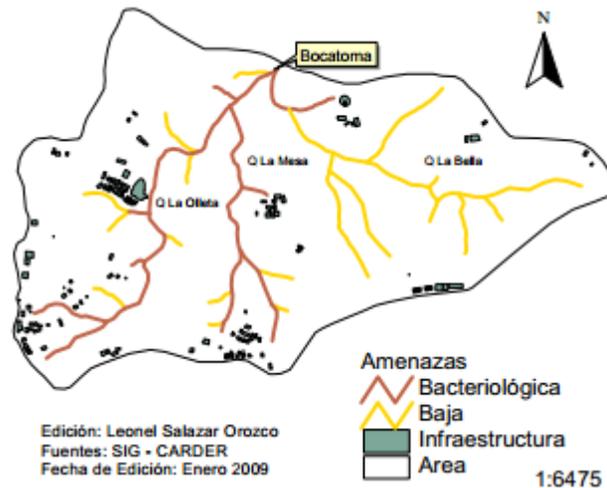
6.1.4.1. Registros de la microcuenca.

Estudios realizados en años pasados sobre quebradas ubicadas en la misma zona de la microcuenca, dan a conocer el bajo impacto que se presentaba en la quebrada la Bella, y así mismo, comparan la quebrada con otras aledañas, sustentando lo señalado anteriormente.

Así lo afirma el siguiente estudio realizado en el año 2009, que muestra el bajo impacto que tenía la quebrada la Bella en ese tiempo, cuando aún no existían gran variedad de vías contaminantes sobre el sistema natural.

“La quebrada que representa menor Amenaza por contaminación bacteriológica es la quebrada la Bella, la cual desde que nace hasta llegar al punto de captación; tanto en su margen derecha como izquierda, registra pocos sistemas familiares y además, sobre esta quebrada se presenta mayor cobertura vegetal que en las otras dos quebradas”. [4]

Figura 12. Clasificación de amenazas



Fuente. SALAZAR OROZCO, Leonel. Estimación del riesgo por disminución de calidad del agua que se le presenta al acueducto comunitario el chocho cancelés Pereira: Universidad tecnológica, Facultad de ciencias ambientales, 2009. 100 p.

6.1.5. Gestión ambiental.

Se denomina gestión ambiental o gestión del ambiente al conjunto de diligencias conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Dicho de otro modo e incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.

La gestión ambiental responde al "cómo hay que hacer" para conseguir lo planteado por el desarrollo sostenible, es decir, para conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del ambiente. Abarca un concepto integrador superior al del manejo ambiental: de esta forma no sólo están las acciones a ejecutarse por la parte operativa, sino también las directrices,

lineamientos y políticas formuladas desde los entes rectores, que terminan mediando la implementación. [5]

6.1.6. Calidad del agua.

A medida que avanza el tiempo la disponibilidad de agua para consumo es menor, debido al crecimiento poblacional, contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas.

Aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad va disminuyendo rápidamente, lo cual genera el estrés hídrico. El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales.

6.1.6.1. Aguas residuales.

Se puede precisar este término como el líquido que proviene del empleo de la red en un uso determinado o de un agua natural. La eliminación del agua residual se conoce como vertido.

“El desarrollo de la teoría del germen a cargo de Koch y Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX marcó el inicio de una nueva era en el campo del saneamiento. Antes de estos estudios no se había profundizado demasiado en la relación existente entre contaminación y contaminantes. Snow en 1849 demostró la transmisión del cólera a través de aguas contaminadas por aguas residuales: a partir de este momento se tomó conciencia de que las aguas residuales eran transmisoras de enfermedades y por lo tanto un problema que resolver.

Las aguas residuales, además de patógenos, contienen otras muchas sustancias contaminantes; definir de una forma exacta lo que es un agua residual es complejo, ya que está en función de características que se den en cada población o industria, y también depende del sistema de recogida que se emplee, pudiendo ser:

- Aguas residuales domésticas, procedentes de zonas residenciales o similares.
- Infiltraciones y aportaciones incontroladas, son aguas que entran de forma directa o indirecta en la red de alcantarillado y no se conoce demasiado su composición.
- Aguas pluviales, que son aguas resultantes de las escorrentías superficiales, con contaminantes en metales pesados.
- Aguas de complejos industriales u hospitalarios.

Entre los distintos elementos contaminantes que contiene el agua residual urbana, cabría destacar la materia orgánica, procedente principalmente de las aguas domésticas; estos compuestos son de naturaleza reductora, por lo que consumirán oxígeno, y pueden estar presentes de forma coloidal o disueltos. Además existe la presencia de elementos de naturaleza inorgánica, que pueden ser de muy distinta composición, desde nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, hasta sustancias tóxicas y peligrosas.” [6]

6.1.6.2. Principales Parámetros que Afectan la Calidad del Agua.

Partiendo del decreto 1594 de 1984 (Junio 26), derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21; en cuanto a usos del agua se consideran parámetros de alto riesgo los mencionados a continuación:

6.1.6.2.1. Oxígeno disuelto.

Esta medida es una de las más selectas al momento de evaluar la calidad del agua. El oxígeno disuelto es un gas de baja solubilidad en el agua, el cual es requerido para la vida acuática aerobia. La baja disponibilidad de este limita la capacidad auto purificadora de los cuerpos de agua. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos.

6.1.6.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Es muy utilizada para saber la eficiencia de los tratamientos que se realizan a líquidos residuales, ya que se simboliza la materia orgánica biodegradable. El fenómeno sucede cuando un afluente de agua recibe caudales residuales que captan el oxígeno del curso hídrico debido a la presencia de sustancias químicas como nitritos, hierro, amoníaco, sulfuro y cloruros. Ello compromete negativamente a la flora y la fauna acuática, lo que genera disminución de la calidad del agua en la microcuenca.

6.1.6.2.3. PH o concentraciones de iones hidrógeno.

Es un control importante para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos, ya que se encarga de medir la acidez o alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la

actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales.

6.1.6.2.4. Sólidos totales disueltos.

Evalúa las sales disueltas en una muestra después de haber remido los sólidos suspendidos. Ocurre en terrenos agrícolas que luzcan fuertes procesos de escorrentías.

Figura 13. Sólidos totales disueltos (STD)



Fuente. Universidad Estatal de San Diego, California. 2007-2011

6.1.6.2.5. Coliformes.

De estas bacterias son conocidas varios subgrupos, como los Coliformes *Escherichia coli* y los coliformes *Klebsiella*. La mayoría de coliformes provienen de contaminaciones fecales humanas, aunque algunos de ellos pueden crecer en el suelo.

Figura 14. Coliformes fecales



Fuente. Sitio Web de la Villa La Laguna, Municipio de Chalatenango

6.1.6.2.6. Fósforo total.

Nutrientes como el ortofosfato, el polifosfato o el fósforo orgánico permiten la formación de algunas algas en aguas superficiales, lo que produce movimientos anaeróbicos en el curso hídrico, afectando sus aguas.

Figura 15. Formación de algas debido al fósforo.



Fuente. Periódico ecológico¹

6.1.6.2.7. Nitratos.

Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro.

En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas. Las concentraciones pueden alcanzar varios cientos de miligramos por litro.

6.1.6.2.8. Turbidez.

“Es un estimador simple de los sólidos en suspensión. Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, es

¹ [online]. Disponible en: <http://noticias.masverdedigital.com/2011/prohiben-en-europa-el-uso-de-fosfatos-en-detergentes/>

menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa. Esto relacionado con el uso del suelo, tipo de suelos, cobertura del suelo, y periodos de muestreos, entre otros”. [7]

Figura 16. Turbidez.



Fuente. PONS B., José Ernesto. Ecologista Zuliano. 22 de abril de 2012

6.1.7. Trinchos y gaviones

Son estructuras civiles bastante utilizadas en proyectos de conservación de cuencas. Estos sistemas son apropiados para brindar protección y contención de taludes en zonas vulnerables a próximos deslizamientos de masas.

Los gaviones para este proyecto se basan en contenedores de piedras retenidas con malla de alambre, asignándole la función de evitar la erosión hídrica perjudicial para los suelos de la microcuenca, pues debido a este fenómeno superficies fértiles aguas abajo se pierden, debido a materiales sólidos que se anexan al curso.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1. Sostenibilidad.

Se trata de que los sistemas biológicos conserven su diversidad y productividad. Según el informe Brundtland de 1987, la sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

6.2.2. Preservación.

La preservación del medio ambiente es una obligación para todos los que vivimos en este planeta, porque no hay ninguna duda de que no tenemos otro adonde mudarnos si continuamos contaminando todo aquello que está a nuestro alcance, talando indiscriminadamente los bosques para obtener madera, no tratando de manera correcta los desechos tóxicos que se producen de a toneladas en forma diaria, y si no recapitamos en que si seguimos como hasta ahora, no solamente nos estaremos perjudicando a nosotros mismos, sino que dejaremos a los que nos precedan un hábitat poco menos que colapsado. [8]

6.2.3. Fauna.

El concepto de fauna, se refiere al conjunto de animales en sus diferentes clasificaciones, como mamíferos, reptiles, aves, etc.,

La diversidad de la fauna depende de la capa vegetal, de la presencia de otros animales, de la existencia de fuentes de agua, de factores topográficos y fisiográficos y de la acción del hombre entre otros aspectos.

La acción del hombre sobre la fauna con actividades como la cacería causa desequilibrio que puede conducir a la aparición de nuevas plagas. Los trastornos en las cadenas alimenticias y otras relaciones en las comunidades así como la disminución de la calidad de vida de los habitantes².

6.2.4. Flora.

La flora es el conjunto de especies vegetales que pueblan un territorio o una región geográfica, consideradas desde el punto de vista sistemático. La flora será rica o pobre según que la región geográfica considerada posea muchas especies vegetales o escaso número de ellas³.

6.2.5. Microcuenca.

“Las microcuencas son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, etc., normalmente se analizan sobre esas unidades geográficas.

De acuerdo al detalle de la topografía con que se cuente además de la escala de trabajo se pueden establecer tamaños diferentes de microcuencas”. [9]

En la microcuenca podemos diferenciar 2 o 3 zonas muy claramente.

²Disponible en: http://reservasvalle.galeon.com/concepto_de_fauna_y_flora.html

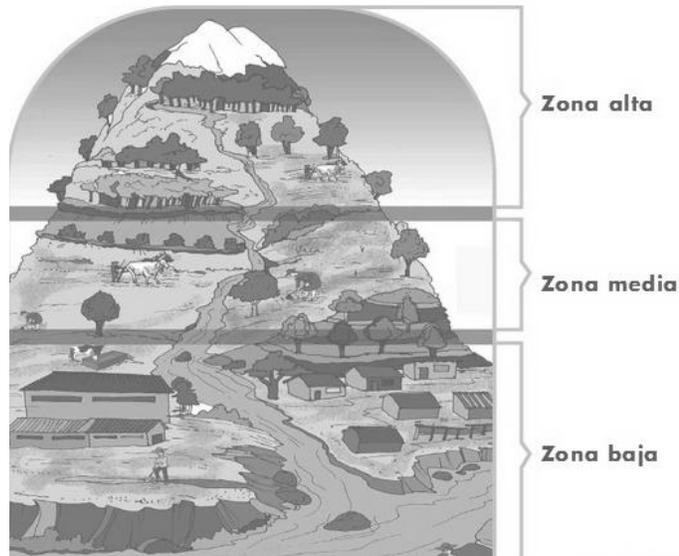
³ Disponible en: http://reservasvalle.galeon.com/concepto_de_fauna_y_flora.html.

La zona alta es donde se encuentran las serranías o montañas y corresponden a las nacientes de las aguas. En esta zona se producen más lluvias, en algunos casos son áreas muy frías y se tiene la presencia de algunos bosques, por lo que se convierte en la cabecera de la microcuenca.

En la zona media, se desarrollan las actividades agrícolas y pecuarias (ej. Ganado ovino y caprino) con presencia de serranías y zonas con pendiente. En esta parte se establecen los cultivos.

La zona baja o zona de drenaje, es donde se juntan todas las aguas de la parte alta y media de la microcuenca. En esta zona se desarrollan las actividades agrícolas, pecuarias y ganaderas, en mayor escala. [10]

Figura 17. Zonas de una microcuenca



Fuente. Sitio web Análisis de escenarios, zonificaciones

6.2.6. Análisis microbiológico del agua.

“Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos”. [11]

6.2.7. Agua potable.

“Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el presente decreto, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud”. [11]

6.2.8. Análisis organoléptico.

“Se refiere al olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua”. [11]

6.2.9. Análisis físico-químico de agua.

“Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas”. [11]

6.2.10. Autoridad ambiental.

“Es la encargada de la vigilancia, recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso, aprovechamiento y control de los residuos naturales renovables y del medio ambiente”. [11]

6.2.11. Agua segura.

“Es aquella que sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en el presente decreto, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana”. [11]

6.2.12. Contaminación puntual.

“Está relacionada con industrias y aguas negras municipales. Se trata de descargas en cursos hídricos por medio de tubos o diques, y pueden ser medidas, tratadas o controladas”. [12]

6.2.13. Contaminación difusa:

“Se relaciona con movimientos de uso de tierra como la agricultura, pastoreo, prácticas forestales y urbanizaciones”. [12]

6.2.14. Erosión fluvial.

“Erosión hídrica superficial. Erosión del suelo que es ocasionada por las corrientes de aguas”. [13]

6.2.15. Obras de protección.

Son estructuras que cumplen la función de proteger afluentes de agua vulnerables a riesgos tales como deslizamientos de tierras, procesos erosivos, contaminación, disipación de energía, entre otros.

6.2.16. Mitigación.

Mitigar significa tomar medidas y/o acciones para reducir el nivel de pérdidas esperado ante la ocurrencia del desastre. El término mitigación se emplea para denotar una gran variedad de actividades y medidas de protección que pueden ser adoptadas, tales como el reforzamiento de edificios de forma sismo resistente o la reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgo.

La mitigación del riesgo supone: i) reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo y ii) modificar la exposición del lugar ante el peligro o cambiar su función. La prevención y la mitigación se concretan en la adopción de medidas no estructurales y estructurales. [14]

6.3. MARCO LEGAL

El proyecto será reglamentado durante su ejecución de acuerdo a las siguientes normas:

- Ley 9 de 1989, reforma urbana. Esta ley regula aspectos relacionados con el ordenamiento de las ciudades y su crecimiento y establece normas en materia de distribución de suelo, protección del espacio público y gestión del territorio, Fue modificada en una buena parte por la ley 388 de 1997.
- Ley 388 de 1997, Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.
- Ley 99 de 1993 ley del medio ambiente. por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
- Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro de agua.
- Decreto 1541/1978 preservación de las aguas, control de vertimientos: Se prohíbe verter sin tratamiento, residuos, sólidos, líquidos o gaseosos que pueda contaminar, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora y la fauna.
- Decreto 1594 de 1984: Norma reglamentaria del Código Nacional de los Recursos Naturales y de la ley 9 de 1979, desarrolla los aspectos relacionados con el uso del agua y los residuos líquidos. En cuanto a aguas residuales, define los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y

ambiental, permisos de vertimientos, tasas retributivas, métodos de análisis de laboratorio y estudios de impacto ambiental. Derogada por el decreto 3930 del 25 de octubre de 2010.

- Decreto 1729 de 2002. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1843 de 1991. Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos III, y, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas.
- Decreto 475 de 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.
- Decreto 3100 de 2003, Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
- Decreto 3440 de 2004, Por el cual se modifica el decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones.
- Resolución 567 de 1997. Por la cual se reglamenta el aprovechamiento de las aguas en el territorio de jurisdicción de la CARDER y se determinan medidas para su protección. Concesiones de Agua. Permisos de vertimiento, ocupación de cauce. Infracciones.
- Resolución 0372 de 1998. Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos de líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

- Resolución 339 de 1999. Por la cual se implementa las unidades de contaminación hídrica UCH1 y UCH2.
- Resolución 1096 de 2000. Por la cual adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Resolución 151 de 2001. Regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo.
- Resolución 061 de 2007. Resolución de la CARDER, en su artículo quinto determina las Áreas Forestales Protectoras de Nacimientos.
- Resolución 0806 DE 2005 del Departamento Nacional de Planeación: Por la cual se organizan metodologías, criterios y procedimientos que permitan integrar los Sistemas de Planeación y la Red Nacional de Bancos de Programas y Proyectos.
- Normatividad CARDER. Acuerdo 23, diciembre 6 de 1999. Por el cual se cre el sistema departamental de Áreas Naturales Protegidas.
- Normatividad CARDER. Acuerdos 20, diciembre 6 de 1999. Por el cual se delimita un área de manejo especial, se reserva una zona forestal al interior de la misma.
- Normatividad CARDER. Resolución 1796 septiembre 14 de 2009. Por la cual se adoptan Determinantes Ambientales para el Ordenamiento Territorial de los Municipios del Departamento de Risaralda.
- Normatividad CARDER. Resolución 1552 octubre 03 de 2001. Por la cual se desarrolla el artículo 121 de la ley 388 de 1997.

- RAS 2000. Sección II título E. Tratamiento de aguas residuales.
- INCONTEC 1486:2008. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.
- NTC 5613:2008. Sobre referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura.
- NTC 4490:1998. sobre referencias documentales para fuentes de información electrónicas.

CAPÍTULO IV

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La clase de investigación que se realizó es descriptiva con aplicaciones teórico – prácticas, que en últimas condujo a una investigación multidisciplinaria e interinstitucional, con tópicos afines al recurso hídrico.

El proyecto acudió a este tipo investigativo debido a la necesidad de conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes de la microcuenca a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas que la habitan. Este tipo de investigación no sólo llega a la recolección de datos, sino que avanza hasta la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. De esta manera se recogieron los datos sobre la base de una teoría (Conservación de cuencas) y se expuso la información para ser estudiada desde un punto de vista analítico y propositivo.

El método de estudio es cualitativo y cuantitativo. La investigación abarcó las dos metodologías ya que se recurrió a técnicas como encuestas estructuradas y abiertas, para estar al tanto del por qué y el cómo se tomó una decisión; y responder a preguntas tales como cuál, dónde, cuándo y cuánto.

Diseño metodológico: Se centra en una combinación documental y trabajo de campo especializado. Observación, proceso de la información, análisis de resultados y formulación.

7.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

7.2.1. ETAPA 1: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA LA BELLA

En esta primera etapa se realizaron visitas de campo, recolección de datos y análisis de laboratorio, con el fin de conocer la zona y obtener información pertinente para realizar el diagnóstico de la microcuenca. La información primaria y secundaria adquirida en esta etapa y el estudio que se desarrolló, fue producto de las siguientes actividades:

Nota: Los nombres propios de personas que aportaron información, fueron citados bajo su autorización.

7.2.1.1. Recorrido y conocimiento de campo.

En conjunto con Ederson Porras tecnólogo ambiental de la empresa Aguas y Aguas de Pereira, se realizó la primera inspección a la microcuenca. Se ingresó a la microcuenca por la vereda El Porvenir, se hizo el recorrido por la línea perimetral de la quebrada La Bella hasta finalizar en la vereda Estrella-Morrón (**Ver Anexo E. Plano 7**); realizándose en el trayecto entrevistas abiertas a diferentes pobladores con el fin de ir creando un contexto real del estado de la microcuenca. Además fueron presentados los voceros de cada vereda y plan de vivienda, suceso que brindó un primer acercamiento.

7.2.1.2. Consecución, captura de información primaria y secundaria

Luego del reconocimiento total de la microcuenca, se intervino cada vereda en diferentes oportunidades, donde se llevaron a cabo métodos que permitieran generar una descripción más completa de las amenazas que alberga el sector.

A parte de indagar en la población situada sobre la microcuenca, se investigó en entidades públicas de la ciudad de Perera las cuales están correspondidas con el tema de conservación de cuencas, como son: La CARDER, Aguas y Aguas de Pereira, la Secretaria de Desarrollo Rural y Planeación Municipal.

Siendo así, las pautas para adquirir la información que se consideró necesaria para llegar al diagnóstico y poder analizar la cuenca, fue:

7.2.1.2.1. Revisión de literatura

De una manera preliminar se buscó en internet, bases de datos de empresas de servicios públicos del municipio y en bibliotecas de las universidades Libre de Pereira, Antonio Nariño y UTP. Después de investigar los diferentes sitios, se destacó la información más pertinente con la investigación y se dejaron en condición de consulta los siguientes documentos:

- SALAZAR OROZCO, Leonel. Estimación del riesgo por disminución de calidad del agua que se le presenta al acueducto comunitario de El Chocho Canceles Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de ciencias ambientales.
- AGUAS Y AGUAS DE PEREIRA, Estudios y diseños de obras de protección y mitigación de riesgos del canal de aducción Nuevo Libaré.

- UNIÓN TEMPORAL NARVAEZ SANCHEZ, Estudio de consultoría integral para diseñar las medidas de mitigación de los riesgos sobre el canal de conducción Nuevo Libaré.
- AREA METROPOLITANA DEL CENTROOCCIDENTE-INTEGRAL, Estudios geotécnicos concernientes al Viaducto Pereira-Dosquebradas.
- CARDER, planos de aptitud, ordenamiento, uso, ubicación, clasificación y zonificación.
- CARDER, Diagnóstico de Riesgos ambientales Municipio de Pereira.
-

7.2.1.2.2. Entrevistas

Con apoyo de audio se entablaron entrevistas abiertas como una charla de carácter informal a pobladores, lo cual generó en el entrevistado libertad de expresión al no habersele formulado preguntas estructuradas, por el contrario, se le permitió desenvolverse de una manera independiente. De este modo se formalizaron diálogos con personas entendidas de la realidad pasada y presente de la microcuenca, como el vocero de la emisora “La Florida”, invasores del lugar, representantes de la localidad, personal de la institución educativa de la zona y habitantes del común; donde se tocaron temas socioeconómicos, hidrológicos, públicos, bióticos, y de salud. **(Ver Anexo A. Entrevistas realizadas).**

7.2.1.2.3. Asistencia del sector

Por medio de servidores del lugar fue posible acceder a material útil para el desarrollo del proyecto. Como lo es el video de “tomemos conciencia” donado por el director de la emisora regional El Porvenir, el inventario de fauna y flora realizado por estudiantes de la institución educativa La Bella y facilitado por la profesora Elsa María Villegas Hincapié, información de acueducto y alcantarillado

del corregimiento suministrado por la señora Gerarda Flórez, tomas de muestras y registros fotográficos en predios privados gracias a la intervención del tecnólogo Ederson Porras.

7.2.1.2.4. Encuestas

Antes de iniciar la fase analítica se generaron 15 encuestas mixtas al personal de la comunidad consideradas fuentes de información directa. El propósito fue obtener información etnográfica y a la vez estructurada para identificar la relación de la comunidad con su entorno (**Ver anexo D. Encuestas**). Los formatos fueron distribuidos de tal manera que abarcaran toda la población de la microcuenca y así, obtener un producto informativo general.

Se realizaron 5 preguntas abiertas con el propósito de conocer la ideología del personal de la comunidad, consiguiendo de esta manera entender de donde parten sus puntos de vista. Las otras 4 preguntas son cerradas y terminan de demarcar el análisis dirigido a los pobladores.

7.2.1.2.5. Estudio del territorio

Para la interpretación del terreno se utilizaron varias fuentes. La primera herramienta fueron mapas extraídos de la CARDER, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, laboratorio SIG Facultad de Ciencias Ambientales UTP y de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira S.A.

Algunos de estos planos fueron digitalizados en AutoCAD Land Companion 2009, siendo iluminados y georeferenciados con el fin de ubicar puntos de campo registrados con GPS. Así mismo, se utilizó el programa google Earth para realizar foto interpretaciones y captar imágenes en formato jpg, las cuales fueron alteradas y reveladas a lo largo del proyecto.

Esta serie de ayudas permitió inspeccionar el terreno en busca de amenazas naturales, que con visitas de campo fueron reconocidas y citadas en el proyecto.

7.2.1.2.6. Estudio del agua

Por limitaciones del laboratorio de aguas de la universidad Libre para obtener los parámetros exigidos a la hora de realizar el análisis adecuado del agua de la quebrada La Bella, se recurrió al laboratorio de Aguas y Alimentos de la UTP en el año 2013, donde se determinaron los siguientes valores: PH, turbiedad, alcalinidad total, sólidos totales, DQO, DBO₅, coliformes totales, Escherichia coli. Los análisis se realizaron basados en procedimientos que se encuentran en el Standard methods for the examination of water and wastewater edición 22 st. De 2012 y de las Nomas técnicas Colombianas.

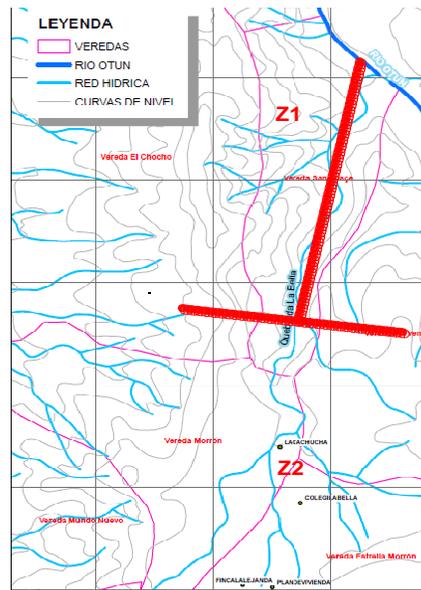
Se obtuvieron dos muestras según protocolo indicado por el laboratorio para toma y análisis de muestras de agua cruda, con recipientes proporcionados por ellos mismos. La primera muestra fue tomada en el sector de la Estrella muy cerca del nacimiento, donde el líquido no es muy intervenido y serviría de referencia para una segunda muestra adquirida aguas abajo justo en el ingreso a la bocatoma del acueducto Charco Hondo, encargada de surtir los barrios el Porvenir, San José, Pimpollo, parte de Gaitán, San Gregorio y Altos del Otún **(Ver Anexo E. plano 3)**.

7.2.1.2.7. Estudio del suelo

Para la toma de muestras de la microcuenca, teniendo en cuenta limitantes económicos se trabajó con dos muestras representativas, obteniéndolas de la siguiente manera: La microcuenca para este proceso se dividió sólo en dos zonas **(Ver foto 18)**; se extrajeron diez submuestras equitativas de la cuenca alta y diez submuestras de la cuenca baja **(Ver Anexo E. plano 3)**, abarcando así la totalidad de la cuenca con los parámetros y recomendaciones hechas por el laboratorio de

suelo de la Universidad Tecnológica de Pereira (Anexo F. Cartilla de laboratorio).

Figura 18. Cuenca alta y baja



Fuente. Plano Aguas y Aguas digitalizado en Autocad

El material recolectado en ambas zonas se mezcló y extendió por aparte, fraccionándose cada muestra en cuatro raciones iguales para después, excluir dos fracciones opuestas y volver a mezclar, repitiéndose el proceso tres veces.

Figuras 19 Y 20. Toma y Selección muestras de suelo.



Fuente. Autor

Las muestras se estudiaron en el laboratorio de análisis químico de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira, donde se determinaron los valores de: pH, nitrógeno, Molibdeno, Potasio, Calcio, Magnesio, Aluminio, Fósforo, Hierro, Manganesio, Cinc, Cobre, Boro y Azufre. Acorde al informe del laboratorio se verificó el estado actual del suelo que comprende la microcuenca, la diferencia de este y el uso de suelo condicionado por el POT, y el impacto organizado por procesos antrópicos causantes de estas variaciones.

7.2.1.2.8. Cálculo de caudales

Bajo instrucciones del hidrólogo Danilo Flórez se realizó aforo con trazadores superficiales dos metros antes de la bocatoma CharcoHondo. Para hallar velocidad superficial, tiempo y caudal se implementaron trazadores, flexómetro, decámetro, cuerda de fibra sintética y cronómetro. Para conocer fórmulas ver **capítulo V, título 12.1.2.**

7.2.2. ETAPA 2: ESTUDIO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

7.2.2.1. Interpretación del diagnóstico

Se procesó la información que fue producto del diagnóstico elaborado, de tal manera que se puntualizaran los efectos de los impactos detectados en cada uno de los componentes medio ambientales evaluados.

Se analizaron los informes de laboratorio, generando un contexto donde se cotejó lo investigado con los parámetros estipulados por las normas colombianas, comparación que dejó estimar el estado que tiene cada componente valorado (Agua y suelo). No obstante, al catalogarse estos dos componentes se pudo analizar el estado de la flora, la fauna, el aire y la población.

7.2.2.2. Evaluación del riesgo

De acuerdo al estudio realizado a las variables que implicaron amenaza para la conservación de la microcuenca, se estimó el riesgo que existe en los componentes medio ambientales valorados en el proyecto.

7.2.3. ETAPA 3: ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN ACTUALES EN LA MICROCUENCA

Para calificar las obras civiles que existen en la microcuenca, se recurrió al proyecto del canal de aducción Nuevo Libaré para conocer la razón por la cual fue construida cada obra.

Ya en campo, se visitó cada estructura y se verificó el estado en que se encuentra, si aún cumple el trabajo para el que fue creada o si el riesgo a prevenir es mayor y la obra ya es obsoleta para realizar su función.

7.2.4. ETAPA 4: PROPUESTA DE OBRAS Y ACCIONES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA LA BELLA

Luego de darle un tratamiento descriptivo y analítico a la zona de estudio, se presentaron alternativas de solución a los diferentes problemas que la amenazan, estableciéndose una serie de fichas. Con base en la conservación, aparte de entregar propuestas para prevenir y mitigar amenazas estructurales, bióticas, hidrológicas, ambientales y geotécnicas; también se plantearon métodos viables para modificar acciones de carácter social, con la idea de fundar mejor calidad de vida armonizando la población con su entorno.

7.2.5. ETAPA 5: DESARROLLO DE OBRAS Y ACCIONES PROPUESTAS

Las propuestas socio ambientales y de tipo ingenieril en un principio sólo se iban a indicar para ser desarrolladas por un segundo trabajo de grado como estaba previsto en el proyecto de Colciencias; pero en el desenlace del trabajo se decidió desarrollar las propuestas acordes al perfil profesional, es decir, las de índole civil. Por lo tanto, cabe precisar que las propuestas de trabajo social sólo se plantearon con el ánimo de ser ejecutadas por educandos competentes a dicho campo profesional.

En esta etapa, se acudió al laboratorio de suelos de la universidad Libre para determinar propiedades mecánicas del suelo a intervenir, tales como la capacidad de carga admisible para una cimentación y el peso unitario. En el proceso de diseño, en campo y laboratorio se utilizó: decámetro, mira, nivel de mano look, GPS, mazo, tubo Shelby, gramera, extractor horizontal, bisturí y máquina de compresión (**Ver Figuras 21,...., 32**). Los datos obtenidos fueron manipulados en Autocad Civil 3D para el levantamiento del terreno y el modelo de las estructuras. También se presentaron propuestas para tratamiento de aguas negras, tratándose de sistemas individuales (pozos sépticos).

Figura 21. Decámetro



Figura 22. Mira



Figura 23. Nivel Look



Fuente. El autor

Figura 24. GPS



Figura 25. Mazo



Figura 26. Tubo Shelby



Fuente. El autor

Figura 27. Pesa en gramos



Figura 28. Calibrador

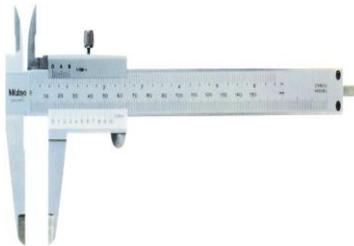


Figura 29. Bisturí



Fuente. El autor

Figura 30. Horno de secado



Figura 31. M. de compresión



Figura 32. Extractor



Fuente. El autor

7.2.6. ETAPA 6: SOCIALIZACIÓN

Se realizaron charlas en el corregimiento con el ánimo de mejorar el bienestar de la comunidad mediante el uso racional de los recursos naturales, incentivando a la población a restaurar la armonía entre éstos y mantener el proceso económico, buscando el máximo aprovechamiento de la utilización de tierras, aguas, bosques y demás recursos, sin atentar contra el bienestar de éstos.

En este procedimiento se trataron puntos claves para hacer entender la importancia del tema en el sector. Se ilustró el estado en el que se encuentra la microcuenca y en el que se encontrará en un futuro si no se cambia el trato que recibe. Asimismo se enseñó la importancia del recurso natural para todos los pobladores y el deber que tienen de conservar fuentes de primera necesidad como está.

Con el fin de mantener la campaña activa y crear en la zona una cultura de conservación por los recursos naturales, el informe final fue compartido al Sr. Ariel Castro director de la emisora regional El Porvenir Estéreo, al Sr. Ederson Porras nativo del sector y funcionario de la empresa “Aguas y Aguas de Pereira” y al Sr. Octavio Mesa rector de La Institución Educativa la Bella.

Se debe tener en cuenta que la socialización comprende todo el proyecto, exceptuando las actividades de tipo socio ambiental pertenecientes al capítulo de “Obras y acciones de prevención y mitigación”. Por la necesidad e importancia para la población y la conservación de la microcuenca estas propuestas fueron plasmadas, se recomienda que su desarrollo ejecutado en una segunda fase, sea de igual manera socializado con la comunidad.

CAPÍTULO V

DIAGNÓSTICO FÍSICO Y BIOFÍSICO DEL ESTADO DE LA MICROCUENCA LA BELLA

8. FLORA Y FAUNA

8.1. Flora

Según el sistema de zonas de vida Holdridge, la microcuenca está conformada por dos zonas. Una de ellas se trata del bosque muy húmedo premontano⁴, ubicado en un intervalo de altura que va desde los 1000 a 2000 m.s.n.m., tratándose de las coberturas boscosas de la cuenca baja. La otra zona atiende el sur oriente y occidente del nacimiento de la microcuenca La Bella, y consta de un bosque muy húmedo montano bajo⁵. El área perteneciente a esta zona es pequeña y se localiza en las alturas más elevadas, donde se presentan lluvias constantes.

En la microcuenca se encuentran varias especies forestales que consiguen caracterizar el lugar, entre ellas está el Quebrabarrigo, la guadua, el carbonero, el Yarumo, el Guamo, el Nogal Cafetero y el Guayacán.

Otra vegetación presente es el bosque secundario, caracterizado por su poca variedad arbórea y su alta cantidad en las especies existentes. Esta cobertura ha sufrido alteraciones generadas por actividades humanas, tales como el uso de la

⁴ Zonas de vida con temperatura media anual (tma) entre 18 y 24°C y precipitación media anual (pma) entre 2000 y 4000mm. Minambiente de Colombia.

⁵ Estas zonas de vida tienen como límites climáticos generales una temperatura aproximada entre 12 y 18°C y un promedio anual de lluvias entre 2000 y 4000mm. Normalmente se extienden en una faja altimétrica de 1800 a 2800 msnm. Minambiente de Colombia.

leña o el empleo de madera en tareas de construcción. Según estudios de la empresa Aguas y Aguas de Pereira estos son los tipos de vegetación en la zona.

Tabla 1. Especies de bosques secundarios

Nombre Científico	Familia	Nombre Común
Saurauia ursina	Saurauiaceae	Dulumuco
clusia multiflora	Clusiaceae	Chagualo
Oreopanax floribundum	Araliaceae	Mano de oso
Brunellia subssesilis	Brunelliaceae	Cedrillo
Boconia frutescens	Papaberaceae	Trompeto
Cordia acuta	Boraginaceae	Guácimo
Cinchona pubescens	Rubiaceae	Quina
Cecropia teleincana	Moraceae	Yarumo blanco
Hediosmum bonplandianum	Chlorantaceae	Silvio silvio
Myrica pubescens	Myrtaceae	Palo cera
Rapanea ferruginea	Myrcinaceae	Espadero
Trichepteus frigida	Cyatheaceae	Helecho palma
Lippia schlinii	Verbenaceae	Gallinazo
Ficus incipida	Moraceae	Higuerón

Fuente. Estudios y diseños obras de protección y mitigación de riesgos del canal de aducción nuevo Libaré a la altura del paso por la quebrada La Bella desde el contexto de gestión de cuencas.

Tabla 2. Vegetación de potreros

Nombre Científico	Familia	Nombre Común
Lachemilla pectinata	Rosaceae	Orejuela
Juncus effusus	Juncaceae	Junco
Polygonum punctatum	Poligonaceae	Barbasco
Rumex crispus	Poligonaceae	Lengua de vaca
Rubus glaucus	Rosaceae	Mora de castilla
Coraria Thymifolia	Coriaceae	
Conyza bonariensis	Compositae	
Erato vulcanica	Compositae	
Arenaria lanuginosa	Cariofilaceae	
Pycreus niger	Ciperaceae	
Desmodium molliculim	Fabaceae	Pega pega
Trifolium repens	Fabaceae	Trébol
Cuphea racemosa	Litraceae	Yerbabuenita
Sida rhombifolia	Malvaceae	Escobilla
Oxalis sulintegra	Oxalidaceae	Acedera

Fuente. Estudios y diseños obras de protección y mitigación de riesgos del canal de aducción nuevo Libaré a la altura del paso por la quebrada La Bella desde el contexto de gestión de cuencas.

Tabla 3. Vegetación de orillas de cauces y caminos

Nombre Científico	Familia	Nombre Común
Anthurium sp	Araceae	
Xanthosoma	Araceae	Bore
Begonia maurandiae	Begoniaceae	Begonia
Cordia cyliindrostachya	Boraginaceae	Mallorquin
Uriesca capituligera	Bromeliaceae	Cardo
Cleome anomala	Capiradaceae	Mismia
Cyperus andreanus	Cyperaceae	
Cabendishia bracteata	Escrofulariaceae	Uvito
Rulbunium Hypocarpium	Rubiaceae	Coralitos
Brugmania candida	Solanaceae	Borrachero
Browalia speciosa	Solanaceae	Zulia

Fuente. Estudios y diseños obras de protección y mitigación de riesgos del canal de aducción nuevo Libaré a la altura del paso por la quebrada La Bella desde el contexto de gestión de cuencas.

Las especies encontradas en las tablas 1 y 2 se localizan principalmente en la cuenca alta y zona media, mientras que las familias de la tabla 3 se encuentran situadas principalmente sobre la cuenca baja, debido a la intervención que ha recibido esta zona.

8.2. Fauna

La microcuenca La Bella está ubicada sobre una zona cercana a sitios naturales que abarcan una gran cantidad de especies animales, por lo tanto es una cuenca nutrida de fauna. Basados en inventarios de la empresa Aguas y Aguas y la CARDER estos son algunos animales que habitan el sector.

Mamíferos: Conejos, comadreja, chuchas, lapas, guatines y cusumbos.

Aves: Representadas por especies frugívoras, insectívoras, granívoras, nectarívoras, predadores y carroñeros. Las aves más comunes son las garzas,

gallinazos, palomas, colibríes, gavilanes, carpinteros, halcones, garrapateros, golondrinas, y azulejos.

A esta lista se le agrega los distintos animales de cría común que poseen los sistemas familiares campesinos y algunos peces que se detectan en la quebrada La Bella, como la sardina y el patinan o negro.

8.3. Inventario sendero ecológico

Por medio de los estudiantes de la Institución Educativa La Bella se realizó un conteo de las diferentes especies que se encuentran sobre el sendero ecológico del corregimiento. En el **Anexo C** se presenta dicho inventario realizado el 20 de julio de 2011 con la orientación de la profesora Elsa María Villegas Hincapié.

9. AMENAZAS QUE SE GENERAN EN LA MICROCUENCA

9.1. AMENAZAS ANTRÓPICAS

Antes de realizar el diagnóstico por actividades humanas, se realizaron encuestas a la población para estimar el grado de conocimiento que poseen con respecto a la importancia de la microcuenca, y el perfil que adoptan para la conservación de la misma.

En conclusión, se comprueba la desorientación que poseen los pobladores si se quiere llegar a la conservación de la microcuenca. En la tabla 4 se muestra el balance porcentual obtenido de la información captada. **(Ver Anexo D. Encuestas**

Tabla 4. Estadística de encuestas

Factores	Nº. Habitantes	% Muestra	Calificación del impacto
Falta de conocimiento Sistema microcuenca	12	80	Alto
Contaminación hídrica	3	20	regular
Contaminación del suelo	5	33.33	Alto
Contaminación del aire	4	26.67	regular
Atentan contra la salud	2	13.33	aceptable
Participación ciudadana en conservación ambiental	3	20	Regular
Carencia de S.A.R. o mantenimiento incorrecto del mismo	10	66.66	Alto

Fuente. El autor

Las encuestas se efectuaron con la intención de afirmar el diagnóstico real de la microcuenca.

NOTA: La microcuenca en su margen izquierda aguas arriba, más o menos hasta la mitad, contiene una zona de reserva natural cuya administración pertenece a la empresa aguas y aguas de Pereira. Los demás predios son privados de la población.

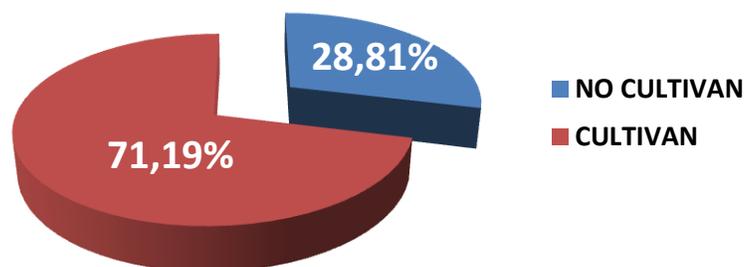
9.1.1. Diagnóstico social

Alrededor de 740 personas residen dentro del perímetro que demarca la microcuenca de la quebrada La Bella, conformando 157 viviendas. La media del

núcleo familiar consta de padres sin estudios secundarios terminados y con un promedio de 2 a 5 hijos, de los cuales, los mayores de 17 años son jóvenes ajenos al campo educativo y la mayoría de ellos dedicados a labores obreras o al servicio militar.

Las comunidades que residen sobre la microcuenca la Bella son familias inclinadas principalmente por la agricultura, aunque esto no quiere decir que en todas las viviendas se realice esta actividad.

Gráfico 1. Viviendas con agricultura



Fuente. El autor

En algunas zonas como el Plan de vivienda (Núm. 2) La Estrella Morrón, debido a la poca cobertura del predio y la escasas de recursos para cultivar, el sistema familiar se designa así: El hombre por ser la cabeza principal del hogar se desempeña en trabajos de construcción, carpintería, jardinería, celaduría, y otras labores que se encuentran en la ciudad de Pereira; de igual modo realiza labores en el Plan de vivienda, como actividades hogareñas y de alcantarillado, pues son ellos mismos quienes deben realizar el mantenimiento de los sistemas sépticos **(Ver anexo A, entrevista 3)**. Mientras que la mujer adopta tareas como el cuidado de los niños, labores domésticas, siembras mínimas y en algunas ocasiones, asisten a planes de conservación ambiental liderados por voceros del

corregimiento o esporádicamente por empresas prestadoras de servicios como la CARDER y Aguas y Aguas de Pereira.

9.1.2. Uso del suelo en actividad pecuaria.

9.1.2.1. Porcicultura

Se identificó la cría de cerdos como el sustento principal de algunas familias que habitan la microcuenca, quienes en su mayoría operan esta actividad de una manera básica y sin el conocimiento adecuado para evitar perjuicios al ambiente y a ellos mismos. Fue común encontrar en las distintas porquerizas impactos ambientales considerables, existiendo casos más comprometedores que otros; caracterizándose las porquerizas de sistemas familiares más contaminantes que las de tendencia industrial en relación a su tamaño y producción. Esto se debe a los diferentes mecanismos que emplean para eliminar los flujos residuales, puesto que las porquerizas caseras funcionan con métodos sencillos fatales para el medio ambiente, mientras que en los corrales macros hacen el esfuerzo de adoptar procedimientos que generen menor impacto.

La microcuenca alberga alrededor de 35 cerdos y unos 16 corrales (**Ver anexo E, Plano 4**), teniendo en cuenta que cerca de 9 de ellos se encontraron desocupados. La porcicultura ha disminuido en la zona durante los últimos tres años, y debido a esta razón es común encontrar corrales caseros deshabitados (**Ver fotos 25 Y 26**), e incluso un predio con una infraestructura de 5 porquerizas con capacidad de abarcar un promedio de 1000 cerdos (**Ver foto 35**), que por cierto fue cimentado junto a la zona protectora de un afluente perteneciente a la quebrada la Bella.

Figura 33



Figura 34



Figura 35



Fuente. El autor

Aunque personas entrevistadas del sector mencionaron que la CARDER en los últimos años ha prestado atención al proceso de porcicultura en la zona, todavía se presencian impactos directos, como en el corral de un sistema familiar ubicado en el sur de la microcuenca (**Ver anexo E, Plano 4, Numeral C1**), donde aún no se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales y estas son conducidas directamente a la quebrada La Bella (**Ver fotos 36, 37 Y 38**), incumplándose el artículo 40 de la ley 9 de 1979 por parte de las entidades públicas.

Figuras 36, 37 Y 38. Corral de sistema familiar



Fuente. El autor

No sólo en la cuenca baja se contamina la fuente hídrica, del mismo modo se impacta el aire, la salud de los habitantes y el suelo, debido a corrales que no reciben ningún tipo de limpieza o desinfección. Lo anterior se puede evidenciar en el corral ubicado a pocos metros de la bocatoma del acueducto Charco Hondo

(Ver fotos 39 y 40), donde se observan decenas de moscas y el olor es indescriptible. Esta porqueriza la habitan 4 cerdos y posee sistema séptico, pero olvidan las normas de sanidad como lo es: tener una higiene adecuada para el bien del medio ambiente, del ser humano y para brindar bienestar a los mismos porcinos.

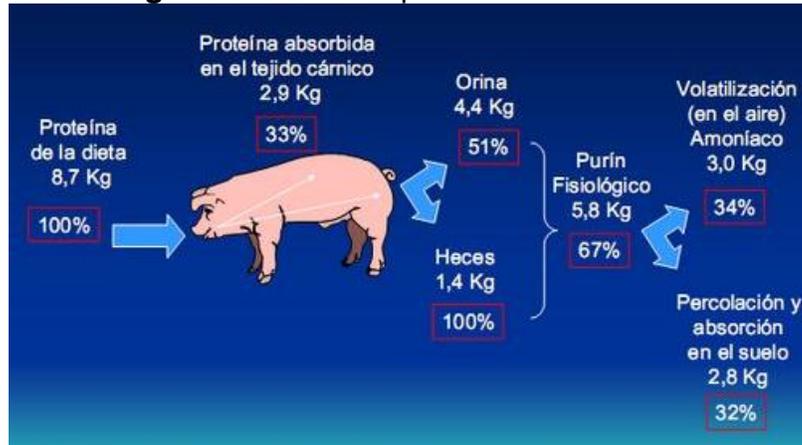


Fuente. El autor

La contaminación de las aguas por nitratos se debe en gran parte al manejo inadecuado de los residuos pecuarios a la hora del lavado. En la **figura 41** se aprecia la dinámica de utilización de los recursos proteicos aportados a un cerdo durante el proceso de producción⁶. En esta cadena se visualiza la cantidad de sustancias que solo un cerdo puede engendrar, razón por la cual todas las porquerizas de la microcuenca son catalogadas como fuentes de contaminación, sin importar el número mínimo de animales que posean.

⁶ Suministrados al cerdo 108 kg.

Figura 41. Proceso proteico de un cerdo.



Fuente. Ajinomoto Animal Nutrition, 2000

Lo anterior revela el grave peligro que corre el ambiente con estos caudales de porquerizas que desembocan en el afluyente sin ningún sistema de tratamiento de aguas residuales, que inclusive, este no sería del todo eficiente ya que esta actividad requiere de un tratamiento secundario y terciario para no rebasar los límites permitidos.

Considerando el número de cerdos que actualmente están sobre la microcuenca y teniendo en cuenta que cada animal produce 5.8 kg de purín fisiológico, se estima que entre todos están generando 203 kg. Es una cantidad considerable ya que la gran parte va directa a la quebrada o al suelo, sin olvidar que se encontraron varios corrales vacíos y no aumentaron el número de porcinos.

La actividad porcícola en general, concibe diferentes aspectos que generan controversia con el suelo, el aire, la fauna, el agua, el factor social y el legal. Una manera clara de identificar estos impactos ambientales es elaborando una matriz **(Ver tabla 5)** de acuerdo con la guía del ministerio del medio ambiente, ya que de esta manera quedan clasificadas las distintas amenazas que acechan la microcuenca.

Tabla 5. Matriz de impactos ambientales contra actividades de porcicultura

COMPONENTES		AMBIENTAL							SOCIAL		LEGAL		
		Suelo		Agua			Aire		Fauna	Seguridad y salud ocupacional	Control y seguimiento	Cumplimiento legal	
MICROCUCENA LA BELLA		Contaminación del suelo	Erosión del suelo	Degradación de la estructura	Agotamiento del recurso	Agotamiento del recurso	Contaminación del agua	Emisión de GEI	Olores ofensivos	Proliferación de plagas	Exposición de trabajadores a condiciones lab. inadecuadas	Identificación de fallas o desperdicios en los procesos	Errores y sanciones
IMPACTOS	ACTIVIDADES												
	Cria, levante y ceba	x		x		x	x	x	x	x			
	Limpieza y mantenimiento de instalaciones	x				x	x				x		x
	Manejo y disposición final de residuos sólidos y líquidos	x	x	x			x	x	x	x	x		x
	Prácticas de sanidad animal y seguridad	x					x	x		x	x		x
	Control y seguimiento	x										x	x
	Producción y preparación de alimentos	x	x	x				x		x			

Fuente. Formato extraído de la Asociación colombiana de porcicultores. Guía Ambiental para el Subsector Porcícola. Bogotá (2002). [19]

Analizando el resultado que deja los componentes de actividades e impactos de la matriz, se acierta que la generación de residuos sólidos, la exposición de trabajadores a condiciones laborales inadecuadas y la contaminación de recursos naturales, son los impactos más significativos. De acuerdo a lo investigado y observado, se debe exigir un cumplimiento legal para la porcicultura; situación que no sucede en la microcuenca y las actividades que deben corresponder a un marco legal que las rijan, son llevadas a cabo sin supervisión alguna.

9.1.2.2. Avicultura

El cuidado y la crianza de aves en la microcuenca se desempeñaba de una manera hogareña, tratándose de una actividad utilizada para satisfacer necesidades del sistema familiar y en ocasiones, como se registró en algunas interacciones con habitantes del sector: “Para la ganancia de unos pesos de más.”

Años atrás, al saber que antes no existían conjuntos de galpones o interés industrial por la avicultura, se reflejaba que no habían altas cantidades en: aves muertas, residuos de alimentos, malos olores, polvo, ruido, proliferación de insectos o desechos por excretas, fatales para el entorno. Pero a medida que ha transcurrido el tiempo, las personas en su afán por ganar una mejor posición económica buscan distintas maneras de sacarle producto a sus tierras, y una opción para algunos granjeros en estos últimos años fue la avicultura. Estimándose actualmente sobre la microcuenca según el conteo realizado durante los recorridos, tres mil aves entre galpones macros y criaderos caseros.

La zona que registró más movimiento avícola fue la parte alta de la microcuenca, donde el señor Alberto Cardona administrador de varios galpones afirmó el auge que ha tenido la actividad en los últimos años, pasando de un galpón casero aproximadamente con 90 aves (**Ver foto 42**) a galpones macros.

Figura 42. Galpón casero.



Fuente. El autor

La comercialización de productos de primer orden, ha sido una salida rentable para pobladores de la microcuenca. La producción de huevo a gran escala ha exigido nuevas infraestructuras en la zona.

Figura 43



Figura 44



Fuente. El autor

En la visita del 13 de marzo de 2013 este galpón contaba con dos góndolas totalmente llenas, con un número de 1400 gallinas. Lo que significa que en esta granja al unir el galpón casero con el industrial serían 1490 ponedoras, una cifra alta a la hora de pensar en la cantidad de sustancias residuales que producen. Aunque hay que recalcar el manejo que se lleva a cabo con la gallinaza, ya que en su totalidad es procesada (**Ver foto 45**) para emplearla a manera de abono en los cafetales.

Figura 45. Gallinaza.



Fuente. El autor

El anterior asunto sería el de mayor impacto ambiental en cuanto a la actividad avícola sobre la microcuenca, teniendo en cuenta que a tan sólo 15 metros se encuentra otro galpón, pero se hace énfasis en el caso anterior porque es el de mayor tamaño. Sin embargo, como existen diferentes viviendas con aves, equivale a decir que en un solo punto no se generan cantidades masivas de sustancias residuales, pero sí se debe tener en cuenta las pequeñas excreciones que se producen en cada vivienda, que en su total afecta el entorno.

Por lo tanto se hace necesario tener un cuidado con estos posibles contaminantes mínimos, ya que de acuerdo con Rodríguez, 1969 *“estimó que cada 24 h una gallina produce entre 135 y 150 g de excretas y señaló que esta cantidad depende del tamaño, estado fisiológico del ave, la dieta y la época del año. Esto equivale, aproximadamente, a 12.5 kg de MS⁷ por gallina por año”*. Esto indica que si llega el caso en donde estos sistemas familiares depositen sustancias como desperdicios y gallinaza al medio ambiente, se generaría un impacto ambiental de la misma magnitud que el de un sistema de galpón industrializado.

Sin embargo en la visita realizada en marzo de 2013, se presencié en la mayoría de campesinos actividades de conservación al ambiente, como por ejemplo: Saben aprovechar la gallinaza y la pollinaza evitando procesos de compostaje, secado artificial y otros similares. La pequeña parte que no lo hace se debe a que carecen de cultivos en los que se utiliza este abono, como algunos habitantes del plan de vivienda número 2 que no cuentan con terreno para la siembra, escasamente sus viviendas abarcan algunas aves.

⁷ Materia seca.

Gráfico 2. Uso del excremento



Fuente. El autor

La gallinaza y pollinaza al ser utilizadas como abono en el marco agrario dejan de considerarse residuos, evitando incorporar al medio ambiente sustancias que son de gran ayuda para la actividad ganadera y pecuaria, pero no aptas para un ecosistema equilibrado. (Ver tabla 6).

Tabla 6. Aporte de nutrientes de las excretas de aves.

Nutriente	Pollinaza	Gallinaza
Materia seca, %	84.7	89.6
Proteína cruda, %	31.3	28.0
Proteína verdadera, %	16.7	11.3
Proteína digestible, %*	23.3	14.4
Fibra cruda, %	16.8	12.7
Grasa cruda, %	3.3	2.0
Elementos libres de nitrógeno, %	29.5	28.7
Cenizas, %	15.0	28.0
Total de nutrientes digestibles, %	72.5	52.0
Energía digestible, Kcal/Kg *	2440	1911
Calcio, %	2.37	8.8
Fósforo, %	1.8	2.5
Magnesio, %	0.44	0.67
Manganeso, mg/Kg	225	406
Sodio, %	0.54	0.94
Potasio, %	1.70	2.33
Cobre, mg/Kg	98	150
Zinc, mg/Kg	235	463

Fuente. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Campo experimental San Luis. Matehuala. 2007

9.1.2.3. Bovinos

La actividad de pastoreo en cantidad se muestra como un impacto negativo para el suelo, ya que permite un consumo excesivo de follaje, conduciendo a la degradación de la vegetación y por último a la mayor erosión del suelo, provocando el deterioro de su fertilidad y estructura. La concentración masiva de animales de pastoreo se debe evitar, pues al desmejorar los pastos y procesos biológicos que alimentan la producción de forraje y vida silvestre, se atenta con diversas aves que conforman el paisaje del ecosistema **(Ver Anexo C)**.

La microcuenca abarca un número bajo de bovinos con relación a otros animales. En toda la zona se hallaron 18 cabezas y ningún ganado sobrepasa la capacidad de área del terreno **(Ver anexo E, Plano 4)**. Esto se debe a que las reses se encuentran distribuidas en diferentes predios, y cada sistema familiar posee una cantidad mínima debido a la escasa solvencia económica que no les permite aumentar su actividad ganadera.

Sólo existen 2 establos donde existe agrupación de bovinos, el resto de reces están distribuidos en potreros por unidades o en pares. El primer establo contiene 5 animales **(Ver fotos 46, 47 y 48)**, ubicado enseguida de un afluente de la quebrada la Bella y no cuenta con ningún tratamiento de aguas residuales. Este punto se contempló como un contaminante directo, a pesar de que contiene un número bajo en animales las diferentes sustancias residuales por pocas que sean convergen al recurso hídrico.

Figura 46



Figura 47



Figura 48



Fuente. El autor

El segundo establo Alberga 4 reses y también está ubicado al lado de un afluente (**Ver fotos 49, 50 y 51**), con la excepción de que este predio cuenta con sistema séptico. De igual manera a la hora de realizar el aseo del establo vierten los residuos al suelo, llegando indirectamente a la fuente de agua.

Figura 49



Figura 50



Figura 51

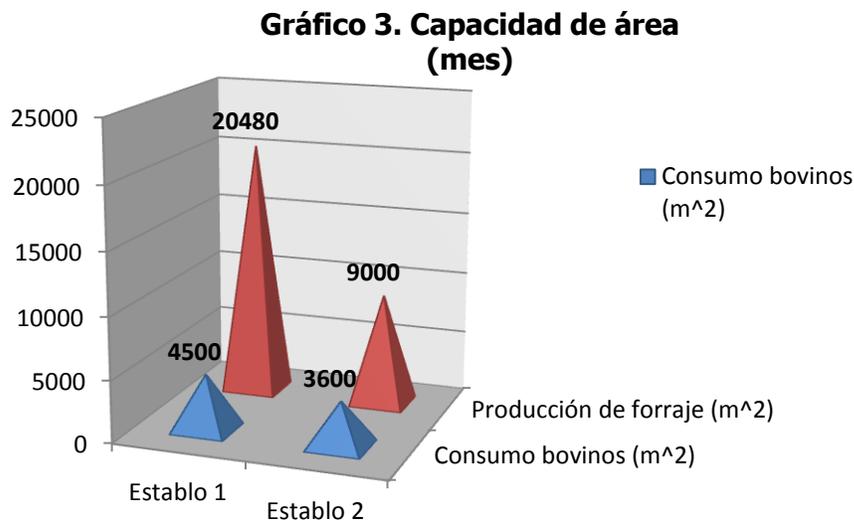


Fuente. El autor

Un animal en promedio se come 10 kg diarios de forraje por cada 100 kg de peso, es decir que los bovinos de estos establos consumen alrededor de 30 kg al día⁸. El primer establo cuenta con un terreno de potrero de unos 4100 m² (**Ver foto 48**) y el segundo establo tiene 1800 m² (**Ver foto 51**), ambos terrenos con pastizales que producen en promedio 5 kg de forraje verde por metro cuadrado.

⁸ Generando un promedio entre vacas, terneras y novillos, el peso promedio por animal es de 300 kg.

Lo anterior deja evaluar que estos predios a pesar de presentar problemas de contaminación, los animales no sobrepasan la capacidad de área, incluso disfrutan un terreno muy amplio, evitándose problemas como el sobrepastoreo (explotación excesiva del forraje) y la erosión.



Fuente. El autor

Por ser estos dos puntos los de mayor concentración bovina, se vale el **gráfico 3** para toda la microcuenca, mostrando la sobresaliente capacidad de área que existe en la zona para esta actividad.

9.1.2.4. Equinos

La existencia de equinos sobre la microcuenca es mínima, en visitas realizadas al sector a finales del año 2012 sólo se presenciaron 5 animales, 2 ubicados en la cuenca alta (**Ver foto 52**) y el resto distribuidos en la cabecera de la microcuenca. A comparación de años atrás el número de animales disminuyó notablemente, en varias viviendas sólo queda el terreno abandonado o con otro uso de donde posaban los caballos. Varios habitantes justifican esta reducción por la situación

económica y otros mencionaron que los animales iban muriendo sin hacer el deber de restituirlos, ya que son animales que no generan producción de índole alimenticia, y en lugar de ellos optan por otro tipo de animales ó utilizan el terreno en algún tipo de siembra.

Figura 52. Equinos cuenca alta



Fuente. El autor

A pesar de ser un grupo de animales que poseen herraduras, su pastoreo es mínimo y separado, sin existir evidencia de impactos contra la conservación de la microcuenca. Además en los predios que habitan están dotados de sistemas de aguas residuales y aplican procesos mitigativos en cuanto al lavado y eliminación de residuos.

9.1.3. Uso del suelo en actividad agrícola

A lo largo y ancho de la microcuenca constantemente se evidencian procesos agrícolas muy heterogéneos, contando con una oferta amplia de víveres. En la zona existen cultivos grandes que funcionan con un fin lucrativo, y otros que sólo tienen como objetivo satisfacer parte de las necesidades alimenticias del núcleo familiar. Es un territorio rico en verduras y frutas debido al suelo tan fértil que conserva.

En la microcuenca la agricultura está conformada en primera instancia por cebolla junca, cultivo característico de la zona, siendo el corregimiento La Bella el encargado de surtir los principales centros de abastos de la ciudad de Pereira. Otros cultivos destacados son el café que es predominante en el eje cafetero, el plátano, el maíz y el cilantro.

De igual manera la actividad agrícola acaba de ser conformada por siembras de menor demanda, como cultivos de lechuga, papa, naranja, aguacate hass, tomate chonto, arracacha, arveja, habichuela, fresa bajo cubierta y por temporadas granadilla y tomate de árbol.

Todas estas series de actividades agrarias se pueden constatar en el mapa de uso del suelo de Pereira (**Anexo B. Mapa 9**) y se desarrollan bajo dos tipos de agricultura, que dependen del fin con el que se va a cultivar. Los sistemas que se ejecutan en la microcuenca son:

9.1.3.1. Agricultura de subsistencia

Es el sistema de agricultura más popular y de menos impacto ambiental en la microcuenca. Se basa en la producción de la cantidad mínima de comida necesaria para cubrir las necesidades del agricultor y su familia.

Este tipo de siembra maneja una agricultura secano⁹, es decir, que es producida sin aporte de agua por parte del mismo agricultor, nutriéndose el suelo de la lluvia o por capilaridad de aguas subterráneas.

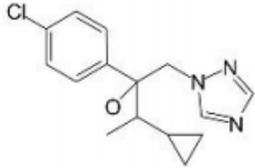
⁹ Agricultura que sólo requiere del agua lluvia.

La agricultura de subsistencia también es caracterizada por ser extensiva, puesto que como su demanda de producción no va a ser en cantidad, posee una mayor superficie y así, provoca menor presión sobre el lugar y sus relaciones ecológicas. Además, no existe para los agricultores el afán de recoger una cosecha y estar sembrando de nuevo otra, ya que su fin no es poseer los mismos beneficios comerciales que tienen los medianos o grandes productores.

Estos cultivos de pan coger por lo general están compuesto por siembras de cebolla junca, plátano, cilantro, café, naranja y tomate chonto. Muchos de los campesinos tienden a fumigar sus cultivos para evitar las plagas y fertilizar sus siembras, pero no se percatan que manejan una agricultura mezclada y que existen diferentes clases de hortalizas en un mismo espacio, fumigando sin ninguna precaución y permitiendo que el viento conduzca partículas de veneno a otros cultivos no aptos para ser fumigados o que se consumen frescos y sin tratamiento tecnológico. También ponen en riesgo al aplicar plaguicidas en viviendas y patios, produciendo envenenamiento de perros, gatos, pollos, pavos y otras aves.

Es frecuente observar fumigaciones con alto 100 SL (**Ver tabla 7**), ya que este fungicida es suministrado por el gobierno para prevenir o atacar enfermedades en los cultivos. Por tal razón la mayoría de campesinos desconocen otro tipo de producto, dejando este químico como el más utilizado.

Tabla 7. Ficha técnica alto 100 SL

A. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO	
Nombre comercial:	Alto 100 SL
Ingrediente activo:	cyproconazol
Clase química:	triazol
Tipo de producto:	Fungicida agrícola
Formulación:	Concentrado Soluble
Concentración:	8.9 % cyproconazol
Equivalente en g /L pf:	100 g ia/L de cyproconazol
Nombre químico:	cyproconazol:2-(4-cloro-fenil)-3-ciclopropil-1-[1,2,4] triazol-1-il butano-2-ol
Formula desarrollada	
	Reg. COFEPRIS: REG. -RSCO-FUNG-0373-302-375-009

Fuente. Syngenta Crop Protection AG

Este producto es extremadamente tóxico para organismos acuáticos (**Ver tabla 8**), y el manejo que se le da a envases y residuos no es conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos o al Plan de Manejo de envases vacíos de Agroquímicos. Esto implica contaminaciones al medio ambiente y problemas perjudiciales para las personas que manipulan el producto.

Tabla 8. Información ecológica

12. Información Ecológica	
Ecotoxicidad	
Toxicidad aguda para Peces	
LC50 96 horas trucha arco iris	141 mg/L
Toxicidad aguda para peces	
LC50 96 horas Carpa común	64.5 mg/L
Inhibición del Crecimiento, Algas (<i>Selenastrum capricornutum</i> (alga verde); 72 h)	
EbC50:	2.34 mg/L
ErC50:	> 10 mg/L
Toxicidad para Invertebrados Acuáticos	
EC50:	59 mg/L (<i>Dafnia magna</i> (pulga de agua); 48 h)
Valoración	Tóxico para organismos acuáticos con efectos a largo tiempo.

Fuente. Syngenta Crop Protection AG

La agricultura de pan coger se identifica porque sus cultivadores son empíricos, razón por la cual no tienen noción del peligro que significa trabajar con plaguicidas y realizan acciones como lavar los equipos de fumigación en las quebradas, o no realizar el debido proceso con recipientes vacíos de veneno que se encuentran abandonados en cualquier lugar.

9.1.3.2. Agricultura de mercado

Este tipo de agricultura abarca todos los cultivos macro que tienen intereses comerciales y el autoabastecimiento está en un segundo plano. El nivel técnico es de orden tecnológico y las siembras son ejecutadas tanto por microempresarios propios del sector como por diferentes empresas reconocidas en el mercado.

Los agricultores que aplican este sistema utilizan una agricultura intensiva, ya que su ideal es buscar una producción grande y sus predios son terrenos de poco espacio en relación con sus demandas comerciales. Esto conlleva a un mayor desgaste del sitio debido a la presión y al número de plaguicidas que constante fatigan el suelo.

Como ya se había mencionado, la cebolla junca y el café son los cultivos más considerables de la microcuenca, que al ser sembrados en cultivos de pan coger no generan impactos ambientales considerables en el terreno. Pero cuando las siembras son sometidas a satisfacer necesidades económicas, esto conlleva a un golpe ambiental en el sector.

Estas producciones generan ingresos anuales considerables a sus cultivadores. Son cifras muy gratificantes para la economía interna de cada agricultor y para el nombre del corregimiento, ya que va en ascenso el auge de productos tan

necesarios y ofertados. Pero para la conservación del suelo, el aire, la fauna, la flora y corrientes de agua como la quebrada la Bella no es igual de positivo.

Figura 53. Cultivo de cebolla



Fuente. El autor

Para lograr explotaciones sobresalientes de cebolla junca utilizan productos e insumos como los que muestra la siguiente tabla:

Tabla 9. Insumos utilizados en la producción de cebolla.

Fertilizante y Abonos	Insecticidas	case	Fungicidas	clase	Herbicidas	clase
Gallinaza,	Lorsban	IV	Dithane	III	Karmex	IV
15-15-15	Malathion	III	Antracol	III	Round-up	IV
10-30-10	Sistemin	II	Elosal	Xi		
17-6-18-2	Todo en uno		Padan	III		
	Karate	III	Látigo	II		
	Thiodan	I	Agrotin	IV		

Fuente. Planteamiento de un proceso para la conservación de la cebolla mediante el método de deshidratación gravimétrica. <http://www.repositorio.utp.edu.co>

Fuera de cultivos de cebolla también se presentan otras siembras de agricultura de mercado, como las de café, cilantro, naranja, aguacate hass, fresa bajo cubierta, granadilla y tomate de árbol.

El comercio del café abarca gran parte de la zona (**Ver fotos 54 y 55**), localizándose en los productos de consumo con más demanda. Por esta razón la mayoría de sistemas familiares que cuentan con espacios disponibles para siembras, optan por ocuparlos con café. Gran parte de estos caficultores incumben al comité de cafeteros, lo que permite tener controlados los cultivos y brindar apoyo técnico.

Figuras 54 y 55. Cultivo intensivo de café



Fuente. El autor

En las siembras cafeteras los químicos más frecuentes son: Glicocafé empleado como herbicida y Agrocafé utilizado como fertilizante mezclado NPK para aplicación al suelo (**Ver fotos 56, 57 y 58**). En algunos casos estos productos son aplicados sin la prescripción de un ingeniero agrónomo, colocando en riesgo problemas de toxicidad por el incorrecto uso tanto del agroquímico, como de los equipos y los momentos de aplicación.

Figuras 56, 57 y 58. Glicocafé y Agrocafé



Fuente. El autor

Algunos cultivos de café aparte del impacto que generan con la cantidad de productos químicos que solicitan, también lo hacen con sus procesadoras al carecer éstas de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Figuras 59 y 60. Procesadoras de café



Fuente. El autor

De acuerdo con Ramírez-Martínez, 1998 *“La pulpa de café es rica en nutrimentos, pero también contiene compuestos como la cafeína, los taninos y los polifenoles, lo que impide su uso intensivo en la alimentación animal por sus características antinutricionales y antifisiológicas. Por tanto, la gran generación de pulpa representa un serio problema de contaminación en las regiones procesadoras del fruto, por lo que se considera el mayor agente dañino para ríos y lagos localizados en esos lugares”*. En la **tabla 10** se muestra la composición del residuo de cada tipo de procesamiento de café¹⁰. Siendo de esta manera, los diferentes puntos en donde se procesa café sin ningún tratamiento de aguas residuales (**Ver anexo E, Plano 4, Numerales PP1 y PP2**), deben de buscar una alternativa para darle solución al manejo de sobrantes.

¹⁰ Puede existir diferencia en la composición porcentual, según la eficiencia del método usado, la variedad del producto, las condiciones del cultivo etc.

Tabla 10. Composición de los principales subproductos del procesamiento del café.

Componentes	Pulpa (% en base peso seco)	Cáscara (% en base peso seco)
Carbohidratos	44	57.8
Fibra	21	-
Grasa	-	2
Cafeína	1.25	1.30
Proteínas	12	9.2
Taninos	-	4.5
Polifenoles	1.0	-

Fuente. Pandey et al. (2000).

Otro agroquímico utilizado en la microcuenca es el profol (**Ver foto 61**), empleado como fertilizante en cualquier etapa del cultivo. Su función es estimular la defensa de las plantas contra el ataque de hongos, además estimula el sistema radicular. Aporta Potasio, Magnesio, Silicio y Fósforo en forma de fosfito.

Figura 61. Profol



Fuente. El autor

Los agroquímicos traen efectos nocivos para la salud humana y consecuencias desastrosas en el medio ambiente, y más cuando se utilizan a nivel industrial. En la microcuenca está en riesgo el ecosistema acuático debido Al nitrógeno y fósforo magnesio que llega a la quebrada la Bella, por tal razón el decreto 1843 de 1991 en su artículo 87, establece que la franja de seguridad para la aplicación de plaguicidas en zonas rurales no podrá efectuarse a menos de 10 metros con respecto a las fuentes hídricas al momento de ejecutar riegos [15]. La tierra al

igual que el aire se contamina cada vez más por residuos de fungicidas, nematocidas e insecticidas, sufriendo también agotamiento de minerales.

Otro aspecto negativo de este tipo de agricultura para el bienestar de la microcuenca es el daño que provoca las aradas en cultivos grandes. Los trabajadores tienden a formar brechas con el fin de tener acceso a los cultivos o para diseñar canales de manejo de aguas, pero lo que generan en realidad es un proceso erosivo y desestabilidad del suelo.

El problema aumenta por la ubicación de las siembras, pues la mayoría son hechas en terrenos con pendiente y al tratarse de cultivos extensos significa que el número de brechas abiertas es grande, razón que amplía la posibilidad de deslizamientos de tierra, provocando daños al suelo y represamientos en quebradas.

La biota es otro campo afectado por estas técnicas químicas, ya que otra consecuencia es la destrucción de animales benéficos, como animales polinizadores y microorganismos eliminados por los venenos de la tierra, como hongos, bacterias, protozoos, gusanos, etc.

9.1.4. Uso del suelo por actividad forestal

El barrio Plumón Bajo ubicado en la ciudad de Pereira se volvió uno de los sectores de invasión más vulnerables escogidos por comunidades afrocolombianas y desplazados por la violencia que arribaban a la ciudad, lo que creó una sobredemanda de habitantes y se convirtió en un problema de orden social significativo. Para dar una solución inmediata, el periodo de alcaldía liderado por la doctora María Helena Bedoya reubicaron un grupo de familias

afrocolombianas provenientes del Chocó en la cabecera del corregimiento la Bella (Parte alta de la cuenca), formando el sector Plan de vivienda número uno.

Debido a la baja oferta laboral las personas reubicadas encontraron pocas maneras de subsistir y optaron por tareas como la agricultura y la forestación, observándose a la vez grandes evidencias de deforestación. En la zona de reubicación se contempla la especie grandis familiar de la Myrtaceae cuyo nombre común es el Eucalipto y el Pino Romeron de la especie Rospigliosii.

La primera razón de que existan actividades de deforestación se debe a las pendientes del terreno, por la gravedad varias plantaciones tienden a rodar y maltratan el tapiz vegetal que se encarga de regular los recursos hídricos, amenazando la calidad del agua.

Y la segunda razón consiste en la agricultura que se ejecuta por parte de esta comunidad afrocolombiana, ya que han recurrido a la tala de árboles con el fin de obtener terrenos indicados para sus siembras. Estas talas se hacen y después no se realizan reforestaciones, causando un serio daño al hábitat en pérdida de biodiversidad y aridez. Además no se observan estratos arbóreos protegiendo vertientes de la quebrada la Bella, situación que fomenta posibles sequías y amenaza el manantial ubicado en el predio de esta comunidad.

Figura 62. Poco bosque protector



Fuente. El autor

Según habitantes de la microcuenca, la deforestación es una actividad que cada vez se vuelve más común en el sector. El señor Jhon Jairo Torres, habitante del sector (**Ver anexo A, entrevista 4**) expresa que hay preocupación en la cuenca baja de la quebrada la Bella por la tala de árboles para el sembrado de maíz y café.

9.1.5. Uso del agua en piscicultura

En la microcuenca se han llevado a cabo cultivos de recursos hidrobiológicos en ambientes acuáticos artificiales; siendo esta actividad muy poco común en la zona, vista sólo en temporadas, así lo afirmó el mayordomo de un estanque que se abastecía del agua proveniente de la quebrada La Bella.

Figura 63. Lago



Fuente. Autor

A pesar que este predio está suspendido y no hay más actividad en la zona, se debe tener en cuenta la infracción que comete el propietario en cuanto a la toma de agua del recurso natural, pues no tiene concesión por parte de la CARDER para extraer algún caudal de la quebrada, infringiendo el artículo 51 del decreto 1594 de 1984, el cual expone que todo usuario de agua que no haya legalizado su uso de conformidad con las disposiciones de la EMAR, deberá solicitar la correspondiente concesión de agua.

9.1.6. Usos del suelo con respecto al POT (Plan de ordenamiento territorial)

Según el POT de la ciudad de Pereira, la microcuenca tiene un uso del suelo permitiente a lo concedido por la ley. Pero el Plan de Ordenamiento también estipula convenciones sobre la protección del suelo y el agua, lo que significa que las diferentes actividades que se llevan a cabo son permitidas en la zona siempre y cuando exista una interactividad correcta entre el uso del suelo y el medio ambiente.

Tabla 11. Clasificación de uso del suelo con respecto al POT.

Contiene	Convenciones	Número de plano	Ubicación plano
Clasificación del territorio	Suelo de protección	5	Anexo B, Mapa 2
Suelo de protección	Suelo para protección del recurso hídrico	7H	Anexo B, Mapa 3
Zonificación y usos del suelo rural	Suelo de protección	28	Anexo B, Mapa 4
Zona de Planificación rural	Suelo de protección	31	Anexo B, Mapa 5
Áreas de actividad rural	Área de actividad agropecuaria	30	Anexo B, Mapa 6

Fuente. Secretaria de Planeación Municipal. Acuerdo 23 de 2006 revisión POT Pereira.

Según la **tabla 11**, es evidente el énfasis por la protección de los recursos naturales, así como también deber de ser clara la necesidad que existe de que los entes corporativos públicos hagan regir estas convenciones sobre toda el área de la microcuenca.

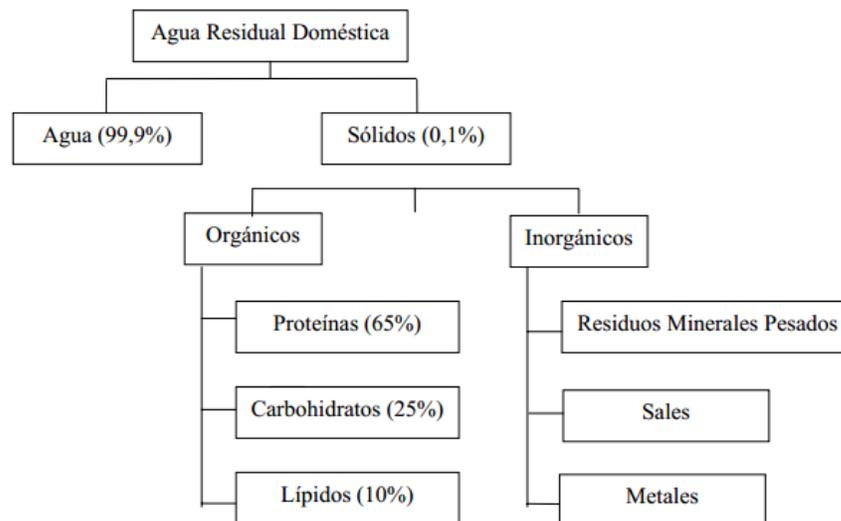
Estas zonificaciones o clasificaciones fueron demarcadas por la Secretaria de Planeación para concebir o denegar autorizaciones a las diferentes actividades

que se llevan en la zona, pero si no hay un control persistente de nada sirve el reglamento que hay impuesto.

9.1.7. Uso del suelo de vivienda

Las aguas residuales domésticas que se tratan en la zona son aguas negras conformadas por desechos de índole humano y animal. Según Mara y Cairncross, 1990 “Cada persona genera 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113.5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio”. Así mismo se puede decir con la orina, cada ser humano a través de ella produce 6 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 1 kg de potasio anualmente. De esta manera son varias las sustancias que se descargan con las aguas residuales (**Ver gráfico 4**), Siendo altamente contaminantes si no son tratadas.

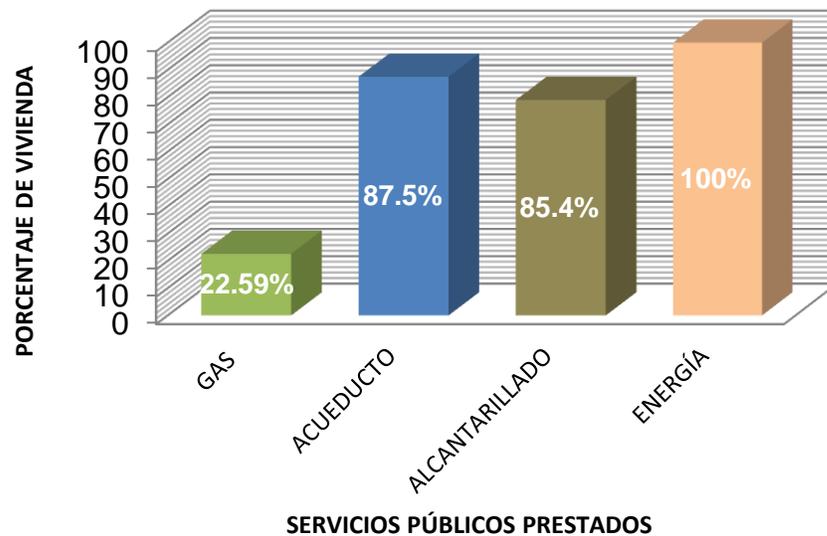
Gráfico 4. Características cualitativas de aguas residuales domésticas.



Fuente. G.E.I.A-U.T.N. Grupo de estudio ingeniería ambiental- Universidad tecnológica nacional

Las viviendas que se ubican en la zona no tienen en común la misma prestación de servicios públicos. A continuación se presentan los servicios y la cantidad de viviendas que cuenta con cada uno de estos.

Gráfico 5. Servicios de domicilios



Fuente. El autor

9.1.7.1. Sistemas de vivienda sin tratamiento de aguas residuales.

Es uno de los puntos más críticos de conservación ambiental, y lo más alarmante es que aún se cuentan con 23 viviendas en esta situación. Lo que equivale al mismo número de caudales que manan aguas contaminantes directamente al suelo o se depositan en los recursos hídricos de la quebrada La Bella.

De estos sistemas familiares y con un promedio de 4 a 5 personas por vivienda, 8 casas depositan directamente a la red hídrica (**Series: 2, 3, 4, 5, 15, 19, 20 y 22**), 13 casas descargan directamente al suelo (**Series: 1, 6, 7,8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,**

16, 17, 18 y 23) y 2 casas conducen por tubería a canales diseñados para transportar aguas lluvias (**Series: 6 y 7**). (**Ver series en Anexo E. Plano 6**)

En el siglo XXI ya sería el momento de haber tomado consciencia del papel que juega los recursos hídricos en el mundo. Pero todavía son diversos los abusos que se cometen contra esta fuente de vida, como por ejemplo las descargas puntuales que se vierten a la red hídrica de la quebrada La Bella (**Ver fotos 64 y 65**). En parte tiene que ver las entidades pertinentes al control de estos procesos, pues decretos como el 3100 de 2003 que *reglamenta los artículos 42 y 43 de la ley 99 de 1993, respecto a la implementación de tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a un cuerpo de agua*, no son efectuados y de esta manera se permite el desorden incontrolado de vertimientos residuales directos.

Figuras 64 y 65. Descargas puntuales al cauce



Fuente. El autor

También son comunes las descargas de aguas residuales domésticas al suelo. Este impacto indirecto es común en viviendas que no están ubicadas sobre el perímetro de la quebrada y al no haber la comodidad de conducir tubos al afluente recurren a letrinas básicas¹¹ o conducen las aguas residuales por canales naturales vulnerables a infiltraciones (**Ver fotos 66, 67 y 68**), generando daños al suelo y teniendo como destino final el recurso hídrico. Este tipo de recolección implementado de una manera no sofisticada es peligroso para los seres vivos, ya que produce fundamentalmente dos tipos de gas: dióxido de carbono y metano, y en ocasiones monóxido de carbono que es de alta toxicidad.

¹¹ lugar destinado para expeler en él los excrementos.

Figuras 66, 67, 68. Canales naturales de aguas residuales



Fuente. El autor

Además es un proceso nocivo para la conservación de la microcuenca, no sólo por su fauna y flora, también por el agua, aire y suelo que conforman el sistema natural.

Debido a estos impactos los asentamientos de casas deberían contar con los servicios necesarios, como redes de drenaje, por donde se pueda conducir las aguas residuales y evitar el uso de letrinas. Éstas son algunas de las acciones que se puede poner en práctica para evitar la contaminación de aguas subterráneas por efectos de sustancias contaminantes originadas de sistemas familiares.

Las ultimas 3 viviendas operan con el mismo impacto ambiental, violando el artículo 60 del decreto 1594 de 1984, el cual prohíbe todo vertimiento de residuos líquidos a las calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para aguas lluvias.

A pesar de que en la microcuenca no se manejan redes de alcantarillado de aguas lluvias, algunas viviendas de manera casera diseñaron canales en concreto para conducir las aguas lluvias hasta la red hídrica (**Ver foto 69**). Pero los habitantes de estos sistemas familiares tomaron la opción de ubicar los tubos de aguas negras sobre estos canales, transformándolos en caudales de aguas combinadas.

Figura 69. Alteración caudal aguas lluvias



Fuente. El autor

9.1.7.2. Sistemas de vivienda con tratamiento de aguas residuales.

La microcuenca la Bella no abarca construcciones de gran tamaño, su infraestructura está basada en viviendas de uno o dos niveles construidas en bahareque, material, material-bahareque, y madera-guadua-material-bahareque-ladrillo. Los predios diferentes a uso familiar son 5 tiendas minoristas (**ver fotos 70 Y 71**), caseta comunal, puesto de salud La Estrella, la institución La Bella sede La Cachucha y la escuela Consota.

Figuras 70 y 71. Tiendas por menor



Figura 72. Escuela



Fuente. El autor

A lo largo y ancho de la microcuenca existen sistemas familiares, 23 viviendas sin TAR¹² ocupando un 15.64%, 52 poseen alcantarillado representando un 48.98% y 72 viviendas cuentan con pozos sépticos individuales para un 48.98%, ya que por ser zona rural es común encontrar distancias considerables entre las viviendas.

¹² Tratamiento Aguas Residuales

Como estos sistemas familiares cumplen con tratamiento de aguas residuales se pensaría que no generan ningún tipo de impacto ambiental, pero el análisis a los diferentes predios indicó varias anomalías en el funcionamiento.

I. Mantenimiento

En el Plan de vivienda (Núm. 2) La Estrella Morrón a una altura de 1813 m.s.n.m., la empresa prestadora de servicios Aguas y Aguas de Pereira construyó hace 10 años dos sistemas sépticos en el lugar (**Ver fotos 73, 74 y 75**). Cada sistema cuenta con 5 tanques y una capacidad de 8 mil litros; dejando en las manos de la comunidad el mantenimiento que se debe realizar para un funcionamiento correcto.

Figuras 73, 74 y 75. Sistemas septicos Plan de vivienda Número 1



Fuente. El autor

La primera causa de error se basa en que no existe una dinámica lo suficientemente estricta para realizar cumplidamente el mantenimiento, y esto se debe a la manera elemental en que delegan las tareas de limpieza los habitantes del sector. Esto conlleva al rebosamiento de los sistemas colocando en peligro la salud humana, dejándola en riesgo de brotes de infecciones y enfermedades como disentería, hepatitis, fiebre tifoidea y otras enfermedades gastrointestinales agudas como el cólera. Además degrada el medio ambiente, especialmente las aguas subterráneas y por ende la quebrada La Bella, contaminándola con bacterias y Nutrimientos (nitrógeno y fósforo) que causan crecimiento desmedido

de plantas, interfieren con el paso de la luz solar, agotan el oxígeno en el agua e interfieren con el flujo del agua.

En algunos sistemas sépticos individuales de viviendas apartadas también se presenció falta de mantenimiento (**Ver foto 76**), la principal razón es la poca información que poseen acerca del sostenimiento de la infraestructura.

Figura 76. Pozo séptico



Fuente. El autor

II. Mal uso

La mayor parte de la población es ajena a información relacionada con el uso de los sistemas sépticos, por lo tanto no tienen claro qué condiciones se deben cumplir para mantener los sistemas en condiciones deseables.

Por esta razón sustancias como grasas, plástico, gomas, nylon o materiales no biodegradables son vertidas en lavamos e inodoros, al igual que químicos fuertes. Algunos son productos que no se descomponen y otros pueden eliminar o matar la parte biológica en el sistema séptico, que ayudan a degradar los sólidos los cuales contaminan el agua subterránea.

III. Sobredemanda

Cuando surgió el Plan de vivienda fue conformado en un principio por 33 sistemas familiares, construyéndose para este número los dos sistemas sépticos. Con el transcurrir del tiempo nuevas familias fueron arribando al sector y de esta manera uniéndose al sistema. Para la fecha del 10 de marzo de 2013 ya existían 42

viviendas, existiendo una sobredemanda en los sistemas del 21.43%. No sería un inconveniente, sí los sistemas recibieran un buen mantenimiento más acelerado, ya que entre ambos tratan 16 mil litros, que es una buena capacidad para soportar las viviendas que hay e inclusive, un poco más.

Es un problema delicado debido a las evidencias que deja el sitio (**Ver foto 77**), donde se presentan aguas negras frescas y sépticas sobre el tapete vegetal. Lo más inquietante es que este caserío se encuentra en medio de dos afluentes pertenecientes a la quebrada la Bella (**Ver foto 78**), provocando una constante contaminación.

Figura 77. Rebosamiento de tanques **Figura 78.** Amenaza de afluentes



Fuente. El autor

Este caserío al seguir conllevando los tratamientos de aguas domésticas del mismo modo, está desacatando el artículo 15 de la ley 9 de 1979 el cual señala que *si al construir un sistema de tratamiento de agua no alcanza los límites prefijados, la persona interesada deberá ejecutar los cambios o adiciones necesarios para cumplir con las exigencias requeridas*. Esta exigencia también debe ser regulada por las entidades públicas competentes, que deben de velar por la calidad de los sistemas residuales para la conservación de la microcuenca.

9.2. AMENZASAS SOCIO NATURALES

9.2.1. Deslizamientos

A lo largo de la quebrada La Bella se encontraron 2 puntos críticos con inestabilidades de taludes (**Ver anexo E, plano 5**), lugares donde se generan irregularidades en el curso hídrico, ya que al afectarse por represamiento el flujo normal de la quebrada, el agua ya no se desplaza superficialmente sino que lo hace por debajo de las masas que han caído a la red hídrica.

Figura 79. Maleza en el cauce debido a derribes



Fuente. El autor

Estos movimientos de tierra que deslizan hasta la quebrada alteran las propiedades químicas y físicas del agua, abasteciéndose la bocatoma del Porvenir con este líquido (**Ver fotos 80 y 81**); acrecentándose el trabajo de las plantas que tratan el flujo hídrico.

Figuras 80 y 81. Bocatoma Charco Hondo



Fuente. El autor

La microcuenca La Bella por estar ubicada sobre la cordillera presenta laderas de pendientes muy inclinadas, excepto en la parte alta donde son muy suaves.

Tabla 12. Rangos de pendientes y zona de mayor frecuencia

PENDIENTE EN GRADOS	EQUIVALENTE EN %	ZONA DE LA MICROCUENCA
0° - 8° 31´	0 - 15	Baja - Media
8° 31´ - 24° 12´	15 - 45	Media
> 24° 12´	> 45	Alta

Autor. Protección y mitigación Canal de aducción Nuevo Libaré

Las pendientes de terreno corresponden a casi un 50% del área de la microcuenca y las precipitaciones que constantemente caen y tienen una media de 2550 m.m. por año (**Ver Anexo G, Plano de isoyetas**), son las principales causas de los procesos erosivos que ocurren en la zona, y aún más, cuando ocurren largos períodos de lluvia (Fenómeno de la niña).

Para lograr identificar los procesos erosivos del área se realizaron varias visitas de campo a la parte baja, media y alta de la microcuenca La Bella. También se recurrió a la ayuda del programa de información geográfica google earth.

Los procesos erosivos más apreciables equivalen a taludes subverticales en el perímetro de caminos, vías terciarias y orillas de la quebrada La Bella, socavación de orillas en la cuenca baja y erosión superficial en surcos¹³.

Los movimientos en masa se catalogaron en tres tipos: Activos, recientes y antiguos. Partiendo de este modo, la microcuenca de la Quebrada La Bella se sectorizó así:

¹³ Suelo arrastrado por el flujo del agua que se canaliza y jerarquiza generando surcos.
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/03/11/15557>

- **Cuenca baja**

En este sector norte de la microcuenca, durante la visita de campo cumplida en junio del año 2011 se apreciaron dos movimientos en masa activos (**Ver Fotos 82, 83 y 84**). En otro recorrido realizado en marzo de 2013, los puntos ya no presentaban el mismo daño, e incluso, estaban revegetalizados (**Ver Fotos 85 y 86**). Aunque las laderas cuestionadas no presentaron riesgo en el 2013, la pérdida de terreno que han tenido las torna críticas. Además, se debe tener en cuenta la alerta que expresan los pobladores que habitan cerca de los dos puntos, quienes narran la frecuencia con la que se despierta la actividad de desprendimiento e inclusive, han ejecutado procesos empíricos con llantas fundidas en concreto para evitar la pérdida de terreno (**Ver Foto 87**). Dichos sectores son:

Entre el K2+732 y el K2+762.89 existe erosión por socavación de orillas, siempre que la red hídrica tenga buen flujo va a seguir presentándose un choque hidráulico y por lo tanto desgaste. Entre el K2+732 y el K2+762.89 ocurre un desprendimiento de talud activo por la misma índole, que debido a la pendiente tan alta presenta gran amenaza de taponar el flujo de la quebrada La Bella, y más en este punto donde el cauce es muy angosto. Llegando a la cuenca media por el camino que conduce desde la bocatoma del Porvenir a la vereda Estrella – Morrón se encuentra un deslizamiento antiguo en roca meteorizada. Hasta principios del año 2013 no se observó movimientos activos en este punto.

Figuras 82, 83 y 84. Desprendimientos activos



Fuente. El Autor

Figuras 85 y 86. Puntos sin actividad



Fuente. El Autor

Figura 87. Incruste de llantas fundidas para evitar la socavación



Fuente. El Autor

- **Cuenca media**

En la zona central se presentan varios escarpes subverticales originados por deslizamientos antiguos, algunos fueron agudizados por procesos antrópicos en el pasado. Sin embargo, no se registró ningún caso crítico que merite intervención.

- **Cuenca alta**

Por sus bajas pendientes no se ven movimientos en masa por deslizamientos o procesos erosivos de altura. En esta zona se presenta el desplazamiento lento

del suelo por procesos de hundimientos que pueden suceder por las bajas pendientes o por la saturación periódica de agua. Este fenómeno no aumenta el riesgo para la conservación, su implicación se limita en la deformación paisajística sin compromisos amenazantes.

Figura 88. Desplazamiento del suelo



Fuente. El autor

Aunque el movimiento de masas sólo existe en la cuenca baja, se puede decir que la zona media y baja de la microcuenca son las principales amenazas de material a las vertientes de las corrientes hídricas. En especial la media, ya que presenta alturas de los cañones de incisión fluvial hasta de 120 m. En el **Anexo E, Plano 5** se diferencian las zonas susceptibles a movimientos y los puntos de riesgo más críticos.

La mayoría de bloques de rocas que llegan al cauce, se originan a través de depósitos fluvio torrenciales. El resto ocurre por desprendimientos en las laderas y por acción del agua y fracturamiento de las rocas ubicadas en orillas.

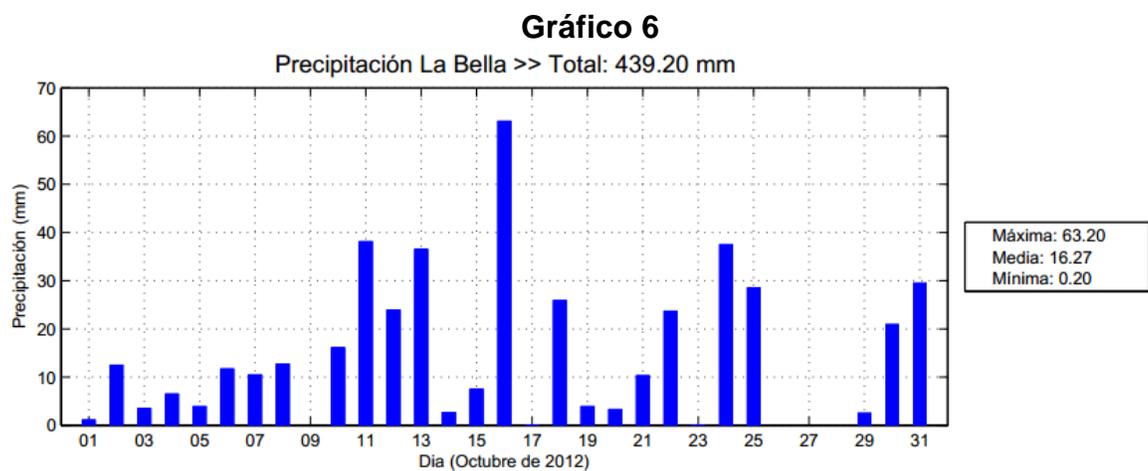
9.2.2. Sequías

Este fenómeno meteorológico es uno de los más graves para el ser vivo, afortunadamente el área de la microcuenca no muestra problemas por esta causa y presenta agua suficiente para abastecer las necesidades de las plantas, los

animales y los humanos. La quebrada La bella y sus afluentes en su gran mayoría, cuenta con cobertura vegetal que brinda protección a la red hídrica de los rayos solares en épocas de temperaturas altas.

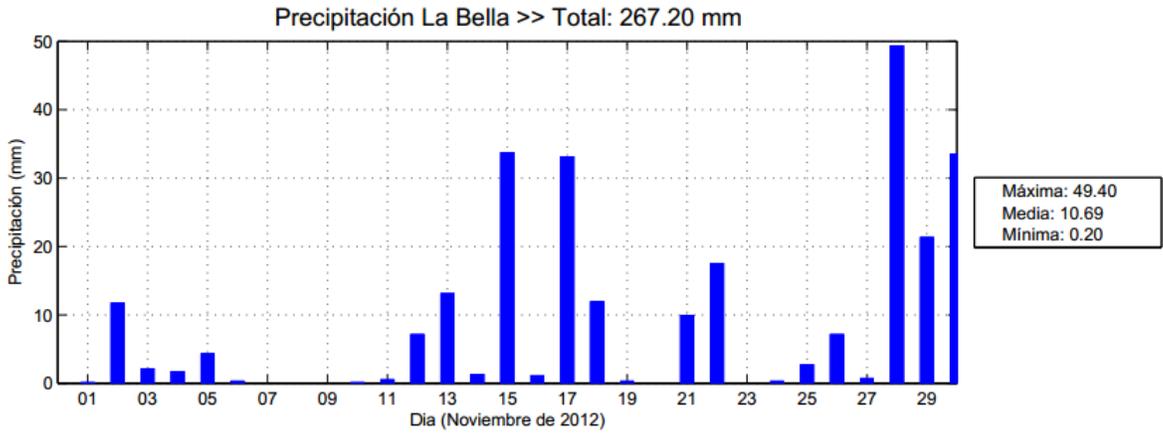
No obstante, se debe tener presente que sí esta protección vegetal es deforestada y tiende a desaparecer como está ocurriendo en el sector de reubicación (Plan de vivienda Núm. 1), es muy factible que comiencen a surgir problemas derivados de un principio de sequía.

En la zona con frecuencia se presentan lluvias que garantizan un flujo hídrico uniforme, evitándose amenazas de sequías y brindando buena cantidad de líquido a las bocatomas. En los **gráficos 6, 7 y 8** se puede evidenciar la precipitación del corregimiento La Bella en los últimos meses del año 2012, donde a pesar que diciembre terminó con pocas precipitaciones no existen largos periodos de tiempo sin registrar caída de agua. [18]



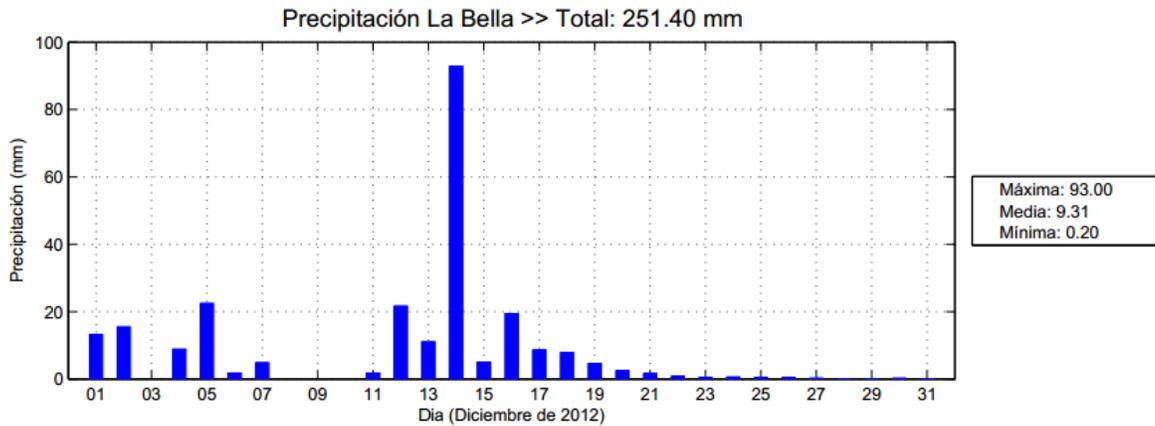
Fuente: Red Hidrológica del Departamento de Risaralda.

Gráfico 7



Fuente: Red Hidrológica del Departamento de Risaralda.

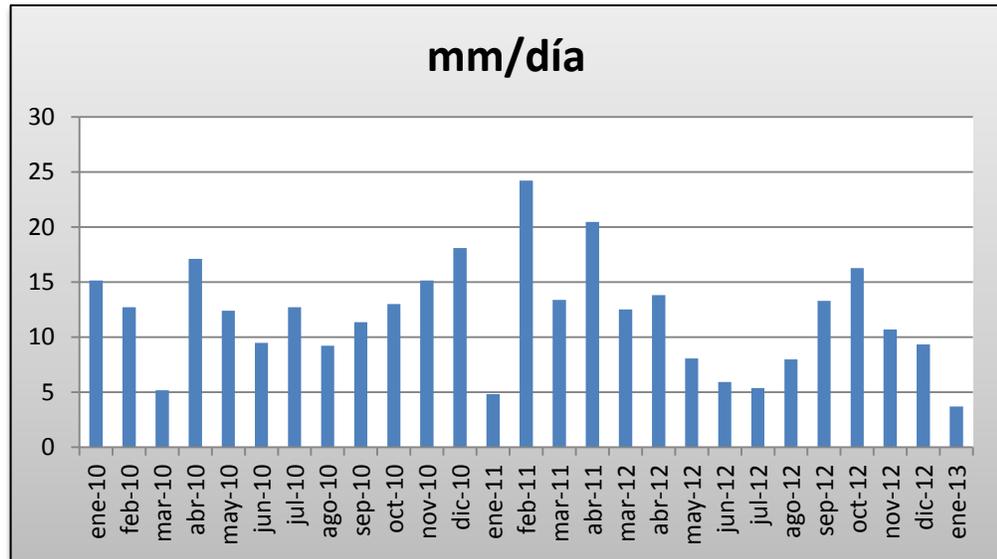
Gráfico 8



Fuente: Red Hidrológica del Departamento de Risaralda.

Precisando un histograma de lluvias, se tiene la siguiente secuencia comprendida entre el año 2010 hasta enero de 2013.

Gráfico 9. Histograma de lluvias La Bella



Fuente. Red hidrológica departamento del Risaralda

10. COBERTURA DEL SUELO

La microcuenca La Bella se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera Central sobre la denominada subregión I del departamento del Risaralda. Cuenta con dos pisos térmicos y la mayor parte de sus suelos son cenizas volcánicas, siendo ricos en materia orgánica y teniendo profundas capas con buena aireación y retención de aguas, lo que permite un buen drenaje para el desarrollo de la vegetación, logrando suelos fértiles.

10.1. Aptitud del suelo

Mediante Autocad Civil 3D se fijó el porcentaje individual de Las capacidades que tiene el territorio de la microcuenca La Bella basado en lo estipulado por la CARDER (**Ver Anexo B, Mapa 7**). El territorio estudiado se divide en dos tipos de tierra, una es de aptitud baja con restricción al uso agrícola y cuenta con 88.54

hectáreas que representan el 43.51% de la microcuenca. La otra tierra es de aptitud media abarcando 114.96 hectáreas correspondientes a un 56.49%.

10.2. Uso potencial

Para estimar la cantidad de terreno de cada uso potencial se trabajó sobre información de la CARDER (**Ver Anexo B, Mapa 8**) y mediante Autocad Civil 3D se conjeturó los datos para los tres tipos de uso que existen en la microcuenca, siendo los siguientes: Cultivos densos ocupan 92.67 hectáreas equivalente al 45.54%, el uso de protección absoluta abarca 24.97 hectáreas igual al 12.27% y para el bosque productor protector/ protección absoluta se acertaron 85.86 hectáreas ocupando un 42.19%.

11. POSIBLES FACTORES DE LA MICROCUENCA QUE PONEN EN RIESGO SU CONSERVACIÓN

11.1. Morfometría de la Microcuenca

11.1.1. Área y perímetro

La Bella es una cuenca exorreica¹⁴ de clasificación muy pequeña (**Ver tabla 13**), ya que su área equivale a 2.035 Km² y asume un perímetro de 7.62 km (**Ver Anexo E, Plano 1**). La superficie que comprende la zona I o cuenca alta es de 127.4 hectáreas, la zona II o cuenca media tiene un área tributaria de 28.4 hectáreas y la zona III ubicada en la parte baja cuenta con 47.7 hectáreas.

¹⁴ su punto de salida está en el límite de la cuenca y está en otra corriente.
www.chapingo.mx/irrigacion/planest/documentos

Tabla 13. Clasificación de cuencas.

Tamaño de la cuenca (km ²)	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 a 250	pequeña
250 a 500	Intermedia-pequeña
500 a 2,500	Intermedia-grande
2,500 a 5,000	grande
>5,000	Muy grande

Fuente. Autor.

11.1.2. Longitud axial

Esta longitud se consideró sobre el curso de agua de mayor longitud, desde la divisoria de agua hasta la desembocadura. Obteniéndose una longitud axial de 3.072 km.

11.1.3. Ancho promedio

Se divide el área de la microcuenca por su longitud axial, de esta manera se obtiene el ancho promedio con un valor de 0.66 km.

$$B = \frac{A}{L}$$

$$B = \frac{2.035\text{Km}^2}{3.072 \text{ km}}$$

$$B = 0.66 \text{ km}$$

11.1.4. Forma de la microcuenca

La forma incide en el tiempo de respuesta de la microcuenca, es decir, al tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje, y, por consiguiente del hidrograma resultante de una lluvia dada. Para establecer la forma de la microcuenca se utilizaron dos métodos.

11.1.4.1. Índice de gravelius (Kc)

Se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo que tiene la misma área que la cuenca.

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} = 0.28 \frac{P}{A^{1/2}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{7.62 \text{ km}}{(2.035 \text{ Km}^2)^{1/2}}$$

$$K_c = 1.50$$

AL recurrir a este método, se debe tener en cuenta que cuando Kc es cercano a 1.0 indica que la forma es casi una circunferencia y para Kc mayores que 1.0 refleja una cuenca menos circular. De acuerdo al valor de Kc se puede afirmar que la forma de la microcuenca no es redonda y más bien se podría considerar como una especie de 8, con una forma oval oblonga (**Ver Anexo J**).

Factor que no ubica la microcuenca en peligro alto ya que no presenta una forma circular, pues si fuera así, aumenta la peligrosidad a las crecidas, porque las distancias relativas de los puntos de la divisoria con respecto a uno central, no presentan diferencias mayores y el tiempo de concentración se hace menor, existiendo mayor posibilidad de que las ondas de crecida sean continuas.

11.1.4.2. Factor forma (K_f)

Se define como la relación entre el ancho medio de la cuenca y su longitud axial.

$$K_f = \frac{B}{L_a} \quad ; \quad B = \frac{A}{L_a}$$

$$K_f = \frac{A}{L_a^2}$$

$$K_f = \frac{2.035 \text{ Km}^2}{(3.072 \text{ km})^2}$$

$$K_f = 0.22$$

La microcuenca La Bella al tener un K_f menor que 1 sostiene que no posee una forma redonda y tiene menos posibilidades de eventos de crecientes que otras microcuenca del mismo tamaño con un K_f mayor.

11.1.5. Altitud

La variación de cota incide directamente sobre la distribución térmica de la microcuenca, y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes.

En la microcuenca La Bella se presenta un contraste en altura de 300 metros, comprendidos entre las elevaciones 1800 y 1500 m.s.n.m.; la mayor parte del área se concentra en las curvas de nivel más altas, existiendo un rango que va desde la 1700 hasta la 1800.

11.1.5.1. Elevación media (Em)

Corresponde a la elevación media de la cuenca en metros sobre el nivel del mar. La elevación media para la microcuenca La Bella se calculó sacando el promedio de la sumatoria de la cota menor y la cota mayor.

$$Em = \frac{C. b. + C. a.}{2}$$
$$Em = \frac{1500 \text{ m.s.n.m.} + 1800 \text{ m.s.n.m.}}{2}$$
$$Em = 1650 \text{ m. s. n. m.}$$

11.1.6. Relieve

De acuerdo con el criterio de Alvord, se halló la pendiente media S_c de la siguiente manera:

$$S_c = 100 * \left(\frac{D}{A} \right) * L$$

D= Equidistancia de curvas de nivel

A= Área de la cuenca

L= Longitud total de las curvas de nivel de equidistancia D

$$S_c = 100 * \left(\frac{0.05 \text{ Km}}{2.035 \text{ Km}^2} \right) * 14.57 \text{ km}$$

$$S_c = 35.8\%$$

El Sc de la microcuenca consta de una pendiente media muy fuerte (**Ver tabla 14**), correspondiendo a un terreno predominado por taludes. La pendiente media va relacionada con la humedad del suelo, escurrimiento superficial y aguas subterráneas. Además define el tiempo de concentración, viaje y el escurrimiento superficial; influyendo en las avenidas de la quebrada la Bella.

Tabla 14. Clasificación de terrenos según pendiente media

Pendientes Medias		Terrenos	
0 %	a	3 %	Llano
3 %	a	7 %	Suave
7 %	a	12 %	Medianamente accidentado
12 %	a	20 %	Accidentado
20 %	a	35 %	Fuertemente accidentado
35 %	a	50 %	Muy fuertemente accidentado
50 %	a	75 %	Escarpado
	>	75 %	Muy escarpado

Fuente. Cuenca hidrológica 3 – clase 5. Página web scribd

11.1.7. Gestión clima

La temperatura media varía de los 15 a 18 grados centígrados, presentando temperaturas más bajas en la parte más alta. Presentándose “vientos anabáticos¹⁵ y catabáticos¹⁶” los primeros actúan en el día, cuyo ascenso es de los valles hacia las vertientes, y los segundos van de la montaña hacia el valle en horas de la noche.

¹⁵ Viento que sopla ascendentemente por una pendiente montañosa. Enciclopedia libre Wikipedia.

¹⁶ Viento que sopla con componente descendente (hacia abajo), geográficamente hablando, en serranías, montañas o glaciares. Enciclopedia libre Wikipedia.

La humedad en la microcuenca es opuesta a la temperatura, llegándose alcanzar en la noche porcentajes de humedad próximos a la saturación y en horas del mediodía valores mínimos debido al aumento de temperatura.

De este factor el parámetro más significativo es la precipitación (2550 mm), ya que define el comportamiento que tomarán los caudales en la quebrada La Bella, pues una parte se convierte en escorrentía superficial generando los distintos afluentes hídricos que transcurren por la cuenca, afectando con su comportamiento a la cuenca receptora.

11.2. Factores litológicos

11.2.1. Geomorfología

El sistema microcuenca posee dos sectores amplios en su cabecera y su intermedio consta de un sector angosto donde el cauce se estrecha entre formaciones geológicas duras, terminando con un cauce inferior angosto y pendiente cubierto de rocas con un diámetro medio entre 50 centímetros y 1.5 metros aproximadamente.

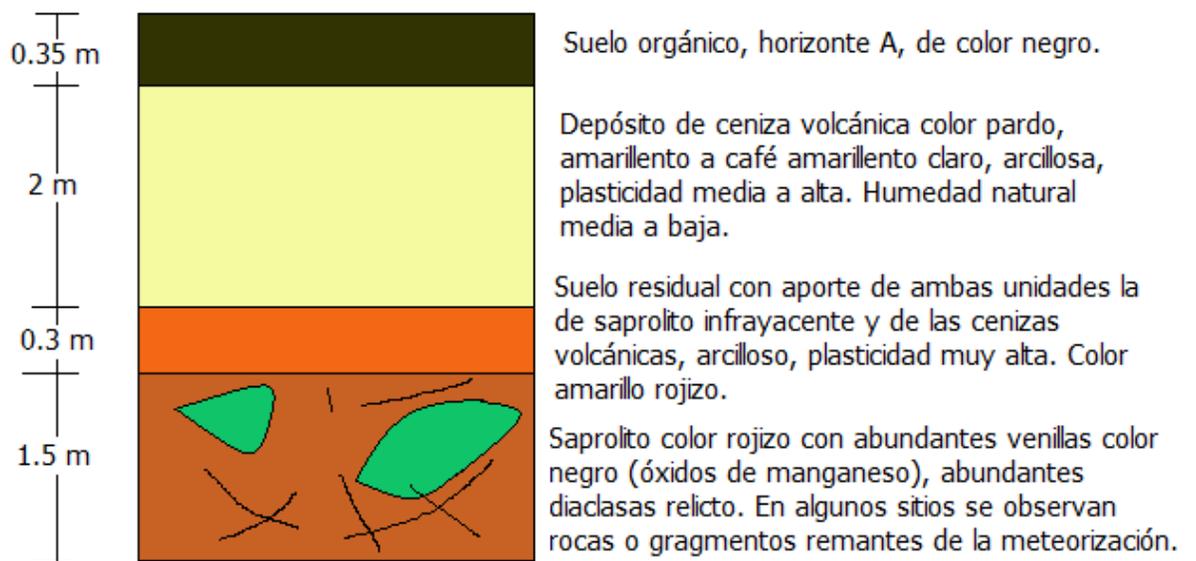
En la zona se presenta un desnivel de 300 metros comprendidos en una distancia horizontal relativamente corta, que junto con la intensidad de la red de drenaje pronostican presentar como procesos geodinámicos la denudación – deposición. Este evento es afianzado por las características morfológicas del terreno como textura, densidad, drenaje, elevación, pendiente, etc.

11.2.2. Geología

Según la CARDER y estudios de la empresa Aguas y Aguas de Pereira, se puede decir que la forma superficial de mayor importancia, especialmente por su área y

porque sobre ella ocurren la mayoría de actividades antrópicas, son los depósitos de cenizas volcánicas, ocupando un espacio de 141 ha equivalentes al 70.9% de la microcuenca, y cubren básicamente la microcuenca media alta y alta. A continuación se presenta un perfil donde se generaliza el sector sur occidental de la microcuenca. [4]

Figura 89. Perfil estratigráfico



Fuente. Estudios y diseños obras de protección y mitigación de riesgos del canal de aducción nuevo Libaré a la altura del paso por la quebrada La Bella desde el contexto de gestión de cuencas.

El desarrollo de saprolito¹⁷ profundo, el moderado fracturamiento de las rocas, la cubierta espesa de cenizas volcánicas y algunas estructuras, forman los requisitos para que la microcuenca presente un alto potencial a generar ciertos procesos erosivos, como movimientos de masas responsables de afectar el cauce de la quebrada La Bella.

¹⁷ Es la roca que ha sido meteorizada y que puede conservar parte de los materiales originales. Cátedra de Sedimentología, U. Nacional de La Plata. 2007.

11.3. Análisis morfométrico de la quebrada La Bella

La clasificación del drenaje de la quebrada La Bella, corresponde al grado de organización detectado por Horton (1945), basado en la enumeración y conteo de las corrientes de agua de un determinado orden existente en una cuenca. Horton encontró 3 leyes llamadas leyes de Horton, las cuales dicen que la relación de bifurcación, la relación de longitud y la relación de áreas permanecen constantes de un orden a otro de una cuenca. A continuación se utiliza la primera ley llamada ley de los números de cauces.

11.3.1. Ley de Horton del Número de Ríos [17]

Partiendo de los cauces que posee la quebrada La Bella que se han catalogado hasta de cuarto orden (**Ver Anexo J, Plano iluminado**), se procedió para la relación de bifurcación (Rb) de la siguiente manera:

$$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Tabla 15. Relación de Bifurcación

	ORDEN			
	1	2	3	4
N	24	6	2	1
Rb	4	3	2	

Fuente. El autor

En la microcuenca de la quebrada La Bella se obtuvieron tres valores parciales de Rb, cuyo valor promedio fue 3, correspondiendo a cuencas de montaña escarpadas y de naturaleza rocosa homogénea. El valor teórico mínimo para Rb

es 2 y Strahler (1974) encontró un valor típico entre 3 y 5 en cuencas donde la estructura geológica no distorsione el patrón de drenaje natural.

Una relación de bifurcación de 3,0 se puede considerar bajo si se considera el rango que asignó Strahler, por lo tanto, aplica lo que dice Sanchez (1991), los índices bajos suelen relacionarse con redes fuertemente ramificadas, lo que repercute directamente ante fuertes precipitaciones en ondas de crecidas rápidas.

11.3.2. Densidad de drenaje (Dd)

La densidad de drenaje expresa las características geocológicas del territorio de la cuenca. Dd se determinó mediante la siguiente fórmula[24]:

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Donde

Dd= Densidad de drenaje

L= Longitud total de las corrientes de agua

A= Área total de la cuenca

$$Dd = \frac{9.083 \text{ km}}{2.035 \text{ Km}^2}$$

$$\mathbf{Dd=4.46 \text{ km}}$$

La microcuenca se considera eficientemente drenada, contando con una red de drenaje densa. Los factores que controlan la densidad de drenaje son: la litología del Sustrato, la permeabilidad del Suelo, la capacidad de infiltración y la cobertura vegetal y tipo de la misma.

Al tratarse de una densidad alta se afirma que la topografía posee pendientes fuertes y que el suelo es fácilmente erosionable y poco permeable.

11.3.3. Pendiente del cauce principal

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde:

S= Pendiente media del cauce

H= Desnivel entre los puntos más elevado y más bajo del cauce

L= Longitud del cauce

$$S = \frac{300 \text{ m}}{3072 \text{ m}}$$

$$S = 0.10$$

La **tabla 16** muestra los valores agrupados en clases.

Tabla 16. Clases de P. Cauce principal

Tabla 12. Clases de valores de pendiente del cauce (grados)	
Rangos de pendiente	Clases
.01-.05	Suave
.06-.11	Moderada
.12-.17	Fuerte

Fuente. Instituto Nacional de Ecología INE.

12. PARÁMETROS QUE COMPROMETEN LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA

Debido a la considerable intervención de procesos antrópicos sobre los componentes medio ambientales del suelo y el agua, se realizaron análisis de muestras de ambos elementos vitales para el sostenimiento de la microcuenca.

Para ver método de obtención de muestras y parámetros analizados, ir a **Metodología**.

12.1. RECURSO HÍDRICO QUEBRADA LA BELLA

12.1.1. Parámetros físico químicos

Basados en los resultados dictaminados por el laboratorio de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira, se obtuvieron los siguientes datos (**Ver Tabla 17**) como representación de los parámetros físicos y químicos de las muestras puntuales captadas en el cauce de la quebrada La Bella (**Ver Anexo E, Plano 3**).

Tabla 17. Parámetros físico - químicos del agua Quebrada La Bella.

ENSAYO	MÉTODO UTILIZADO/ INSTRUCTIVO	INCERT. EXPAN.	UNIDADES	MUESTRA	
				1	2
Ph (T°C)	Potenciométrico	± 0,03	Un	7,63 (22,8°C)	5,92 (23,3°C)
Turbiedad	Nefelométrico	±0,057	NTU	0,92	1,12
Alcalinidad Total	Potenciométrico	±0,92	mg CaCO3/L	19	16
Sólidos Totales	Gavimétrico		mg/L	90	95
DQO	Reflujo Cerrado		mg O2/L	<4	<4
DBO5	Diluciones Winkler		mg O2/L	<2	<2
Coliformes Totales	Filtración por		UFC/ 100 MI	2300	2100
Escherichia coli	Membrana (FM)		UFC/ 100 MI	1800	1900

Para ver informe de resultados ir al **Anexo F. Análisis de aguas y alimentos.**

12.1.2. CAUDAL

Por medio de aforo con trazadores se generó la información pertinente para conocer el caudal total. Para realizarse el procedimiento se eligió una sección

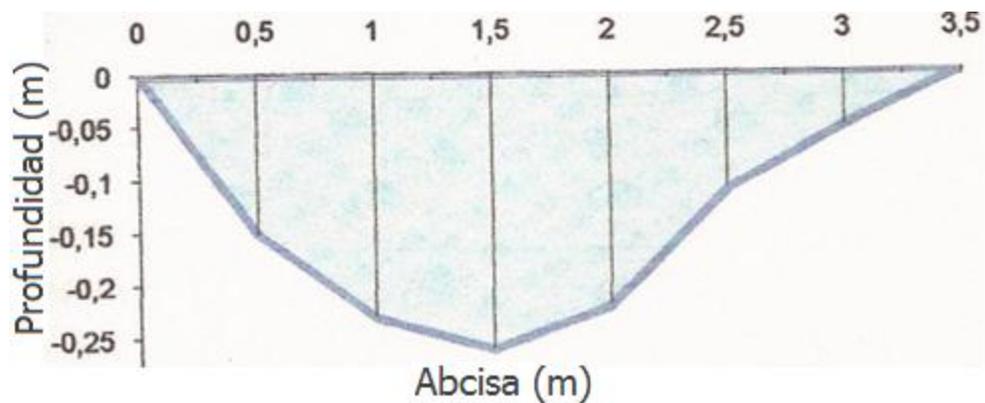
estable (sin erosión ni sedimentación significativa) y se prefirió un lugar estrecho y de geometría no muy discontinúa para evitar cambios bruscos en la ley $H - Q$ ¹⁸.

Tabla 18. Perfil transversal

Abcizado	Profundidad (m)
O (Orilla)	0
$K_0 + 0,50$	0,15
$K_0 + 1$	0,23
$K_0 + 1,5$	0,26
$K_0 + 2$	0,22
$K_0 + 2,5$	0,11
$K_0 + 3$	0,05
$K_0 + 3,5$	0

Fuente. El autor

Gráfico 10. Corte transversal cauce de la quebrada La Bella



Fuente. El autor

- Longitud total (Ancho del río)= 3.50 metros

¹⁸ relación entre las alturas (tirantes) y los caudales.

- **Tiempos de recorridos por los trazadores** (Distancia de recorridos en 10 metros)

$$T_1=7.06 \text{ seg}$$

$$T_2=7.06 \text{ seg}$$

$$T_3=7.06 \text{ seg}$$

$$T_4=7.06 \text{ seg}$$

$$T_5=7.06 \text{ seg}$$

Se eliminaron dos valores extremos

El tiempo medido= $(6.31+6.43+6.32)/3$

$$T_{\text{medio}}= \mathbf{6.35 \text{ seg}}$$

Por lo tanto la velocidad superficial es calculada mediante la siguiente fórmula:

$$V= S/T$$

De donde:

$$V= 10 \text{ metros}/6.35 \text{ seg}$$

$$V= \mathbf{1.57 \text{ seg}}$$

- **Cálculo de áreas**

$$\text{Área de un triángulo} = \frac{b \times h}{2}$$

$$A_1 = \frac{0.50 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}}{2}$$

$$\mathbf{A_1=0.0375 \text{ m}^2}$$

$$\text{Área de un trapecio} = \frac{(B+b) \times h}{2}$$

$$A_2 = \frac{(0.23 \text{ m} + 0.15 \text{ m}) \times 0.5 \text{ m}}{2} \quad \mathbf{A_2 = 0.095 \text{ m}^2}$$

$$A_3 = \frac{(0.26 \text{ m} + 0.23 \text{ m}) \times 0.5 \text{ m}}{2} \quad \mathbf{A_3 = 0.1225 \text{ m}^2}$$

$$A_4 = \frac{(0.26 \text{ m} + 0.22 \text{ m}) \times 0.5 \text{ m}}{2} \quad \mathbf{A_4 = 0.12 \text{ m}^2}$$

$$A_5 = \frac{(0.22 \text{ m} + 0.11 \text{ m}) \times 0.5 \text{ m}}{2} \quad \mathbf{A_5 = 0.0825 \text{ m}^2}$$

$$A_6 = \frac{(0.11 \text{ m} + 0.05 \text{ m}) \times 0.5 \text{ m}}{2} \quad \mathbf{A_6 = 0.04 \text{ m}^2}$$

$$\text{Área de un triángulo} = \frac{b \times h}{2}$$

$$A_7 = \frac{0.50 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}}{2} \quad \mathbf{A_7 = 0.0125 \text{ m}^2}$$

Área total: 0.51 m²

Para calcular caudales es necesario a la velocidad restarle el 15% para ser factor multiplicador del área (A₁ Y A₇), con este se espera compensar la cantidad de obstáculos que pueda presentar la corriente en sus orillas. [26]

$$V = 1.57 \text{ m/seg} \times 0.15 = 0.2355 \text{ m/seg}$$

$$V = 1.57 \text{ m/seg} - 0.2355 \text{ m/seg} = 1.3345 \text{ m/seg}$$

$Q_1 = 0.0375 \text{ m}^2 \times 1.3345 \text{ m/seg}$	$Q_1 = 0.05 \text{ m}^3/\text{seg}$
$Q_2 = 0.095 \text{ m}^2 \times 1.57 \text{ m/seg}$	$Q_2 = 0.15 \text{ m}^3/\text{seg}$
$Q_3 = 0.1225 \text{ m}^2 \times 1.57 \text{ m/seg}$	$Q_3 = 0.19 \text{ m}^3/\text{seg}$
$Q_4 = 0.12 \text{ m}^2 \times 1.57 \text{ m/seg}$	$Q_4 = 0.18 \text{ m}^3/\text{seg}$
$Q_5 = 0.0825 \text{ m}^2 \times 1.57 \text{ m/seg}$	$Q_5 = 0.13 \text{ m}^3/\text{seg}$
$Q_6 = 0.04 \text{ m}^2 \times 1.57 \text{ m/seg}$	$Q_6 = 0.06 \text{ m}^3/\text{seg}$
$Q_7 = 0.0125 \text{ m}^2 \times 1.3345 \text{ m/seg}$	$Q_7 = 0.02 \text{ m}^3/\text{seg}$

$$\Sigma Q_T = 0.79 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El caudal que presenta la quebrada La Bella en este aforo se considera alto, aunque se debe tener en cuenta que en algunas visitas de campo se observaron niveles de agua muy mínimos, donde el caudal seguramente poseía un valor inferior.

12.2. SUELO MICROCUENCA LA BELLA

Para verificar el estado del suelo se recurrió al laboratorio de análisis químico de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira, que entregó la siguiente información como el balance de las muestras examinadas (**Ver Anexo E, Plano 3**).

Tabla 19. Informe de ensayo suelos

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g suelo				partes por millón						meq/ 100 g de suelo	mmhos/cm	Textura	
			N	M.O	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		C.E
295	CUENCA BAJA	5.6	0.28	6.4	0.5	4.8	1.2	***	1	67	21	3	3	0.39	6	24	0.058	Arcillosa arenosa
296	CUENCA ALTA	5.5	0.35	8.5	0.29	0.9	0.4	***	1	134	14	2	4	0.36	7	3	0.055	Franco Limoso

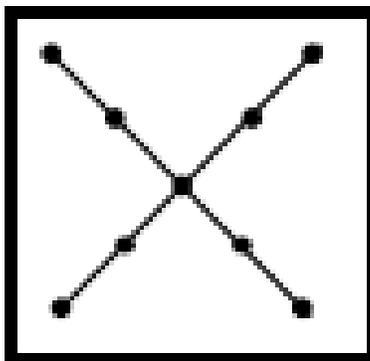
RELACIONES

#Registro	(K:Ca:Mg)			Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Reten. Humedad (1/3 atm)	Retención Humedad (15 atm)
295	1	10	2	2.4	4.1	9.6	2.9	3.7	13.2	0.91	2.3	61	47	32
296	1	3	1	1.3	2.5	3.2	1.4	4.9	14	0.78	2.2	65	55	38

Para ver informe completo ir al **Anexo F. Análisis de suelos y foliares.**

Las muestras para hacerlas representativas de la microcuencia fueron tomadas en diversos puntos por medio de diagonales (**Ver Figura 78**) de manera homogénea siguiendo el proceso indicado en la metodología. [20]

Figura 90. Ordenanza de muestras



Fuente. Interpretación de suelos. La rioja.

CAPÍTULO VI

13. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

13.1. INTERPRETACIÓN DEL DIAGNÓSTICO

13.1.1. Calidad del agua

En base a definir las condiciones del agua perteneciente a la quebrada La Bella, se comparó el resultado de los parámetros analizados en laboratorio con los dictaminados por las normas colombianas.

La calificación del líquido se cumplió bajo las medidas de la resolución número 2115 del 22 de junio del 2007 y del decreto 1594 de 1984, derogado por el decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 salvo el artículo 20 y 21. Sin embargo, los artículos citados para la comparación, son cobijados por el artículo 76 del nuevo decreto, el cual fijó un régimen de transición legal que los deja transitoriamente vigentes. De esta manera. Los datos a comparar son:

Comparación de parámetros siguiente página

Tabla 20. Comparación parámetros del agua

ENSAYO	UNIDADES	MUESTRA		VALORES ACEPTABLES
		1	2	
Ph (T°C)	Un	7,63 (22,8°C)	5,92 (23,3°C)	≥ 5 y ≤ 9
Turbiedad	NTU	0,92	1,12	≤ 5
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	19	16	200
Sólidos Totales	mg/L	90	95	1000
DQO	mg O ₂ /L	<4	<4	4
DBO ₅	mg O ₂ /L	<2	<2	2
Coliformes Totales	UFC/ 100 MI	2300	2100	0
Escherichia coli	UFC/ 100 MI	1800	1900	0

Fuente. El autor

Contemplando la quebrada como un recurso potable por pertenecer a una reserva natural, el cotejo de los valores del agua se calificó desde un punto de vista admisible para la destinación del recurso para consumo humano. Es por ello que los coliformes totales y el E-Coli fueron comparados con parámetros aceptables tan estrictos; que por cierto, es claro el número de microorganismos que existen en ambas muestras, afirmando una intervención ascendente de heces fecales de humanos y animales sobre el recorrido de la quebrada.

Por otro lado, los parámetros de Ph presentan una calificación buena en la muestra 1 y excelente en la 2, turbiedad, alcalinidad total, sólidos totales, DQO¹⁹ y

¹⁹ Demanda química de oxígeno.

DBO₅²⁰ cumplen de manera sobresaliente con los criterios de calidad admisible para agua consumible.

Con base a lo anterior, se establece el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, apoyado en lo establecido por IRCA Básico: Según cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007.

Para conocer cuadro de puntaje de riesgo ver **Anexo I**.

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{40}{78.5} \times 100$$

$$\text{IRCA (\%)} = 50.96$$

Tabla 21. IRCA

Ensayos	8	Clasificación IRCA	50.96 %	Nivel de riesgo	Alto
----------------	---	---------------------------	---------	------------------------	------

En cada ensayo abarcó diferentes parámetros para su respectivo análisis.

Según lo determinado en la **Tabla 21**, el agua tiene un impacto considerable en cuanto a destinación directa para consumo humano. El nivel de riesgo en el que se ubica en el IRCA, la describe así: Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.

²⁰ Demanda bioquímica de oxígeno medida 5 días después de reacción.

En cuanto a las amenazas naturales, hay considerable participación de la zona, debido al relieve, la relación de bifurcación (Rb) y la precipitación que repercute directamente en las avenidas de la quebrada la Bella, alterando los caudales predispuestos a generar trastornos. Las partículas suspendidas que logran depositar los deslizamientos al cauce de la quebrada, ayudan a la adhesión de metales, compuestos orgánicos y pesticidas; además forman turbiedad en el agua, absorben calor del sol, permitiendo que las aguas se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno²¹ en el agua.

De acuerdo a la toma de muestras, ambos lugares fueron elegidos estratégicamente para poder formalizar una comparación entre los tramos de la quebrada. La primera toma se hizo antes de la rejilla de alimentación del acueducto para conocer en qué estado es captado el líquido. No obstante, la segunda toma se realizó aguas arriba donde se presume que no deberían existir alteraciones, y más si la muestra fue sacada cerca del nacimiento. Pero en la **tabla 20** se detalla que en ambas muestras se manejan valores semejantes, teniendo en cuenta que la muestra 1 por ser tomada en la zona baja presentaría parámetros más altos que la muestra 2, La cual tuvo valores no esperados acordes al punto de muestreo escogido en la cuenca alta.

13.1.2. Calidad del Suelo

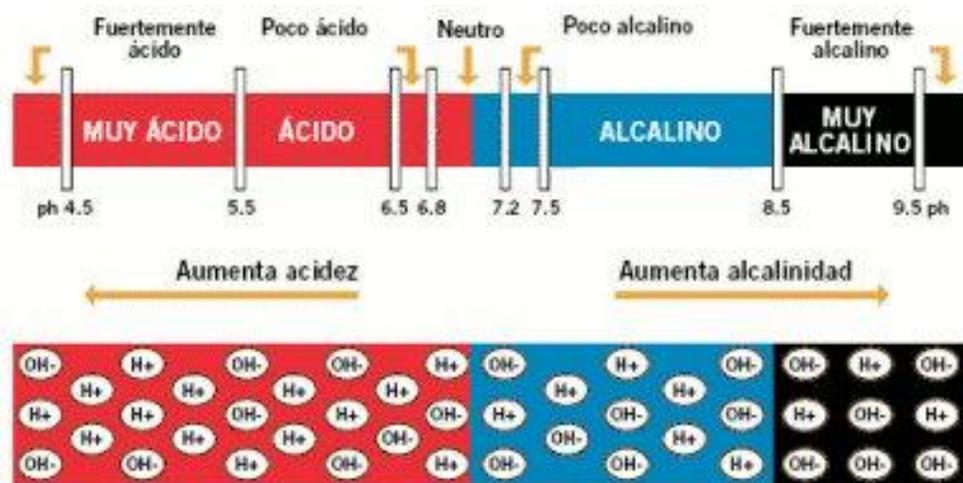
Se formó una comparación de resultados a partir de las tablas interpretadas en el **Anexo I**. En algunos casos hubo la necesidad de convertir meq/100g de suelo a ppm²² para ser equitativos las unidades de ambas fuentes. Interpretando el informe de resultados de las propiedades y elementos nutritivos esenciales para un desarrollo eficaz del suelo, se detalló lo siguiente:

²¹ El oxígeno tiene mejor comportamiento de disolución mientras el agua sea más fría.

²² Partes por millón. Para la conversión se equivalió 1 meq/100g a 390 ppm.

Una de las determinaciones más frecuentes para conocer el estado del suelo es el pH. Las muestras analizadas de la cuenca alta y baja poseen un pH ácido (**Ver gráfico 10**), siendo los suelos ácidos y muy ácidos no adecuados para el correcto desarrollo de los cultivos, ya que reduce el crecimiento de las plantas y favorece el exceso de Al y Mn en la solución del suelo lo que resulta tóxico para la vegetación. Ocasiona disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como Ca, Mg, K y P, justificado con el informe de resultados del laboratorio.

Gráfico 11. Clasificación de los suelos por su pH



Fuente. Cales y carbonatos agrícolas. GALICAL.

Para deducir el estado del suelo se debe conocer la situación de sus macroelementos, tratándose del nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K). Al no concurrir cambios bruscos de temperatura en la microcuenca el nitrógeno se encuentra en una proporción correcta, a pesar de ser alto se ubica entre el 0.2 y 0.5%, favoreciendo el crecimiento vegetativo, suministrándole color verde a las hojas y gobierna en las plantas el uso de K, P y otros. El fósforo y el potasio si presenta un nivel bajo debido a la acidez del suelo, lo que puede incluir retrasos en el crecimiento de la planta, coloración púrpura oscura de las hojas más viejas, retraso en el crecimiento de las raíces y el florecimiento.

En los medioelementos del suelo el calcio (Ca), azufre(S) y magnesio (Mg) por el pH reflejaron una baja disponibilidad, mientras que el boro (B) presentó buena proporción y el cobre (Cu) alta cantidad. El bajo Mg amplía la susceptibilidad de la planta a enfermedades y el bajo S concibe una formación de frutos incompleta.

Como microelementos aparecen el hierro (Fe), el Manganeseo (Mn) y el Zinc (Zn). Ambas muestras presentó alta cantidad de Fe gracias al aporte de materia orgánica, importante para determinar la formación de estructura. Así mismo, el Mn demostró alto contenido debido al tipo de pH, lo cual es bueno para regular el pH, fomentar la absorción y transporte de fósforo, además le imparte a las plantas resistencia al ataque de enfermedades; pero se debe tener cuidado de acumulaciones debido a que es tóxico para cultivos. Mientras que el Zn notó una presencia baja, amenazando las hojas en caerse.

La materia orgánica presenta un buen porcentaje debido a costumbres por parte de los pobladores de abonar con excreta (**Ver tabla 22**), lo cual influye positivamente en todas las propiedades del suelo, tanto en físicas, químicas y biológicas. Aportando a la conductividad eléctrica (C.E.) que presentó un análisis en ambas muestras entre el intervalo 0 – 2 mmhos/cm, equivalente a suelos normales ya que no son salinos.

Tabla contenido de nutrientes siguiente página

Tabla 22. Contenido de nutrientes (sobre materia total) de varias materias orgánicas y minerales

	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (% N)	Fósforo (% P ₂ O ₅)	Potasio (% K ₂ O)	Calcio (%CaO)	Magnesio (% MgO)
Estiércol mezcla	40	0,50	0,10	0,60	0,50	0,40
Estiércol ovino	45	1,40	0,20	1,00	0,58	0,18
Compost vegetal	47	1,50	0,80	1,00	1,00	0,90
Humus Lombriz	50	2,00	1,50	1,00	2,00	1,00

Fuente. La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. SEAE.

En cuanto a la porosidad, el rango mínimo que un suelo debe tener para permitir un buen desarrollo es 45% en suelos pesados y 35% en suelos ligeros. El suelo analizado supera cómodamente el 45%, tratándose de una porosidad capaz de generar infiltraciones grandes y una percolación media, lo suficiente equilibrada para dar un soporte adecuado.

La cuenca alta presentó un suelo franco limoso, caracterizándose estas texturas francas, en términos generales, como las más adecuados para la práctica de la agricultura. Por otro lado, la cuenca baja mostró una textura arcillosa arenosa, la cual presenta grietas al secarse debido a su pesadez y compactación, siendo poco deseable para la práctica de agricultura.

Los impactos naturales también aparecen en el suelo, el desnivel de 300 metros comprendidos en una corta distancia, que junto con la intensidad de la red de drenaje pronostican presentar como procesos geodinámicos, la denudación – deposición. Mientras que el saprolito profundo y el moderado fracturamiento de las rocas forman los requisitos para que la microcuenca presente un alto potencial a

generar ciertos procesos erosivos. Los diferentes deslizamientos generan represamientos y posteriormente avalanchas, desarrollando la erosión aguas abajo afectando la tierra designada para cultivos, sufriendo las poblaciones actuales, y si no se toman medidas sobre los puntos críticos, las poblaciones futuras también se afectarán.

13.1.3. Calidad del aire

Teniendo en cuenta que en el proyecto, los componentes medio ambientales oficiales para ser evaluado son el agua y el suelo, para el aire se concibió un pronóstico del estado actual. Para apreciar la calidad, se analizó teniendo en cuenta las actividades antrópicas que se dan en la microcuenca. Identificando los focos de contaminación responsables en su deterioro, se detectaron los siguientes:

Fuentes fijas:

- **Mantenimiento de sistemas sépticos**

La falta de limpieza de tratamientos de aguas individuales contribuye a la generación de olores ofensivos en la zona y a la proliferación de enfermedades por presencia de vectores.

- **Disposición de residuos**

En especial las actividades porcícolas, avícolas y agrícolas son las encargadas de exponer residuos a cielo abierto, aumentando el riesgo de contaminación en la atmósfera.

- **Plaguicidas**

La evaporación de algunos químicos expuestos al aire libre contamina el ambiente.

- **Quemas**

Algunos pobladores se deshacen de sus basuras por medio de la quema, presumiendo que de esta manera le hacen un bien al ecosistema. Esta actividad degrada la calidad del aire por medio de emisiones de gases que genera la combustión, tales como Óxidos de Nitrógeno, óxidos de carbono y metano.

Fuentes Móviles

Gran parte de la microcuenca posee un terreno montañoso, donde no existen caminos viales y la única manera de acceder es caminando o en bestias. Por otro lado, las carreteras que se encuentran son de orden terciario y no presentan un alto flujo vehicular, escasamente el necesario para cumplir las funciones cotidianas las cuales son atendidas por vehículos de baja carga que no emiten alto contenido de emisión de gases, a excepción de la chiva que transcurre cada hora por la línea perimetral de la microcuenca y el carro de basuras dos veces por semana. Por lo tanto, este factor no es tomado en cuenta para estimar la calidad del aire.

13.1.4. Estado de la biota

Teniendo en cuenta que la flora y fauna pueden ser amenazadas por procesos naturales y antrópicos, en la microcuenca los factores que más condicionan la biota son los que causa el hombre.

La erosión de laderas por acciones naturales, fomenta la pérdida de bosque protector de la quebrada La Bella, por consiguiente, dificulta la permanencia de la flora en estos lugares. De otro lado, los distintos deslizamientos y la turbidez que concibe en el agua, pone en riesgo algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente. De igual forma, si a un futuro no se atienden los procesos socio naturales activos o se llegan a agudizar, es muy probable que las acciones naturales aumenten y ocurra una alteración de hábitad considerable.

La contaminación es el enemigo más directo que tiene las especies animales, vegetales y los microorganismos de la microcuenca. Los diferentes residuos provenientes de actividades agrícolas, pecuarias, porcícolas, ganaderas y sistemas familiares, generan en el suelo y agua la variación del pH, exceso o disminución de nutrientes, cargas orgánicas y patógenos fecales. Esta serie de impactos imposibilita el crecimiento de varias especies vegetales, por las sustancias químicas que alteran los procesos vitales para las plantas y brindan componentes contaminados a la fauna.

Otra causa a tener en cuenta es la deforestación, la idea de conseguir terrenos libres para diferentes siembras y obtener madera con fines económicos, provoca la destrucción del hábitad de animales y por ende, su exterminio. Igualmente, erradica la flora de la franja intervenida, concibiendo perjuicios que no son mitigados por la población.

13.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO

13.2.1. Causas de riesgo

En los componentes medio ambientales valorados en el proyecto, son evidentes los distintos impactos que residen sobre ellos y comprometen la conservación de la microcuenca hidrográfica La Bella. Con el fin de proponer obras y acciones preventivas y de mitigación contra las problemáticas, se han ubicado las diferentes causas de riesgo entre los factores más representativos de alteraciones.

Factor agua: Vertimientos de actividades agrícolas, porcícolas, pecuarias y ganaderas.

Contaminación por deslizamientos y erosión

Pérdida de bosque protector del cauce

Arrojo de basuras a la quebrada

Descargas de aguas negras directas e indirectas

Plaguicidas

Factor suelo: Vertimientos de actividades agrícolas, porcícolas, pecuarias y ganaderas

Desestabilidad del suelo por brechas adoptadas en cultivos

Descargas de aguas negras

Deslizamientos

Plaguicida

Erosión

Factor aire: Instrucción sobre mantenimiento de sistemas sépticos

Disposición de residuos

Monóxido de carbono

Plaguicidas

Quemas

Ruido

Factor flora y fauna: Pérdida de bosque por actividad humana

Contaminación del agua, suelo y aire

Deslizamientos y erosiones

Factor paisaje: Distorsión del paisaje natural

Decadencia de reservas

Factor infraestructura: Infraestructura hidráulica

Red de saneamiento

Red de abastecimiento

Factor territorio: Pérdida o desgaste de zonas verdes-pastizales

Cambio de uso de tierra

Factor cultural: Falta de sentido de pertenencia por la microcuenca

Escasa educación ambiental en los centros pedagógicos de la

Zona

Factor humano: Calidad de vida

Salud e higiene

Crecimiento demográfico descontrolado

13.2.2. Tipos de riesgo

Se agruparon las causas de la misma índole para evaluar los distintos tipos de riesgo. Se debe precisar que algunas causas no fueron asociadas, esto se debe a que la solución de otras problemáticas conlleva a resolverlas.

- **Fenómenos remoción en masa (Amenaza natural)**

Pérdida de bosque protector del cauce.

Deslizamientos.

Erosiones.

- **Contaminación por residuos (Amenaza antrópica)**

Este coeficiente va altamente relacionado con la salud e higiene de la comunidad.

Vertimientos de actividades agrícolas, porcícolas, pecuarias y ganaderas.

Descargas de aguas negras directas e indirectas al suelo y agua.

Disposición de residuos al aire libre.

Arrojo de basuras a la quebrada.

Decadencia de reservas.

Monóxido de carbono.

Plaguicidas.

Quemas.

- **Deforestación (Amenaza antrópica)**

Pérdida de bosque general por actividad humana.

- **Alteración del suelo (Amenaza antrópica)**

Desestabilidad del suelo por brechas adoptadas en cultivos.

Pérdida o desgaste de zonas verdes-pastizales.

Crecimiento demográfico descontrolado.

Distorsión del paisaje natural.

Decadencia de reservas.

Cambio uso de tierra.

- **Impacto socio – ambiental (Amenaza antrópica)**

Poca educación ambiental en los centros pedagógicos de la zona.

Instrucción sobre mantenimiento de sistemas sépticos.

Falta de sentido de pertenencia por la microcuenca.

13.2.3. Evaluación total

En base a establecer la valoración de las amenazas naturales y antrópicas de la microcuenca La Bella, se tomó de apoyo el seminario en educación ambiental III a cargo del área de maestría en educación ambiental y desarrollo sostenible elaborado para la USC²³.

De acuerdo al grado de peligro y de intervención que sustentó cada amenaza sobre la microcuenca, se conceptúan de manera cómo se ilustra en la **tabla 23** y enseguida, se realiza una calificación cuantitativa de los elementos.

Tabla 23. Valoración del sistema a calificar

VALORACIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
1	2	3

²³ Universidad Santiago de Cali.

Tabla 24. Calificación de amenazas

Microcuenca de la quebrada La Bella	AMENAZAS NATURALES	AMENAZAS ANTRÓPICAS				TOTAL
	Fenómenos remoción en masa	Deforestación	Contaminación por residuos	Impacto socio- ambiental	Alteración del suelo	
	2	2	3	1	3	11

Tabla 25. Evaluación general

EVALUACIÓN GENERAL	
GRADO	AMENAZA
1 a 5	Baja
6 a 11	Media
12 a 17	Alta

Los parámetros de evaluación fueron fijados en relación con el estudio de amenazas desarrollado por el área de educación ambiental de la universidad Santiago de Cali

Para una evaluación final, se ubica la sumatoria total (11) en la **tabla 25**, estableciéndose que el nivel de amenaza para la microcuenca de la quebrada La Bella es medio.

CAPÍTULO VII

14. ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN ACTUALES EN LA MICROCUENCA

14.1. Preámbulo

Las estructuras de protección observadas sobre el cauce de la Quebrada La Bella, fueron construidas aguas abajo de la Bocatoma para el acueducto del sector denominado Charcohondo, con el fin de brindar seguridad al canal de aducción Nuevo Libaré, la frecuencia recurrente de lluvias cada vez más intensas, y teniendo en cuenta que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado S.A. ESP de Pereira actualmente solamente cuenta con el sistema de aducción Canal Nuevo Libaré, han potencializado los riesgos de este canal por las intensas y prolongadas precipitaciones que han variado las propiedades mecánicas del suelo produciendo deslizamientos en laderas adyacentes al canal y en cuencas de drenajes que lo atraviesan. El exceso de lluvias ha incrementado presiones no esperadas en el canal, ha acelerado procesos de oxidación, carbonatación y abrasión del concreto, además ha desestabilizado la interacción suelo-estructura, exigiendo culminar las obras de mitigación, prevención y estabilización previstas inicialmente desde el 2003.

El canal Nuevo Libaré entró en operación en 1994, sacando del servicio al canal San José el cual funcionaba desde 1936. Esta conducción transporta el agua cruda desde la bocatoma hasta la planta de tratamiento para el abastecimiento de las ciudades de Pereira y Dosquebradas, tiene una longitud aproximada de 3.5 km y una sección interna de 2m x 2m.

14.2. Tipos

Sobre las márgenes de la quebrada, aguas abajo de la Bocatoma del sector Charcohondo se observaron las siguientes obras.

14.2.1. Muros de protección

Son los que se destinan a resistir el empuje de tierras o aguas, pueden ser de: piedra, ladrillo, tierra, concreto con refuerzo y concreto sin refuerzo. De todos los mencionados anteriormente, el muro de concreto reforzado es el único que no trabaja por gravedad. Los utilizados en las obras de mitigación de la quebrada a tratar en la práctica fueron muros reforzados previamente diseñados, con una altura que según el requerimiento de la quebrada son entre 2,0 m y 4,0 m de altura.

En total son 5 muros existentes para proteger las laderas del cauce, los cuales son:

a) Muro en concreto

Figura 91. Muros de contención en concreto



Fuente. Autor

Ubicación: E=1158629.17 y N=1020962.2

b) Muro en gavionería

Figura 92. Muro en gavionería



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158619.56 N=1020948.46

c) Muros en concreto

Figuras 93 y 94. Muro de contención en concreto



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158650.15 N=1020899.00

d) Muro en concreto

Figura 95. Muro de contención en concreto



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158628.33 N=1020803.49

e) Muro en concreto

Figura 96. Muro de contención en concreto



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158577.45 N=1020764.81

14.2.2. Disipadores de energía

Son utilizados para reducir la fuerza de las caídas de agua o cambios bruscos de pendiente sobre el lecho de la quebrada, son estructuras hechas en concreto, en forma de escalas a 90 grados y a 45 grados.

Sobre el tramo se detectaron 7 estructuras disipadoras, localizadas así:

a) Disipador vertical a escala

Figuras 97 y 98. Disipadores verticales a escala



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158651.11 N=1020881.81

b) Disipador (Inclinado a 45°)

Figuras 99 y 100. Disipadores inclinado a 45°



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158657.20 N=1020876.07

c) Disipador (Inclinado a 45°)

Figura 101. Disipador inclinado a 45°



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158643.00 N=1020825.00

d) Disipador (Inclinado a 45°)

Figura 102. Disipador inclinado a 45°



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158605.62 N=1020792.55

e) Disipador (Inclinado a 45°)

Figuras 103 Y 104. Disipador inclinado a 45°



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158569.73 N=1020772.10

f) Disipador (Inclinado a 45°)

Figura 105. Disipador inclinado a 45°



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158496.30 N=1020666.00

g) Disipador (Inclinado a 45°)

Figura 106. Disipador inclinado a 45°



Fuente: El autor

Ubicación: E=1158494.63 N=1020628.96

14.3. Estado de las obras

Para evaluar las estructuras de protección de laderas, se estudió su estado y función, con el fin de saber si todavía ofrecen servicio o son obsoletas.

La estructura (d) diseñada en gavión con malla hexagonal o de torsión (**Ver foto 95**), presenta corrosión²⁴ en sus alambres; debido al contacto permanente con el agua de la quebrada La Bella, que en este punto obtuvo la contaminación más alta del informe, acogiendo sustancias químicamente corrosivas (pH) que atacan la malla del gavión, corroyendo el zinc que recubre el tejido.

Una forma viable y no costosa de resolver este problema, es recubrir en concreto la zona gavionada que más interacción tiene con el agua. A pesar de que la

²⁴ Interacción de un metal con el medio que lo rodea, perjudicando las propiedades físicas y químicas.

estructura exhibe problemas de desgaste no muestra abrasión²⁵, debido al poco sedimento que hasta el momento presenta la quebrada.

Figura 107. Alambre de torsión



Fuente. El autor

En cuanto al cosido y el refuerzo, la estructura presenta inconvenientes. En la parte superior izquierda el muro sufre una pérdida de material de relleno a través de un rompimiento de la malla (**Ver fotos 108 y 109**). Es probable que el cosido se haya realizado con un calibre muy pobre y este falló. Contemplando las dimensiones y el material del gavión, las canastas requieren de un nuevo cosido con alambre número 13, y para evitar futuras fallas cometer un refuerzo con alambre de un diámetro mayor para obtener más resistencia (calibre 10). [12]

Figuras 108 y 109. Daños en estructura de protección



Fuente. El autor

²⁵ Desgaste por aguas que transportan depósitos.

Este muro en gavionería conserva una buena posición, la pata no está levantada e indica que su proceso de llenado, el cálculo del peso, la porosidad trabajada, los tirantes usados y el cocido, se calcularon correctamente.

En cuanto a las estructuras (a, c, d y e), por ser gaviones revestidos en concretos y tener mayor durabilidad y resistencia, no presentar percances relacionados con desgaste por factores externos. Aunque esta gavionería es más sensible a asentamientos, las estructuras presentan la misma posición de diseño y no muestran socavación en las patas. **(Ver foto 110 y 111)**. Así también, es común que por sus revestimientos en concreto pierdan más fácil su flexibilidad, en las 4 obras visitas no se hallaron agrietamientos considerables que impacten la vida útil de las estructuras.

Figuras 110 y 111. Patas de gaviones revestidos



Fuente. El autor

Los muros de protección, en general se encuentran en un buen estado. A pesar que fueron construidos varios años atrás, los impactos a prevenir no han crecido y las obras todavía cumplen con el objetivo de diseño, sin tener que ser reestructuradas por acrecentamiento del problema.

Por otra parte, los disipadores de energía inclinados a 45 grados presentaron socavación en el empalme final muy seguramente a la erosión que repercute en ese punto **(Ver figura 112)**.

Figura 112. Socavación en disipador de energía



Fuente. El autor

Para este tipo de inconvenientes, se puede realizar un enrocado en la parte inferior de los disipadores. El enrocado deberá ser armado con rocas sólidas, sanas, duras y con un peso determinado, trabajándose con un material bien gradado.

Fue común observar pequeñas cavidades sobre la superficie de las estructuras (Picaduras), que en realidad son averías muy mínimas producto de la corrosión estándar asumida por obras hidráulicas. Igualmente, reflejan fallas finas (menores a 1 mm) que no comprometen las estructuras, pero si requieren un seguimiento en un futuro, con el fin de observar su velocidad de ramificación y ensanchamiento. Otros factores, como distorsión, eflorescencia e incrustaciones no se registraron.

CAPÍTULO VIII

15. PROPUESTA DE OBRAS Y ACCIONES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA LA BELLA

Este trabajo de investigación contiene un diagnóstico cuyo fin, se basó en determinar el funcionamiento y estado general de la microcuenca hidrográfica La Bella; identificando las potencialidades y problemáticas de ella, las cuales repercuten en la conservación del sistema.

Partiendo de este análisis se expondrán diferentes propuestas viables para prevenir y mitigar impactos negativos que ocurren en la zona estudiada. Las distintas soluciones que se presentarán no sólo tratarán campos como el biótico, hidrológico, y geotécnico; también analizarán el factor social, alcanzando de esta manera el objetivo general del proyecto.

Como plan de conservación y manejo de la microcuenca de la Quebrada La Bella, en el cumplimiento de este propósito se desarrollaran las siguientes actividades:

15.1. PROGRAMA DE GESTIÓN SOCIAL

Obedeciendo al diagnóstico elaborado, se concluye que las problemáticas sociales que deben ser atendidas por tener incidencia en la conservación de la microcuenca son las siguientes:

a. Mal manejo de residuos sólidos

A pesar de que la empresa ATESA DE OCCIDENTE S.A. presta dos rutas a la semana con el carro recolector (**Ver anexo A, entrevista 5**), en las diferentes visitas realizadas a la quebrada La Bella se observaron residuos sólidos. Se debe tener en cuenta que si la quebrada tiende a ser un destino de basuras, aparte de atender la calidad del agua y afectar la salud de la población, se pueden presentar represamientos y de esta manera alterar el cauce.

b. Aguas residuales

El Análisis al que se sometió la microcuenca detalla las distintas formas en que las aguas residuales invaden el suelo y la fuente hídrica de la zona. Estas aguas aumentan la humedad del suelo, alterándolo y convirtiéndolo más erosionable y frágil; amenazando de esta manera a la población, por medio de la contaminación y posibles derrumbes.

c. Fumigaciones

Este es otro factor que coloca en riesgo la salud de la comunidad y la microcuenca, no sólo por procesos de fumigación en donde los químicos son transportados por medio del aire; también por las acciones cotidianas que se efectúan para el manejo de plaguicidas y recipientes, las cuales generan el vertimiento de químicos a vertientes hídricas y al suelo, generando una comprometida contaminación.

d. Mal uso del suelo

En primera instancia se debe al crecimiento poblacional que ha surgido en los últimos años; realidad que implica mayor provecho de los recursos naturales, y a su vez incremento del número de cultivos.

Esta situación ha conseguido generar varios efectos negativos, como desplazar zonas protectoras de bosque por cultivos, aumentando la deforestación y desprotegiendo los cauces hídricos; ubicar diferentes siembras en terrenos muy empinados donde el suelo es muy inestable y se aumenta el riesgo de sufrir deslizamientos, que a la vez van a causar alteraciones en el curso del agua por posibles obstrucciones.

e. Falta de conocimiento por parte de la población de la importancia de la microcuenca

Alrededor del 80% de la comunidad desconocen la importancia del entorno que los rodea (**Ver Anexo D. Encuestas**), debido al poco conocimiento que tienen para evaluar el valioso sistema microcuenca que aún poseen. Aunque empresas prestadoras de servicios han gestionado capacitaciones, todavía no hay cultura de conservación, quizás por el bajo índice que reflejan las encuestas, de personas que no acuden a las charlas.

Realizando un proceso en donde se informe y se eduque a la comunidad acerca de lo importante que es la microcuenca y su conservación, se lograría concientizar a la población de la necesidad que existe en que cambien sus actos.

De acuerdo a las problemáticas sociales identificadas, a continuación se formularán las propuestas para evitar y mitigar las diferentes amenazas.

15.1.1. Proyecto de saneamiento básico

FICHA N° 1 Manejo de residuos sólidos

OBJETIVO

Crear un documento educativo que exponga los impactos ambientales generados por el inadecuado manejo de residuos sólidos, socializándolo con la comunidad y haciendo crear consciencia de la importancia en mejorar las prácticas cotidianas.

LOCALIZACIÓN

Veredas El Porvenir, Morrón y Estrella Morrón, lugares donde se presenciaron basuras.

CAMBIOS A GENERAR

- Falta de conocimiento por parte de la comunidad respecto al perjuicio que genera las basuras para la conservación de la microcuenca.
- Costumbres en cuanto al manejo de basuras.
- Falta de estrategias de reciclaje en las veredas Morrón y La estrella Morrón.

ACTIVIDADES

- Taller interactivo: Reconocimiento de la problemática por parte de la población
- Documento educativo: Impactos ambientales
 - Acción de residuos sólidos en las laderas
 - Contaminación del recurso hídrico
 - Enfermedades
- Documento de capacitación: Manejo adecuado de basuras
 - Reciclaje: Significado y beneficios

Áreas de compostaje

Entierro de basura

- Plan de reciclaje: Casetas de recolección morrón y estrella morrón

DETALLES

En la ficha N°1 sobre sus actividades planteadas, se especifica la del plan de reciclaje. La propuesta trata de implementar el mismo mecanismo de reutilización que emplea la vereda el Porvenir con los residuos sólidos, tales como plástico, papel y cartón. El sistema consta de casetas recicladoras a cargo de empresas prestadoras de servicios relacionadas con el tema, las cuales cambien elementos reciclables por productos de la canasta familiar (Arroz, panela, azúcar, entre otros). En la vereda Morrón hay parte del trabajo adelantado, en su área fue iniciada la construcción de una caseta **(Ver foto 99)**, que por motivos desconocidos fue abandonada la obra, sin prestar ningún servicio en el momento.

Figura 113. Caseta vereda Morrón



Fuente. El autor

FICHA N°2 Manejo de aguas residuales

OBJETIVO

Proyectar un programa que consiga disminuir en la zona problemas de contaminación generados por aguas residuales mal tratadas.

LOCALIZACIÓN

El plan comprende viviendas relacionadas con las siguientes condiciones:

- Domicilios que carecen de sistemas de tratamientos.
- Sistemas familiares que realicen actividades inadecuadas de limpieza y funcionamiento del sistema séptico.
- Hogares que generen sobredemanda a sistemas de tratamientos de aguas residuales.

Ver el **Anexo E, Plano 8** para observar la ubicación de cada vivienda.

CAMBIOS A GENERAR

- Viviendas sin tratamientos de aguas residuales.
- Colapso de sistemas sépticos por sobredemanda de usuarios.
- Desconocimiento de la comunidad en cuanto al mantenimiento adecuado que deben recibir el sistema.
- Efectos adversos a la salud humana y cuerpos de agua por agentes contaminantes.

ACTIVIDADES

- Diseñar sistemas sépticos para viviendas que estén sobrecargando las cajas o que aún no cuenten con tratamiento de aguas negras.
- Elaborar cartillas de mantenimiento e inspección de sistemas sépticos.

DETALLES

Ver **CAPÍTULO IX**

FICHA N°3 Mitigaciones de impactos producidos por plaguicidas

OBJETIVO

Desarrollar un plan pertinente para sensibilizar a la comunidad agricultora sobre el manejo adecuado de agro productos.

LOCALIZACIÓN

Debido a la extensa área que abarcan los diferentes cultivos, este plan se realizará con toda la población de la microcuenca.

CAMBIOS A GENERAR

- Desconocimiento de la comunidad en cuanto a los peligros para la salud generados por fumigaciones inadecuadas.
- Escasa noción de los pobladores frente a impactos ambientales causados por químicos y labores para prevenirlos.
- Prácticas incorrectas de almacenamiento, manipulación y aplicación de plaguicidas.

ACTIVIDADES

- Documento informativo: Efectos negativos del uso de plaguicidas al ambiente y a la salud de la población.
- Documento de capacitación: Medidas de prevención y usos adecuados de plaguicidas.
- Promover control de plagas de manera natural, evitando el uso de plaguicidas químicos (Agricultura orgánica).

- Taller interactivo: Con énfasis en la educación básica y media de la comunidad.
 - a. Motivar a los estudiantes a jugar de detectives. La misión es encontrar la mayor cantidad y variedad de plaguicidas y productos químicos en la casa y en la escuela. Una vez descubiertos los plaguicidas y productos que contienen sustancias químicas venenosas, buscar las alternativas para eliminar su uso.
 - b. Elaboración de carteles sobre las normas de seguridad para el uso y almacenamiento de plaguicidas.

DETALLES

Se recomienda inculcar en la comunidad de la zona, manejos adecuados de los agroquímicos que suministra el gobierno, siendo los más vulnerables a tratar. De otro modo, seguir animando a los campesinos de efectuar prácticas ambientales, tales como el abono con gallinaza.

15.1.2. Proyecto de mejora uso del suelo

FICHA N°4 Mejora uso del suelo

OBJETIVO

Proponer un plan que ayude a efectuar sobre la microcuenca el POT Pereira.

Proponer un plan que ayude a controlar el crecimiento demográfico descontrolado en la microcuenca y el uso del suelo.

LOCALIZACIÓN

El programa es diseñado para toda el área de la microcuenca.

CAMBIOS A GENERAR

- Desconocimiento de la comunidad frente a perjuicios ocasionados al suelo.
- Decadencia de zonas en protección.
- Crecimiento descontrolado de la población.
- Avance de áreas deforestadas.

ACTIVIDADES

- Documentos de capacitación: Conservación del suelo, Franjas de protección.
- Charlas educativas: Familiarizar la población con el POT.

DETALLES

La ejecución de esta ficha es responsabilidad de agentes gubernamentales. Las empresas públicas comprometidas con este objetivo deben colocar de su parte y hacer cumplir las medidas establecidas para brindar una sostenibilidad de la microcuenca.

15.1.3. Proyecto de sentido de pertenencia por la microcuenca La Bella.

FICHA N°5 Sentido de pertenencia de la microcuenca La Bella.

OBJETIVO

Crear un plan apto para instruir a la población de la importancia que tiene la quebrada La Bella y su sistema, con el fin de generar en los pobladores un sentido de pertenencia por la microcuenca.

LOCALIZACIÓN

Este plan tendrá acción en toda la microcuenca.

CAMBIOS A GENERAR

- Desconocimiento de la comunidad en cuanto a la importancia de microcuenca.
- Falta de identificación por parte de los pobladores con la microcuenca.

ACTIVIDADES

- Documento de capacitación: Importancia de la microcuenca La Bella.
- Video educativo: “Tomemos conciencia” Creado por habitantes del sector **(En Anexos)**.

DETALLES

Es una ficha importante partiendo de la baja colaboración que se encontró en la zona. A pesar que la CARDER ha realizado algunas charlas de sensibilización, no hay sido suficientes. Para esta labor, se puede apoyar en el presente trabajo de grado, que será suministrado a líderes de la microcuenca.

15.2. PROGRAMA DE REHABILITACIÓN FORESTAL Y AGROFORESTAL

Es clara la evidencia de conflictos debido al uso del suelo en la zona. Los procesos antrópicos y naturales han generado procesos erosivos en diferentes puntos de tierra, y así mismo, le han dado otro manejo a zonas que ya tenían una especificación de uso.

Basados en las tres zonas de la microcuenca, es importante acentuar los usos vigentes que predominan cada sector. La cuenca alta es utilizada por pastos manejados, cultivos de cebolla y siembras de café tecnificado. Se debe tener presente que por ser zona productora de agua y de recarga de acuíferos, es señalada por el POT como una zona de protección del recurso hídrico.

En la cuenca media y baja predominan como usos principales el café, la yuca, el frijol y una zona de bosque secundario. Dichos cultivos son implantados en diferentes zonas sin ningún tipo de acato en cuanto a las zonas de protección, fundamentalmente sobre el perímetro de la quebrada La Bella y sus afluentes. De igual modo se ha intervenido las distintas laderas, agudizando el problema de estabilidad de tierras.

Se debe tener presente que el manejo actual que reciben las zonas de protección debe cambiar lo más pronto posible. Pero también hay que tomar conciencia, de que los diferentes procesos antrópicos que se ejecutan en la microcuenca son producto de una necesidad económica que posee la comunidad. Por esta razón, sería ilógico presentar un programa cuya finalidad sea minimizar o acabar con las diferentes siembras del sector, de esta manera se estaría impactando el factor social, económico y de supervivencia de los pobladores. Por lo tanto se creará un PLAN FORESTAL el cual este compuesto de acciones que ofrezcan opciones de

tipo económico y social a la comunidad, y que a su vez mitiguen los procesos de degradación de suelos.

La idea se basa en la implementación de sistemas agroforestales por medio de árboles en lugares donde se dan procesos productivos, con el fin de ayudar a la recuperación y estabilización de suelos, aumentar las zonas de protección forestal de márgenes de quebradas y mejorar la regulación hídrica de la microcuenca.

PLAN FORESTAL

Este método cada día es más utilizado a nivel nacional, y no sólo por la efectividad que ha demostrado en cuanto a la mitigación de impactos, también por el auge que han adquirido los productos forestales en mercados internacionales.

El proyecto además favorece a la microcuenca y sus habitantes al generarles un ambiente más diverso y rico, ya que se forjan nuevos ambientes y refugios para la fauna, existe más protección y conservación de la biodiversidad, la flora se nutre y se va a mantener el ecosistema.

Para que el plan forestal sea exitoso debe estar apoyado por el programa de gestión social situado en el capítulo 14.1., el cual deberá ilustrar a la comunidad sobre el proceso de formación y enseñanza de las actividades forestales, manifestando el aporte que debe proporcionar las instituciones de la zona. De esta manera, los ideales que formarán el plan forestal son:

15.2.1. Sistemas agroforestales

FICHA N°6

OBJETIVO

Alcanzar producciones agropecuarias con el más bajo deterioro ambiental, capacitando a los pobladores de la microcuenca en mezclar de una manera simultánea cultivos, forrajes y árboles como el Carbonero, siete cueros, Álamo y Yarumo; logrando formalizar un uso recomendable de los recursos naturales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Lograr una relación de alta productividad agropecuaria y mínimos impactos ambientales.
- Armonizar la producción agropecuaria con la forestal.
- Proponer maneras apropiadas de siembras y protección del suelo.
- Formular procesos de sistemas agroforestales.

LOCALIZACIÓN

Veredas Estrella-Morrón, El Porvenir y Morrón.

CAMBIOS A GENERAR

- Mejorar y conservar los nutrientes del suelo de la microcuenca.
- Robustecer el sistema vegetal de zona en cuanto a plagas.
- Establecer mayor crecimiento de cultivos y pastizales por medio de nitrógeno generado por especies implantadas.

ACTIVIDADES

- Participación de la comunidad: Incluir en el plan a hombres, mujeres y niños de la microcuenca. Realizando una capacitación sobre modelos ejemplares de sistemas agroforestales.
- Implementar en las zonas que lo ameriten procedimientos silvopastoriles, agrosilvopastoriles y silvoagrícolas.
- Mediante campañas, manifestarle a la población los beneficios financieros y ambientales de los sistemas agroforestales.

15.2.2. Reforestación

FICHA N°7

OBJETIVO

Crear zonas de bosque que cumplan la función de proteger sitios donde no hay movimiento agropecuario, y donde si existe producción, que actúen de forma productor protector; con el fin de lograr beneficios en relación a la protección ambiental de la microcuenca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Manifestar otras modalidades de ampliar la economía por medio de la conservación.
- Infundir la actividad forestal en la zona.
- Renovar lugares escasos de vegetación.

LOCALIZACIÓN

Veredas Estrella-Morrón, El Porvenir y Morrón. **(Ver Anexo E, Plano 7)**

Para ejecutar la ficha 7, se debe puntualizar las zonas de acuerdo con lineamientos demarcados por la CARDER en cuanto a zonas forestales protectoras. Para cumplir la metodología correcta, se debe regir la resolución 061 de 2007. [16]

CAMBIOS A GENERAR

- Generar un paisaje más versátil y ecológico.
- Mejorar la regulación hídrica y el entorno para la fauna.
- Brindarle una mejor protección al suelo y agua.
- Establecer un futuro para la microcuenca La Bella.

ACTIVIDADES

- Escoger tipos de vegetación a plantar.
- Situar puntos de plantación de las diferentes especies.
- Implementar viveros para asegurar el futuro del programa.
- Ilustrar a la población acerca del aprovechamiento forestal, qué importancia tiene y como ejecutarlo.

15.2.3. Áreas de captación y márgenes de la quebrada y sus afluentes

FICHA N°8

OBJETIVO

Mejorar el conjunto vegetativo encargado de proteger la quebrada La Bella y sus afluentes, al igual que el área boscosa de protección de la bocatoma Charco Hondo; con el fin de preservar el recurso hídrico como fuente primaria de vida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Expandir el hábitat de la fauna en la zona.
- Mitigar la erosión que existe en diferentes zonas de la quebrada por medio de revegetalización de capas protectoras.
- Permitir un flujo hídrico uniforme y salvaguardar la vida acuática de la microcuenca.
- Proteger el caudal del acueducto El Porvenir.

LOCALIZACIÓN

Veredas Estrella-Morrón, El Porvenir y Morrón. **(Ver Anexo E, Plano 7)**

CAMBIOS A GENERAR

- La falta de protección que existe sobre los rayos solares que atentan contra el agua.
- Se preserva la fauna y flora.
- Generar un paisaje más versátil y ecológico.
- Evita posibles taponamientos en el curso hídrico que se dan por obstrucciones de suelo provenientes de procesos erosivos.
- Conserva la microcuenca y promete un futuro para el acueducto del sector.

ACTIVIDADES

- Selección de plantas de protección.
- Investigar ancho del cordón vegetativo de protección.
- Definir área de captación de la bocatoma.

- Definir zonas de índole forestal donde sus habitantes tengan una disposición para realizar la actividad.
- Revegetalización de los diferentes órdenes de corrientes y del área de captación.

15.3. PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE ORILLAS Y ESTABILIZACIÓN DE LADERAS DEL CAUCE

En la actualidad la microcuenca se ha sometido a varias obras civiles con el fin de resolver problemas de estabilidad y protección de laderas; en la cuenca baja entre el K2+420 y el K2+ 948 y sobre la quebrada La Bella se ubican 12 estructuras destinadas a evitar riesgos de impacto al canal de aducción Nuevo Libaré aguas arriba (**Ver Anexo E, Plano 2**). De igual forma, a pesar de que la quebrada no presenta zonas considerables de inundación y las obras se desempeñan en casi todo el cauce como amortiguamiento de crecientes, las estructuras existentes no mitigan en su totalidad todos los problemas de estabilidad y protección que abarca la microcuenca.

Por tal razón es necesario efectuar obras que eviten el deterioro de la microcuenca, y a la vez que cuiden de ella en situaciones de crecientes. Es importante mencionar que la infraestructura realizada sobre un ecosistema como el que se está trabajando, debe ser biomecánica²⁶ con el fin de no efectuar impactos ambientales.

Las estructuras propuestas a continuación están ubicadas sobre las márgenes del cauce principal; Se plantean gaviones para generar estabilidad en algunas zonas vulnerables a deslizamientos y proteger orillas. En el (**Anexo E, Plano 5**) se

²⁶ Son trabajos especializados y multidisciplinarios en los cuales se diseñan y desarrollan obras que cumplan con una función estructural sin descuidar la armonización paisajística y ambiental con su entorno. Taringa. Construcciones biomecánicas.

encuentran localizadas las diferentes obras civiles que requieren los sitios más críticos; y en el capítulo IX se detallan los diseños que requiere cada obra. Los proyectos a realizar son:

15.3.1. Protección de laderas

FICHA N°9

OBJETIVO GENERAL

Impedir la socavación de orillas causada por el curso hídrico de la quebrada La bella.

LOCALIZACIÓN

Las obras se realizarán sobre el curso principal de la quebrada La bella, exactamente en los símbolos que representan gaviones del **(Anexo E, Plano 5)**.

OBRAS

Para detener el desgaste y deslizamientos se propone la construcción de gaviones en los sitios afectados.

CAMBIOS A GENERAR

- Falta de protección en zonas de la margen hídrica.
- Incursión de material al curso hídrico generando consecuencias.
- Falta de preventivos en períodos de crecientes.
- Movimientos de masas.

15.4. Resumen de actividades para mitigar las amenazas y garantizar la sostenibilidad de la microcuenca La Bella

De acuerdo al diagnóstico de la microcuenca, la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos, la estabilidad geotécnica y la evaluación del riesgo para la conservación, las propuestas de solución de obras y planes se definen así:

Tabla 26. Resumen actividades para mitigar amenazas

PROGRAMA	IMPACTOS A PREVENIR O MITIGAR	MEDIDAS PROPUESTAS	FICHA
saneamiento básico	Mal manejo de residuos sólidos	Formular un proyecto teórico que exponga los impactos ambientales generados por el inadecuado manejo de basuras, socializándolo con la comunidad y haciendo crear consciencia de la importancia en mejorar las prácticas cotidianas.	1
	Manejo de aguas residuales	Proyectar un programa que consiga disminuir en la zona problemas de contaminación generados por aguas residuales mal tratadas.	2
	Contaminación por plaguicidas	Desarrollar un plan pertinente para sensibilizar a la comunidad agricultora sobre el manejo adecuado de agro productos.	3

	Perjuicios al suelo	Proponer un plan que ayude a controlar el crecimiento demográfico descontrolado en la microcuenca y el uso del suelo.	4
	Falta de conocimiento de la relación microcuenca – población	Crear un plan apto para instruir a la población de la importancia que tiene la quebrada La Bella y su sistema, con el fin de generar en los pobladores un sentido de pertenencia por la microcuenca.	5
Plan forestal	Deterioro en sistemas agroforestales	Alcanzar producciones agropecuarias con el más bajo deterioro ambiental, capacitando a los pobladores de la microcuenca en mezclar cultivos, forrajes y árboles de una manera simultánea; logrando formalizar un uso recomendable de los recursos naturales.	6
	Deforestación	Crear zonas de bosque que cumplan la función de proteger en sitios donde no hay movimiento agropecuario, y donde si existe producción, que actúen de forma productor protector; con el fin de lograr beneficios en relación a la protección ambiental de la microcuenca.	7

	Deterioro en áreas de captación y márgenes de la quebrada La Bella y sus afluentes	Mejorar el conjunto vegetativo encargado de proteger la quebrada La Bella y sus afluentes, al igual que el área boscosa de protección de la bocatoma Charco Hondo; con el fin de preservar el recurso hídrico como fuente primaria de vida.	8
Protección de orillas y estabilización de laderas del cauce	Vulnerabilidad de laderas	Impedir la socavación de orillas causada por el curso hídrico de la quebrada La bella.	9

CAPÍTULO IX

16. DESARROLLO DE OBRAS Y ACCIONES PROPUESTAS

Cabe reiterar que algunas propuestas del capítulo anterior, sólo se plasmarán mas no se llevará a cabo su ejecución. Serán desarrolladas únicamente las fichas que estén dentro del campo ingenieril; las propuestas relacionadas con programas socio-ambientales de sensibilización y educación, se plasmaron para ser cumplidas por estudiantes de campos acordes al tema. De igual modo, se debe tener presente que la ejecución de las diferentes propuestas al ser de índole social y público, es responsabilidad de entidades como la CARDER, la OMPAD, el Instituto Municipal de Salud, AGUAS Y AGUAS y la secretaría de Desarrollo Rural Integrado, entre otros.

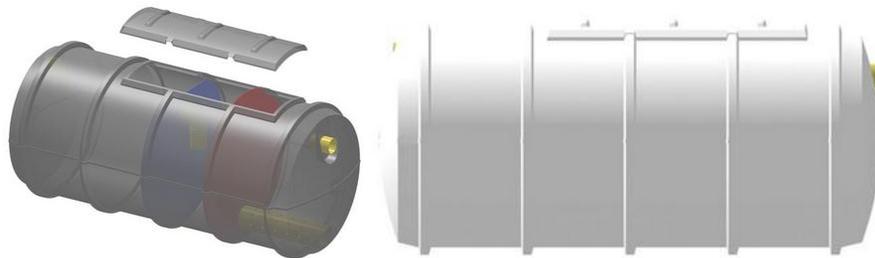
16.1. FICHA N°2: Manejo de aguas residuales

16.1.1. Actividad 1: Sistemas sépticos

Particularidades

El área de la microcuenca por ser rural, el asentamiento de la mayoría de viviendas es independiente, razón que no permite recoger las aguas residuales de varias casas con un sistema séptico. Para los diferentes predios apartados, se propone el siguiente sistema séptico:

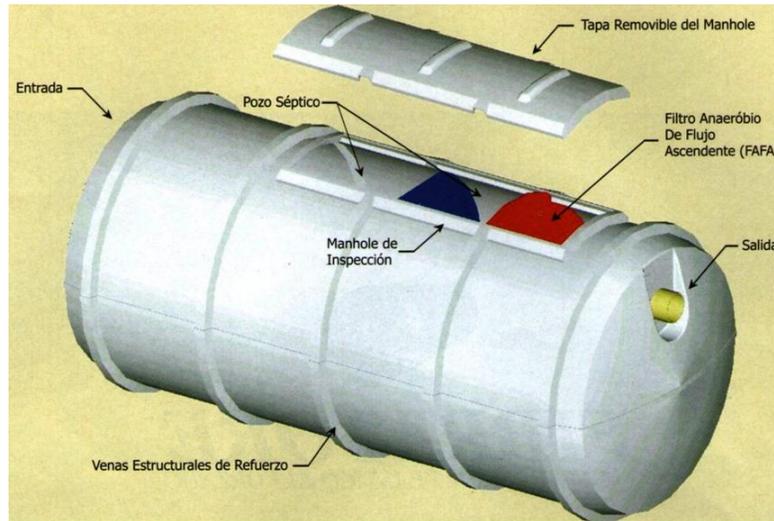
Figuras 114 y 115. Sistema séptico



Fuente. Biológica S.A.S. Empresa en asesorías ambientales [25]

Este pozo está diseñado con un tanque cilíndrico horizontal que recibe las descargas de aguas negras. Posee tres comportamientos integrados para tratar las aguas, estando el tanque séptico conformado por el primer y el segundo, mientras que el tercero se trata de un filtro anaerobio de flujo ascendente, FAFA, que consta de un relleno en polipropileno. Este sistema prefabricado son construidos por Biológica S.A.S. [25] en resina Poliéster Ortoftálica modificada, reforzados con fibras de Vidrio tipo Matt de 450 gr. /m² y Woven Roving de 800 gr. /m². También, trae una tapa superior reforzada para soportar el paso de animales con un peso considerable (bovinos, equinos), tabiques divisorios hechos en PRFV y accesorios en PVC.

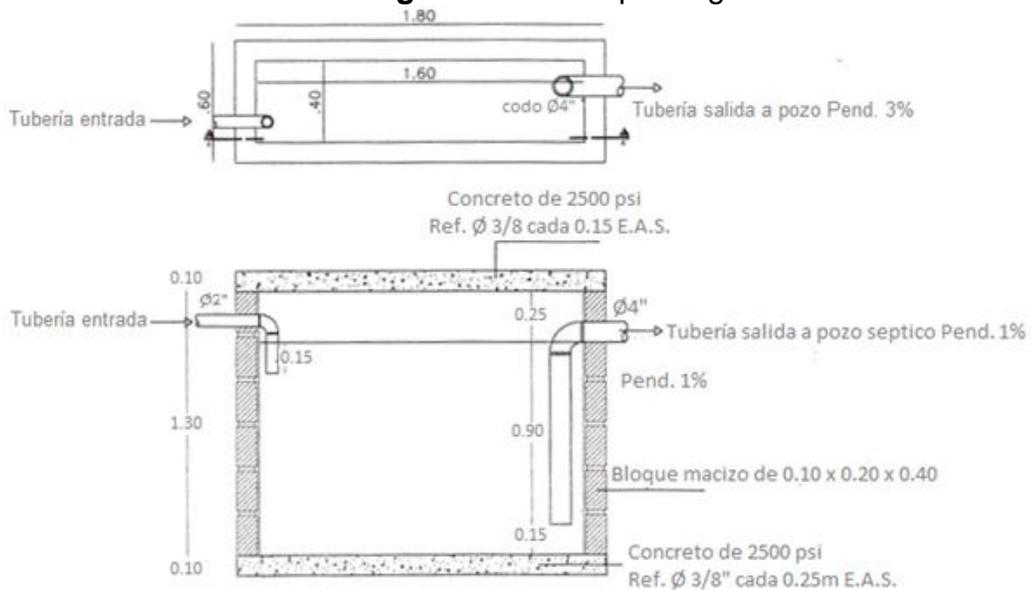
Figura 116. Elementos del pozo séptico



Fuente. Biológica S.A.S. Empresa en asesorías ambientales

Con el sistema séptico se adjunta una trampa de grasas de acuerdo al RAS 2000, construyéndose en concreto de 2500 psi y refuerzo de diámetro 3/8 cada 0.15 metros, cumpliendo con las siguientes medidas:

Figura 117. Trampa de grasas

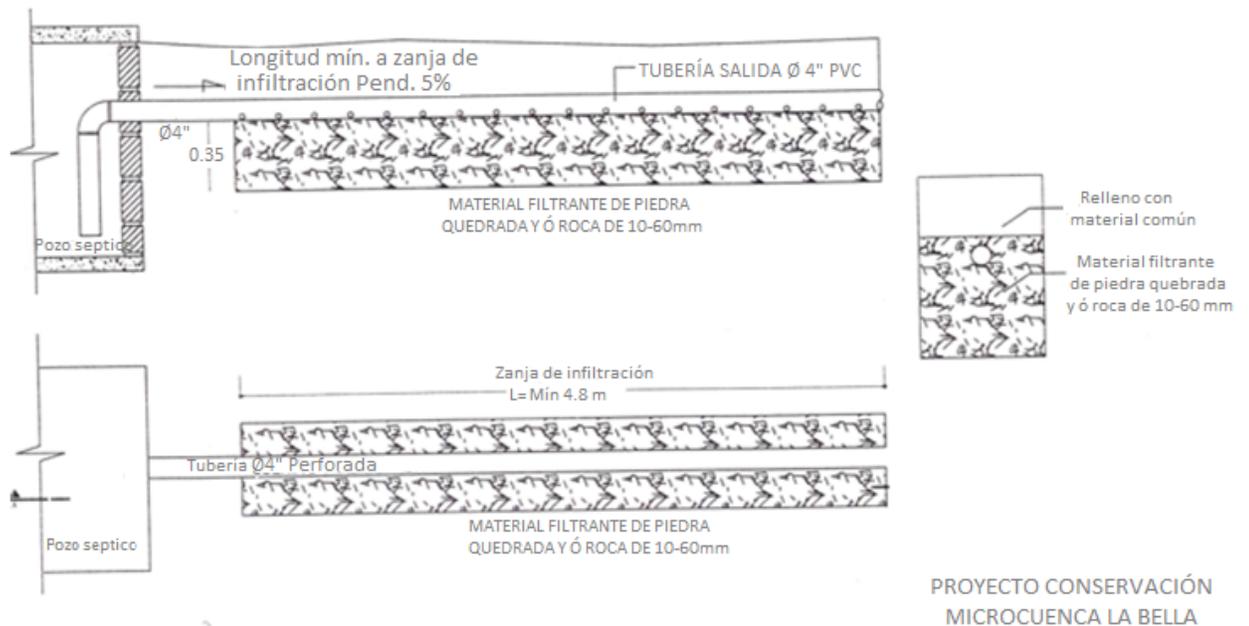


PROYECTO CONSERVACIÓN
MICROCUCNA LA BELLA

Fuente. El autor

Para el vertimiento de líquidos tratados, se propone un diseño tipo rural que consta de una zanja de infiltración con una longitud mínima de 4.8 metros y una altura de 0.35 metros. Debe ser hecha con un material filtrante (piedra o roca) y un tubo conductor de cuatro pulgadas de diámetro, perforado.

Figura 118. Trampa de grasas



Fuente. El autor

Justificación de elección

Se planteó este tipo de sistema por varias razones sobresalientes en su función y diseño ejecutado bajo normas ICONTEC 2888, ASTM C 582-87. Es un sistema compacto que cuenta con una alta eficiencia y sale más económico que construir uno en cemento, ladrillo o mampostería, brindando un mejor manejo y desempeño de los recursos disponibles.

Además, por su diseño permite generar descargas al subsuelo o cuerpos de agua cumpliendo con la normatividad ambiental, como sucede en la microcuenca que no cuenta con alcantarillado.

Este sistema es conocido en la actualidad por tener durabilidad y facilidad en el proceso de instalación, reduciendo mano de obra y tubería.

Dimensionamiento

En esta ficha se propone que para las viviendas ausentes de sistemas de tratamiento y que por su ubicación son candidatas para sistemas sépticos, instalar por predio un sistema. Por lo tanto, se debe partir del número de personas que habitan cada vivienda.

En las estadísticas de la microcuenca, se estima que el promedio por cada sistema familiar es de 4 a 5 personas. Con el fin de proporcionar amplio funcionamiento y un factor de seguridad para el futuro, se contemplará un promedio de 8 usuarios.

Para el diseño de un tanque séptico el consumo normal de una vivienda es de 140 litros por habitante por día. Es decir que los predios de la microcuenca, de acuerdo al factor aplicado sobre la estadística poblacional, demandan unos 992 litros por vivienda.

1 Habitante ————— 124 Lts

8 Habitantes ————— X

$$X = 992 \text{ L/Hab/día}$$

A partir de la solicitud en litros aproximada a 2 mil en base a la **tabla 27**, se establece un diámetro de 1.05 metros con una longitud de 2.4 metros.

Tabla 27. Dimensión sistemas sépticos

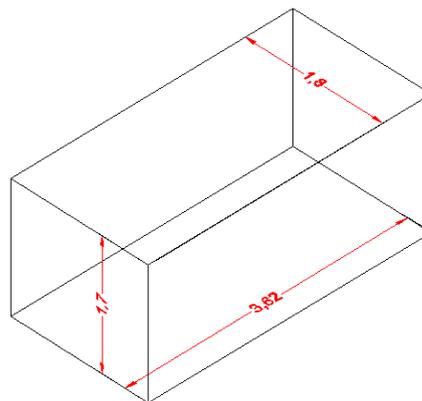
Capacidad litros	Diámetro (m)	Longitud (m)			
2.000	1.05	2.40	8.000	1.50	5.02
3.000	1.50	2.16	10.000	1.50	6.12
4.000	1.50	2.72	11.000	1.80	4.86
5.000	1.50	3.32	12.000	1.80	5.26
6.000	1.50	3.92	15.000	1.80	6.41

Fuente. Biológica S.A.S. Empresa en asesorías ambientales

Instalación

- a. Para la tubería que conecta la vivienda con el sistema, abrir zanjas de 40 cm de ancho por 60 cm de profundidad cuidando un porcentaje de pendiente. Excavar en la zona donde será ubicado al sistema, un hoyo de 3.62 m de largo por 1.8 m de ancho y 1.7 m de profundo, dejando unos 15 cm de tolerancia alrededor. El lugar se debe dejar libre de piedras, raíces y cualquier elemento que pueda dañar el tanque, teniendo en cuenta que una vez lleno va a tener un peso considerable.

Figura 119. Proceso de instalación



Fuente. El autor

- b. Se realiza prueba de percolación en el sitio donde se va hacer infiltración de aguas emisoras del tanque, para poder definir las condiciones de diseño.

Se excava a una profundidad de 60 cm, saturándose y llenándose con agua por 4 horas para luego, dejar drenar pro completo. Se vuelve a llenar con agua limpia hasta unos 15 cm, registrando el tiempo que tarda en bajar de nivel los primeros 2.5 cm. Con este dato mirar en la **tabla 28** el área necesaria para el diseño.

Tabla 28. Tasas de absorción y áreas requeridas para absorción

Tiempo requerido para que el agua baje 2.5 cms (min)	Tasa de absorción m3/m2.día	Area necesaria por habitación m2
<1	0.160	4.5
2	0.130	4.5
3	0.110	5.5
4	0.101	6.5
5	0.089	7.5
10	0.066	9.0
15	0.054	12.0
30	0.035	16.5
45	0.026	18.0
50	0.023	20.0
60	0.023	22.0

Fuente. Publicación Coordinación Técnica CDMB. Oficina de Cultura Ambiental. Bucarmanga

- c. Colocar una plantilla de 6 cm con una mezcla de mortero arena de una relación 1:5 sobre el suelo del hoyo. Si se presentan características de un terreno poco estable armar con varilla número 2.
- d. Sobre la base ubicar una cama de arena de 5 cm de espesor. Tener en cuenta de formar una pendiente del 2% desde la entrada hasta la descarga del tanque.

- e. Identifique y oriente la salida y entrada del tanque, para luego descargarlo inspeccionando una correcta nivelación.
- f. Utilizar tubería de PVC para conectar el punto de entrada del tanque a la línea de drenaje que sale de la vivienda, poniendo cemento de tubería PVC en los extremos de los conductos para evitar fugas.
- g. Llenar el tanque con agua hasta el tope del tubo de salida; para luego rellenar por el perímetro del tanque, cubriendo el espacio entre el sistema prefabricado y las paredes del suelo. A medida que se vierte material, ir compactando en capas de 20 cm.

Figura 120. Tanque empotrado



Fuente. Biológica S.A.S. Empresa en asesorías ambientales

- h. Acabar de revestir con tierra y compactar en incrementos de 15 a 20 cm. El relleno entre la parte superior del tanque y nivel natural del terreno, no debe sobrepasar los 20 cm.

Ubicación

En total se deben ubicar 23 sistemas sépticos para lograr excluir la contaminación de viviendas sin tratamientos de aguas residuales. Para observar los puntos críticos que ameritan esta propuesta, **Ver Anexo E, Plano 6.**

Recomendaciones para la instalación

- Para ejecutar el proceso, primero se debe llevar a la CARDER un permiso de vertimiento para diligenciar la licencia. Importante, cada sistema debe ser aprobado por la corporación.
- Antes de instalar, se debe cerciorar que el suelo sea estable, de lo contrario el tanque plástico puede deformarse y flotar en el suelo saturado sin el balasto adecuado. Evitar terrenos pantanosos, de relleno, o sujetos a inundación.
- Evitar que aguas lluvias queden infiltrando en el proceso, causan interferencia negativa.
- No instalar a menos de 15 metros de algún afluente de la quebrada La Bella.
- Utilizar limpiador de tubería para asegurar que los tubos de PVC estén limpios antes de conectarlos.
- Al rellenar espacios sobrantes no utilizar piedras de ningún tamaño, ya que podrían dañar las paredes del tanque.
- Si se siembra césped de clima frío sobre el campo de absorción, en el invierno ayudará a eliminar el agua de la tierra y a mantener un correcto funcionamiento.

16.1.2. Actividad 2

Mantenimiento e inspección de tratamientos de aguas residuales

Cartilla 1: Sistemas sépticos Plan de Vivienda Núm. 2

Al interpretar y ejercer esta actividad de una manera eficaz, no existe la necesidad de diseñar un sistema séptico colectivo para el plan de vivienda número 2. A pesar de su crecimiento poblacional, sus dos sistemas cuentan con tanques que tratan 16 mil litros (**ver foto 119**), capaces de evacuar una sobredemanda de usuarios siempre y cuando se realice un mantenimiento más acelerado. Teniendo en cuenta que tampoco se puede abusar en el aumento de usuarios.

Figura 121. Prototipo de tanque PV2²⁷



Fuente. El autor

Siendo así, lo correcto en hacer es lo siguiente:

- Si bien, lo recomendable es inspeccionar los sistemas cada 6 meses, en esta zona por las razones mencionadas, se debe hacer en la mitad del tiempo indicado. (**Ver cartilla 2. Mantenimiento**)

²⁷ Plan de Vivienda Número 2

- Al tener conciencia de usuarios que se han ido pegando a la red, debe contemplarse un cuidado estricto con el uso de los sistemas. **(Ver cartilla 2. Recomendaciones)**

Cartilla 2: Cuidado y mantenimiento de sistemas y pozos sépticos

Los siguientes conocimientos y técnicas fueron basados en el manual de operación y mantenimiento SANEAR. [27]

Mantenimiento

La inspección del tanque se realiza una o dos veces al año (En el PV1 cada 3 meses) y contempla lo siguiente:

- a. Destapar el tanque y dejar pasar 15 minutos para evitar la inhalación de los gases que acumula el sistema.

- b. Inspección*

Para generar la inspección se debe conocer la altura de capas de lodos, y así se conoce si el sistema debe recibir mantenimiento o se tapa de nuevo. Los lodos deben retirarse cuando los sólidos alcanzan la mitad o las dos terceras partes de la distancia entre el nivel del líquido y el fondo. Para esta medición se puede utilizar el ensayo extinción de luz, que se basa en sumergir una fuente luminosa en el interior del tanque, la fuente de luz se alcanza a ver mientras traspasa la columna de agua, ya que cuando alcanza la capa de lodo se extingue.

c. *Remoción de natas*

Con ayuda de un cucharón y un tarro amarrado a un palo, se retiran las grasas y natas que flotan. En ocasiones las natas forman una pasta dura, que se debe extraer con una pala.

d. *Purga de lodos*

Es común que en las tuberías se almacene lodo, para aflojarlo se debe abrir y cerrar la válvula de purga con una intensidad de 5 a 6 veces. Se deja liberar el lodo hasta que se aprecie una altura de 10 cm, con el fin de no vaciarlo todo.

e. *Filtro biológico o FAFA*

Se sacude fuertemente el material filtrante hacia el fondo con un palo, y dejar sedimentar los lodos por 5 minutos antes de abrir la válvula de purga.

f. Por último, se debe chequear que el tanque este impermeable y no ingresen aguas extrañas. Además, revisar los empaques en las conducciones que conectan el tanque.

Recomendaciones

- Evitar verter grandes cantidades de desinfectantes como hipoclorito de sodio por los sifones.
- No arrojar papeles, ni toallas higiénicas por los sanitarios.
- Los lodos retirados de los tanques sépticos deben disponer en trincheras para una vez secos, proceder a enterrarlos cubriéndolos con cal y tierra, o usarlos como mejorador de suelo desde que se mezclen con tierra, material

orgánico hierba y cal. Las zonas de enterramiento deben estar alejadas de las viviendas (por lo menos 500 metros de la vivienda más cercana).

- Cuando se extrae los lodos de un tanque séptico, este no debe lavarse completamente ni desinfectarse. Se debe dejar en el tanque séptico una pequeña cantidad de fango para dejar un volumen de semilla y asegurar que el proceso de digestión continúe con rapidez.
- Evitar tener compuestos como acetona, aceites, alcohol o líquidos en seco del tanque séptico, pues no se descomponen fácilmente.
- Si se presentan charcos, se detectan olores a alcantarilla o si el inodoro se desborda, el sistema no está funcionando adecuadamente.
- Las fosas sépticas que se abandonan o clausuran, deben rellenarse con tierra o piedra.
- Llevar un control permanente de la frecuencia con la que se realiza el mantenimiento apoyándose en el siguiente cuadro.

Tabla 29. Control de mantenimiento

FECHA DÍA - MES - AÑO	ALTURA CAPA DE NATAS Centímetros	ALTURA LODOS Centímetros	OBSERVACIONES

Fuente. Manual de operación y mantenimiento SANEAR. Corporación de Antioquí

Precauciones

- No fumar o utilizar antorchas para inspeccionar el tanque séptico, pueden causar explosión con los gases.
- Se debe usar botas de caucho, guantes y tapabocas. Cuando los lodos se extraen manualmente con balde, es un trabajo desagradable, que pone en peligro la salud de los que lo realizan.
- Al finalizar el proceso, darse un baño con agua y abundante jabón para evitar el contagio de enfermedades.

16.2. FICHA N° 9: Protección de laderas

16.2.1. Actividad 1

Muro integral de gaviones

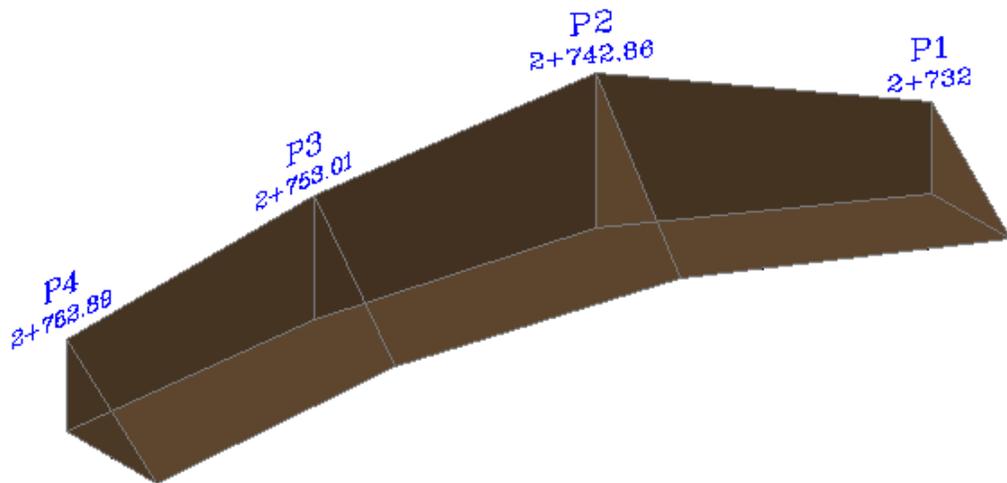
Esta actividad se basa en un sistema de contención de tierras formado por un enrejado metálico, compuesto por malla hexagonal de triple torsión, el cual, debidamente ensamblado y relleno de piedra, forma una estructura adecuada para soportar las cargas ejercidas por el terreno y la erosión producida por la corriente fluvial. Se diseña un muro de tipo integral, donde solo actúa la fuerza de gravedad generada por el volumen de los gaviones. Partiendo de este diseño, se estableció la relación altura /ancho. La estructura fue diseñada entre el kilómetro K2+732 y el K2+762.89 de la quebrada La Bella.

Figura 122. Localización muro integral E1



Fuente. El autor

Figura 123. Tramo de la zona intervenida estructura 1

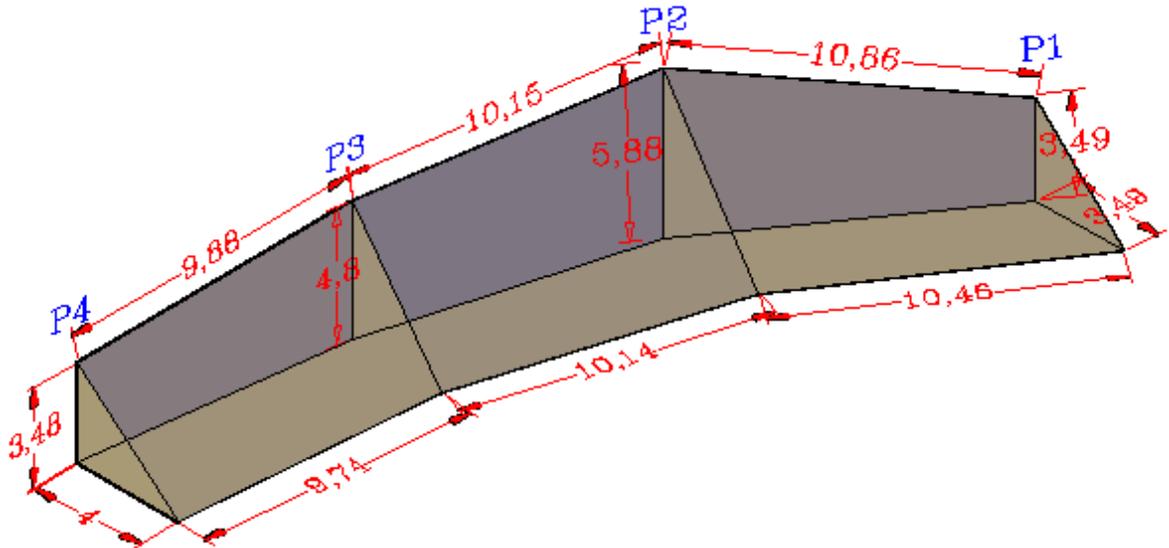


Fuente. El autor

Para la protección del tramo, se optó por este prototipo de muro debido a las condiciones del lugar y dimensiones del terreno. Al estar la zona comprometida con el medio ambiente, lo más conveniente es formalizar obras de integración ambiental, como el trabajo en gavionería. De igual modo, al tratarse de una ladera con alturas no comprometidas (**Ver figura 121**), existiendo estructuras de protección soportadas por la misma capacidad portante del suelo base y tratándose de un sistema que no genera capacidad de soporte ni asentamientos

mayores, no hay riesgo de volcamiento o de fallo en la estructura, siendo viable el diseño adoptado.

Figura 124. Dimensiones Ladera N°. 1



Fuente. El autor

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Cimentación

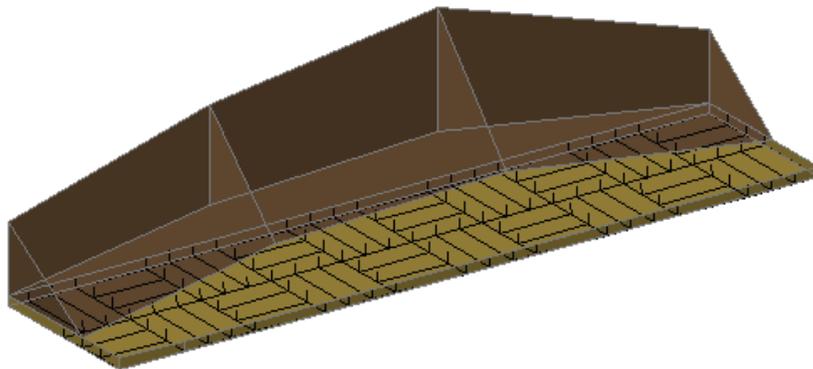
Se debe eliminar la capa vegetal de la zona de ejecución y cavar para formar un cajeadado de 75 centímetros de profundidad por 30.42 metros de longitud y 6.60 metros de ancho, estimándose en las últimas dos medidas una tolerancia de 30 cm para la manipulación de materiales.

Preparar el área de la base, dejándola con una pendiente del 2% en dirección al talud y compactándola. Colocar una tela filtrante de geotextil ASTM D 4491 entre el enrocado de los gaviones y el relleno de la cárcava, que funcione como filtro

para evitar que el material del relleno salga por entre los vacíos del enrocado; e instalar un mortero, para aislar la estructura de la humedad directa del soporte natural. La camada debe ser en concreto y de unos 25 centímetros de espesor, conformado por una dosificación 1:2:4:6 para obtener una resistencia confiable ($f_c=200 \text{ kg/cm}^2$).

Los 50 centímetros restantes serán ocupados por la base de la primera fila estructural que conformará el muro, para prevenir la erosión que puede generar el agua u otro agente mecánico.

Figura 125. Cimentación de Muro integral E1



Fuente. El autor

Estudio del suelo

Para cumplir el diseño del muro se deben tener en cuenta las propiedades del suelo que lo va a soportar, empleando las teorías tradicionales de la mecánica de suelos. Determinándose para esta actividad los parámetros de capacidad de soporte, el peso unitario y el ángulo de fricción.

Para obtener la información necesaria se realiza el ensayo de compresión inconfiada, desarrollándose acorde a la norma INV-E 152-07, la cual indica el procedimiento adecuado para realizar el ensayo de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas o remoldeadas, aplicando carga axial, usando cualquiera de los métodos de resistencia controlada o deformación controlada, como ocurre en esta prueba.

UNIVERSIDAD LIBRE DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS
LABORATORIO DE SUELOS

COMPRESIÓN NO CONFINADA (CNC)

Proyecto:	Conservación Microcuenca hidrográfica La Bella
Ubicación:	Vereda el porvenir (K ₂ +748)
Descripción del suelo:	Textura arcillosa arenosa
Condición de la muestra:	Inalterada
Fecha de muestreo:	17/07/2013
Fecha de ensayo:	17/07/2013

Procedimiento del ensayo

Paso 1

Sobre la zona que soportará la estructura, se despejó un segmento de área y se retiró el material de la capa superficial. A través de un tubo Shelby se extrajo una muestra del sitio y se llevó al laboratorio de suelos de la universidad Libre.

Figura 126 y 127. Muestra con tubo Shelby



Fuente. El Autor

Paso 2

Mediante un extractor horizontal se sacó la muestra del tubo, conservándose sólo un fragmento de 10 cm de largo.

Figura 128 y 129. Muestra a ensayar



Fuente. El Autor

Paso 3

La muestra seleccionada se pesó y luego, se calculó el peso unitario.

Peso muestra (Wh)= 436.1 gr

Diámetro muestra= 4.7 cm

$$\begin{aligned}\text{Área} &= \pi (r)^2 \\ \text{Área} &= 3.1416 (2.35\text{cm})^2 \\ \text{Área} &= 3.1416 (2.35\text{cm})^2 \\ \text{Área} &= 17.35 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volumen} &= A \times h \\ \text{Volumen} &= 17.35 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ cm} \\ \text{Volumen} &= 173.5 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\gamma_h &= \frac{M}{V} \\ \gamma_h &= \frac{436.1 \text{ gr}}{173.5 \text{ cm}^3} \\ \gamma_h &= 2.51 \text{ gr/cm}^3 \text{ ó } 2510 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

Paso 4

Se ensayó la muestra en la máquina de compresión no confinada, a través de un sistema de lectura de carga y deformación. La probeta se sujetó de manera que los ejes quedaran perpendiculares a los extremos y los relojes estuvieran en ceros. Siendo así, se procedió a aplicar las fuerzas.

Figura 130. Ensayo de compresión inconfinada



Fuente. El Autor

La prueba tuvo fin cuando la muestra se agrietó, hecho que ocurrió cuando la deformación controlada llegó a 100.

Figura 131. Muestra fallada



Fuente. El Autor

Paso 5

Se sacó una porción de la muestra y se introdujo en el horno. Después de haberse sometido a temperatura, se pesó y se calculó el peso unitario seco.

Secado (W_s)= 356.97 gr

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{356.97 \text{ gr}}{173.5 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_d = 2.058 \text{ gr/ cm}^3 \text{ ó } 2058 \text{ Kg/m}^3$$

Análisis y Complemento de cálculos

Consumada la prueba se presenta la siguiente tabla con los valores obtenidos y otros datos hallados después de ella, necesarios para concluir los cálculos.

Tabla 30. Tabla de ensayo

Def. controlada (0,001 pulg)	Carga axial	Def. Muestra (mm)	ϵ Unitaria	$1 - \epsilon$	Area corregida (cm ²)	P (Kg)	σ (Kg/cm ²)
0	0	0	0.00000	1.00000	17.35	-2.8119	-0.1621
10	3	0.254	0.00254	0.99746	17.39	-2.3023	-0.1324
20	9	0.508	0.00508	0.99492	17.44	-1.2831	-0.0736
30	13	0.762	0.00762	0.99238	17.48	-0.6037	-0.0345
40	20	1.016	0.01016	0.98984	17.53	0.5854	0.0334
50	24	1.27	0.01270	0.98730	17.57	1.2648	0.0720
60	30	1.524	0.01524	0.98476	17.62	2.2840	0.1296
80	35	2.032	0.02032	0.97968	17.71	3.1333	0.1769
100	40	2.54	0.02540	0.97460	17.80	3.9827	0.2237
120	38	3.048	0.03048	0.96952	17.89	3.6429	0.2036
140	34	3.556	0.03556	0.96444	17.99	2.9635	0.1647
160	29	4.064	0.04064	0.95936	18.08	2.1142	0.1169

Fuente. El autor

Fórmulas utilizadas:

$$P = 0.3737X - 6.8616 \quad X = \text{deformímetro de carga}$$

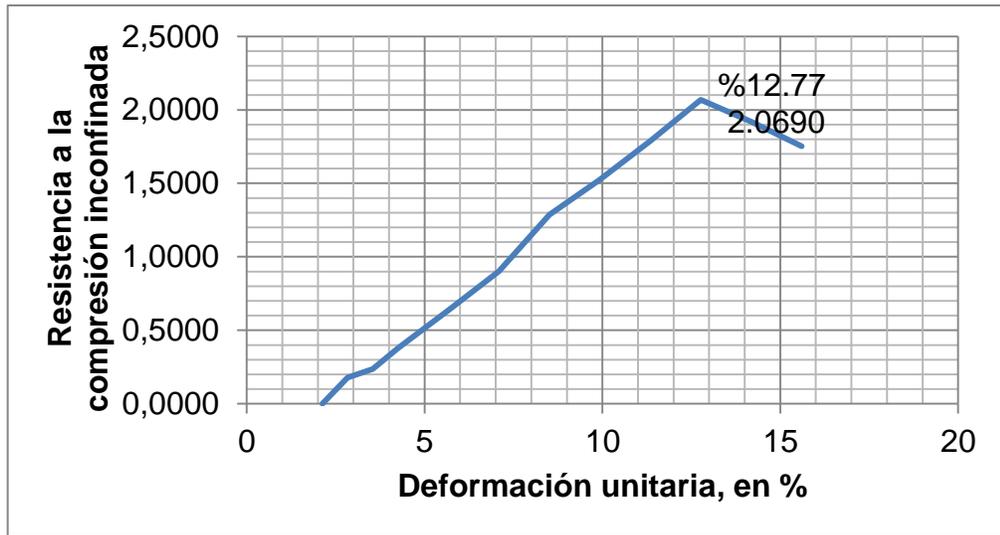
$$\sigma = \frac{P}{\bar{A}} \quad \text{Esfuerzo Kg/cm}^2$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \text{Deformación unitaria}$$

$$\bar{A} = \frac{A_0}{1 - \epsilon} \quad \text{Área corregida cm}^2$$

Para conocer el esfuerzo máximo (σ), se Gráfica el esfuerzo desviador contra deformación unitaria (ϵ). El abscisado es comprendido por las deformaciones y se expresa en porcentaje, mientras que las ordenadas representan los esfuerzos, obviándose los valores negativos para formar la curva en un sólo cuadrante.

Gráfico 12. Ensayo de compresión inconfiada.



Fuente. El autor

Esfuerzo máximo:

σ_{suelo} : 2.07Kg/cm²

Cohesión:

C: 0.85 Kg/cm²

Basados en la resistencia se califica la consistencia del suelo como muy firme, de acuerdo con el valor obtenido en la siguiente tabla procedente de la I.N.V. E 152-07:

Tabla 31. Calificación del suelo [21]

Consistencia del Suelo	Resistencia a la Compresión Inconfiada	
	Kg/cm ²	(kPa)
Muy blanda	< 0.25	(< 25)
Blanda	0.25-0.50	(25 - 50)
Mediana	0.50-1.00	(50 - 100)
Firme	1.00-2.00	(100 - 200)
Muy firme	2.00-4.00	(200 - 400)
Dura	>4.00	(> 400)

Fuente. Política INVIAS COLOMBIA. E 152.07

Predimensionamiento y despiece de la estructura

Con base a la geometría del problema, demandó realizar un muro de protección de 6 metros de altura superficial, 29.82 metros de longitud y 6 metros ancho base, requiriendo la implementación de gaviones con diferentes dimensiones, cercanas a lo normalmente utilizado para este tipo de construcción.

Tabla 32. Dimensiones de gaviones

Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nº Diafrag.
2	1	0,5	1
3	1	0,5	2
4	1	0,5	3
2	1	1	1
3	1	1	2
4	1	1	3

Fuente. KONTENX. Contención de terrenos

La estructura se conforma por 5 prototipos de gaviones (**Ver tabla 33**), subdivididos en células por diafragmas para reforzar la estructura, implementándose 1 o 2 diafragmas por cada canasta de acuerdo a su longitud, como lo especifica la tabla 32.

Tabla 33. Cantidad y dimensiones de gaviones Muro de protección 1

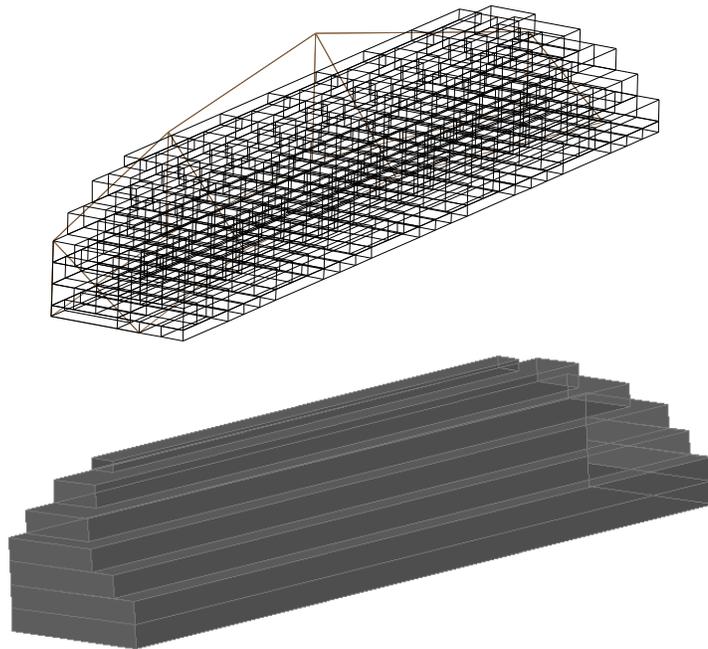
Dimensiones en metros (Ancho x Largo x Alto)	Cantidad de gaviones
1 x 3 x 1	207
0.82 x 3 x 1	4
1 x 2.82 x 1	9

1 x 2 x 1	52
1 x 3 x 0.5	7

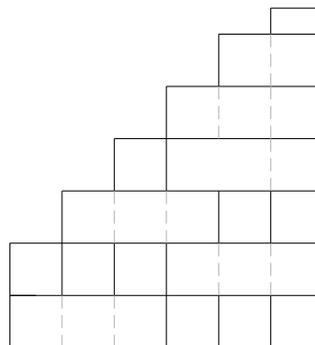
Fuente. El autor

En total, se requiere de 279 canastas, distribuidas de la siguiente manera:

a) Cuerpo



b) Sección



c) Despiece

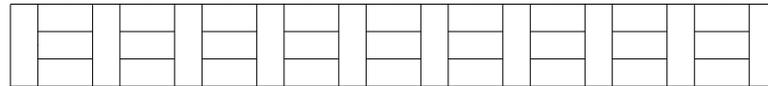
7º Nivel



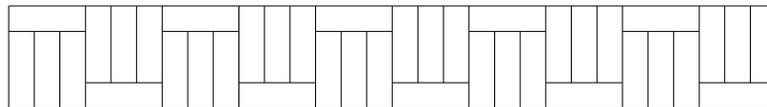
6º Nivel



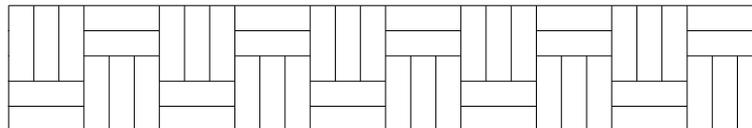
5º Nivel



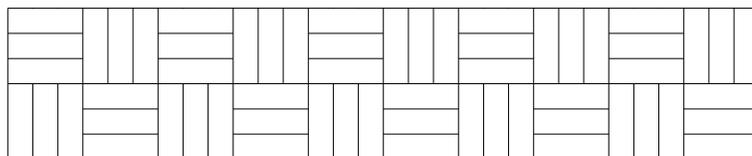
4º Nivel



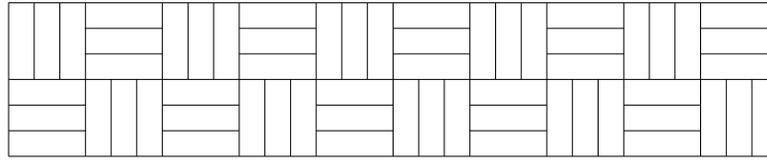
3º Nivel



2º Nivel



1º Nivel



Caracterización de los materiales

Para la estimación de los materiales se estuvo de acuerdo con los requerimientos planteados por el ingeniero José Vicente Amórtegui Gil²⁸, las especificaciones Maccaferri y las normas ASTM.

Alambre

El alambre a utilizar es de acero cubierto por zinc (galvanizado), número 11 a triple torsión. Según la norma ASTM A641M clase 3, para este tipo de alambre está bien un recubrimiento de zinc de 250 gr/m².

Tabla 34. Especificaciones de alambre sin recubrimiento de P.V.C.

CALIBRE BWG	Diámetro		Sección	Longitud y peso	
	mm.	Pulg.	mm ²	m/Kg	Gr/m
11	3.05	.120	7.30	17.45	57

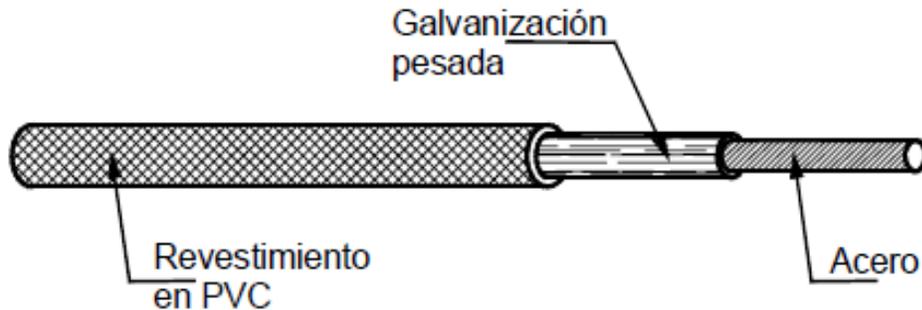
Fuente. Maccaferri

El alambre galvanizado es apropiado para zonas de pH entre 6 y 12.5, debido al pH ácido que reveló el informe del agua de la quebrada La Bella, aparece una amenaza de corrosión sobre los alambres. Para ello se debe realizar un recubrimiento con P.V.C., el cual aísla totalmente la humedad y resiste en forma

²⁸ Ingeniería y geotecnia Ltda. Bogotá, Colombia.

apreciable la corrosión. Este procedimiento contempla los alambres alcanzados por la zona mojada del muro, que asume una altura 3.5 metros²⁹ partiendo desde la sub base.

Figura 132. Esquema de alambre galvanizado recubierto en PVC



Fuente. Maccaferri, (1995)

Acorde a los manuales, debido a la resistencia adicional que provee el plástico, el diámetro de los alambres revestidos en PVC puede disminuirse. Por lo tanto, para el alambrado emplazado sobre el área mojada se determina un BWG 12. En cuanto al recubrimiento, considerándose el pH y el intervalo exigido por los manuales, se debe hacer revestimiento con un espesor de 45 mm.

Tabla 35. Especificaciones de alambre con recubrimiento de P.V.C.

CALIBRE BWG	Diámetro		Sección	Longitud y peso	
	mm.	Pulg.	mm ²	m/Kg	Gr/m
12	2.77	.109	6.02	21.16	47

Fuente. Maccaferri

²⁹ Esta superficie no siempre está en contacto con el agua, e inclusive, en las visitas de campo realizadas a la quebrada La Bella se presencié disminución del nivel. Se determinó esta altura, contemplando un factor de seguridad en caso de crecidas continuas o aumento de precipitaciones.

Según Maccaferri, el diámetro del alambre de amarre debe ser 2.4 mm para los gaviones con alambre de 3.0 mm de diámetro. Mientras que el alambre de refuerzo encargado de fortalecer los gaviones, debe ser mayor o igual a 3.9 mm de diámetro para el tipo de alambre designado.

Tabla 36. Especificaciones alambre de amarre y refuerzo

FUNCIÓN DE ALAMBRE	CALIBRE BWG	Diámetro		Sección	Longitud y peso	
		mm.	Pulg.	mm ²	m/Kg	Gr/m
Amarre	13	2.41	.095	4.56	27.93	36
Refuerzo	8	4.19	.165	13.79	9.24	108

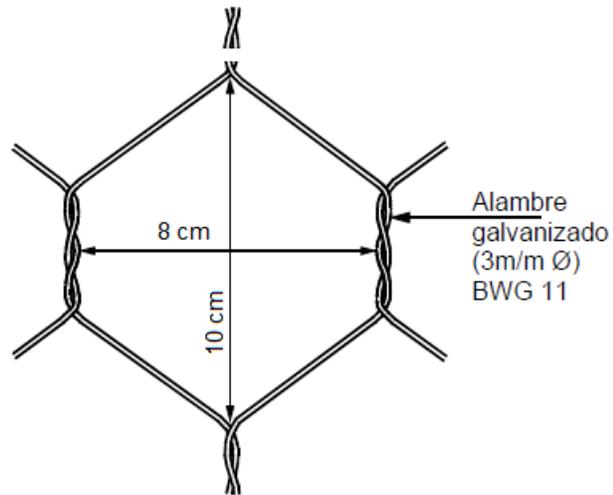
Fuente. Maccaferri

- **Malla**

Se optó por una malla hexagonal o de triple torsión, para tolerar esfuerzos en varias direcciones sin que se produzca rotura, generando más flexibilidad ante movimientos de cualquier trayectoria. Otra razón, consiste en que si se fractura un alambre la malla no se deshilará por completo, situación importante para este muro de altura considerable.

Las torsiones se deben efectuar entrecruzando dos hilos y realizándose tres medios giros. La malla se basa en una escuadría de 8 cm X 10 cm, ajustándose a la norma ASTM A-116, estando sobre las dimensiones recomendadas y no excediendo huecos de abertura mayor de diez centímetros.

Figura 133. Detalle de la Malla hexagonal



Fuente. El autor

- **Tipo de relleno**

La piedra a emplear en el relleno de las canastas proviene de la quebrada La Bella o del Río Otún, economizando transporte y teniendo la confianza de utilizar material resistente a la acción del agua y de los agentes atmosféricos. No se pueden utilizar materiales descompuestos, fracturados o agrietados, en su composición, no pueden existir agentes corrosivos que puedan destruir los alambres del gavión.

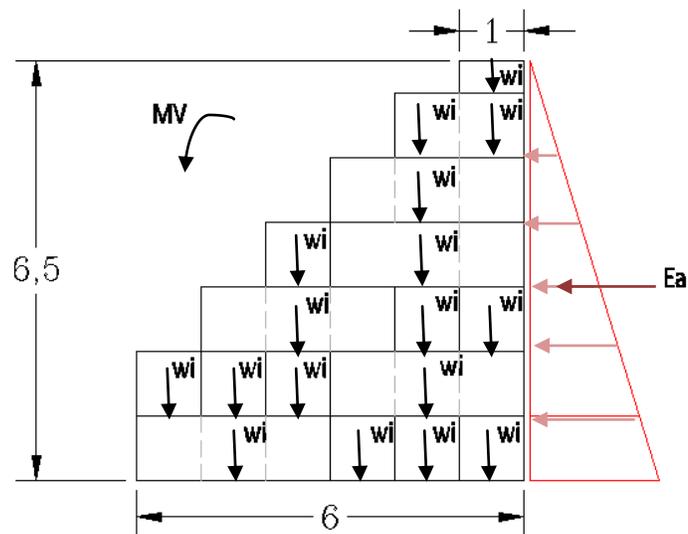
En cuanto a la granulometría, las piezas deben ser angulosas para generar mayor rigidez y de forma regular entre 10 y 20 cm, calculándose para este prototipo una relación de vacíos del 30%. Se debe tener presente colocar los fragmentos de roca más pequeños en la mitad del gavión y los mayores sobre las mallas de la canasta, haciendo una cara vista lo más homogénea posible.

Según el manual de Bekaert³⁰, para este llenado el peso unitario de la roca es de 1800 Kg/m³, cumpliendo con la especificación 681 de las Normas del INVIAS.

ANÁLISIS POR VOLCAMIENTO Y DESLIZAMIENTO

En la zona no hay tráfico vehicular y el tránsito peatonal es muy mínimo, por lo tanto se desprecia y no se tienen en cuenta cargas vivas. De igual manera, la corona no cuenta con cargas extras y el empuje del agua también se desatiende, ya que el gavión es de alta permeabilidad. Para elaborar el análisis, se recurre a los criterios del ingeniero Félix Pérez

Figura 134. Empuje activo



Fuente. El autor

³⁰ líder mundial tecnología y de mercado en soluciones avanzadas para la transformación y revestimiento del metal, y el mayor fabricante mundial independiente de productos elaborados de alambre de acero

- **Cálculo del empuje activo**

Coeficiente de empuje activo (Ka):

$$K_a = \tan^2 (45 - \theta/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45 - 30^\circ/2)$$

$$K_a = 0.33$$

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma_{\text{suelo}} H^2 K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} \times 2510 \text{ Kg/m}^3 \times (6.5 \text{ m})^2 \times 0.33$$

$$E_a = 17497.8 \text{ Kg}$$

- **Momento por volcamiento**

$$M_v = 17497.8 \text{ Kg} \times 6.5 \text{ m} \times 1/3$$

$$M_v = 37911.9 \text{ Kgf-m}$$

- **Momento estabilizante**

Con este diseño de muro, la estructura sólo se estabiliza con el peso de los gaviones. A continuación se calcula el peso total de bloques, multiplicando el peso unitario de la roca por el 30% perteneciente a la relación de vacíos. [23]

$$W_T = \sum_{i=1}^n w_i$$

$$w_t = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] \times 207 \text{ gaviones} = 782460 \text{ Kg}$$

$$w_t = [0.82 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] \times 4 \text{ gaviones} = 12398.4 \text{ Kg}$$

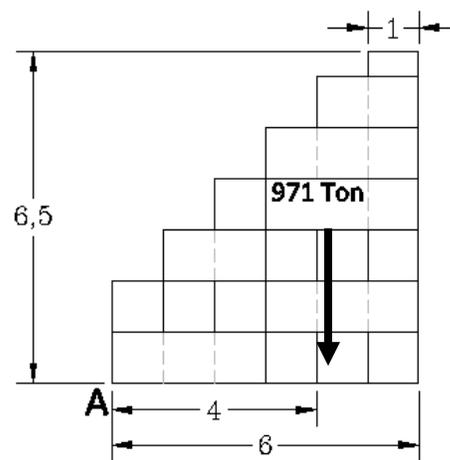
$$wt = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2.82 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] * 9 \text{ gaviones} = 31978.8 \text{ Kg}$$

$$wt = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] * 52 \text{ gaviones} = 131040 \text{ Kg}$$

$$wt = [0.5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] * 7 \text{ gaviones} = 13230 \text{ Kg}$$

$$WT = 971107 \text{ Kg} \quad \text{ó} \quad 971 \text{ Ton}$$

Figura 135. Momento estabilizante



Fuente. El autor

$$Me_A = 971107 \text{ Kg} \times 4 \text{ m}$$

$$Me_A = 3884428 \text{ Kgf-m}$$

- **Factores de seguridad**

FS por volcamiento

$$FS_v = \frac{Me}{Mv}$$

$$FS_v = \frac{3884428 \text{ Kgf-m}}{37911.9 \text{ Kgf-m}}$$

$$FS_v = 102.46 > 2 \text{ OK!}$$

FS por deslizamiento

$$FS_v = \frac{\mu x N}{Ea}$$

$$FS_v = \frac{\tan 30^\circ x 971107 \text{ Kg}}{17497.8 \text{ Kg}}$$

$$FS_v = 32.04 > 1.5 \text{ OK!}$$

- **Punto de aplicación de la normal**

$$X * N = M_e - M_v$$

$$X * 971107 \text{ Kg} = 3884428 \text{ Kgf-m} - 37911.9 \text{ Kgf-m}$$

$$X = \frac{3884428 \text{ Kgm} - 37911.9 \text{ Kgm}}{971107 \text{ Kg}}$$

$$X = 3.96 \text{ m}$$

- **Cálculo de excentricidad**

$$e = \frac{2B}{3} - x$$

$$e = \frac{12 \text{ m}}{3} - 3.96 \text{ m}$$

$$e = 0.04 \text{ m} \quad \text{debe ser menor a } B/6$$

$$\frac{B}{6} = \frac{6}{6} = 1$$

$$0.04 < 1 \quad \text{OK!}$$

Cumple, no hay tracciones

$$\sigma_1 = \frac{N}{Area} (1 + 6 * e/B)$$

$$\sigma_1 = \frac{971107 \text{ kg}}{1789200 \text{ cm}^2} \left(1 + 6 * \frac{4 \text{ cm}}{600 \text{ cm}}\right)$$

$$\sigma_1 = 0.564 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{suelo}}: 2.07 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{Area} (1 - 6 * e/B)$$

$$\sigma_2 = \frac{971107 \text{ kg}}{1789200 \text{ cm}^2} \left(1 - 6 * \frac{4 \text{ cm}}{600 \text{ cm}}\right)$$

$$\sigma_2 = 0.518 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{suelo}}: 2.07 \text{ Kg/cm}^2$$

Las presiones en las extremidades de la base son toleradas por el esfuerzo del suelo, ya que fueron menores a este. Asimismo si hubiera dado negativo, hay tracciones, entonces el empuje activo tiende a volcar el muro.

El muro de protección cumple con lo establecido, por lo tanto el predimensionamiento determinado está en condiciones de ejecución.

PROCESO CONSTRUCTIVO

Preliminar: Disponer el área comprendida por el diseño, de acuerdo a lo estipulado en la sección de cimentación.

Armado y ubicación: Desplegar la malla, situándola en el suelo. Levantar las paredes y las dos cabezas hasta que coincidan las aristas, formando la caja con la tapa abierta. Instalar el gavión una vez armado en la primera fila de canastas que funcionarán como base. Amarrar los gaviones con el alambre número 13, envolviendo los bordes en varias ocasiones para generar mayor estabilidad. Luego instalar los diafragmas como se menciona en el despiece de la estructura. Se debe tener en cuenta el amarre entre unidades para garantizar un muro monolítico.

Figura 136. Gavión armado

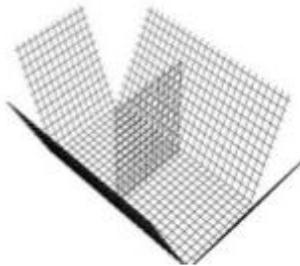


Figura 137. Amarre.

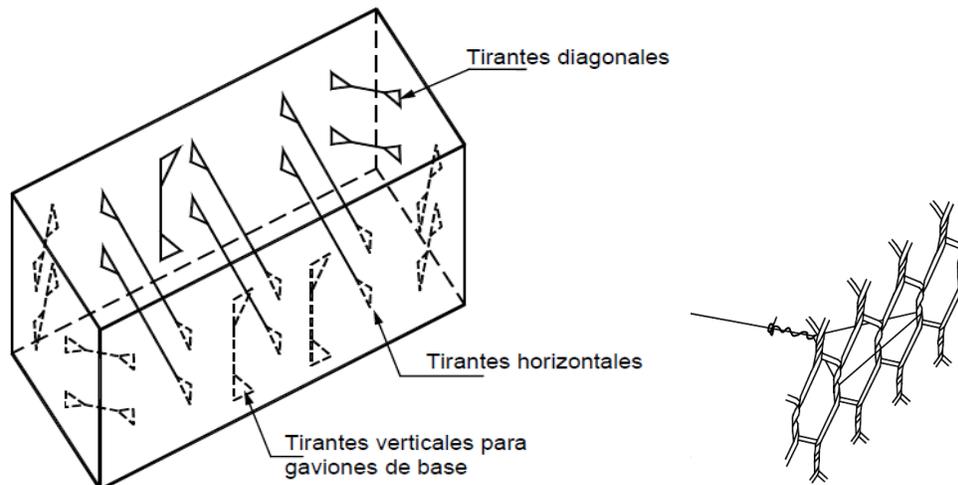


Fuente. www.abianchini.es

Relleno y conectores: Una vez situado y amarrado los gaviones, rellenar con el material rocoso especificado, el cual debe ser colocado dentro de la canasta manualmente. Estar al tanto de que el diámetro del material rocoso nunca valla ser inferior al hexagonal de la malla. Durante el llenado, dejar la menor cantidad posible de vacíos y no deformar las canastas, en caso de suceder, retirar el material, reforzar y volver a llenar. Para evitar deformaciones, en el proceso de llenado colocar conectores diagonales de calibre 11 cada 30 centímetros de altura,

que unan las caras opuestas de la canasta. Del mismo modo, ubicar tirantes horizontales y verticales.

Figura 138. Tirantes de tensión



Fuente. Jaime Suarez Díaz. Manual de ingeniería

Refuerzo: Todos los bordes de los gaviones, incluidos los paneles laterales y los diafragmas, deberán ser reforzados con el alambre número 8, siendo un calibre de diámetro mayor para que no permitan deshilar la red.

Figura 139. Refuerzo



Fuente. www.abianchini.es

Costura y anclaje: Cuando el gavión este lleno, cocer las aristas incluyendo diafragmas con el alambre N^o. 13 y anclarlo a las cajas adyacentes con alambre

calibre 11. El cosido también se debe hacer en todas las aristas de las caras verticales.

Lleno del vacío: Antes de iniciar el lleno, se debe colocar la tela geotextil en la interface entre los gaviones y el material de relleno, fijándola a cada metro aprovechando las sobras del alambre de amarre y haciendo traslapes de 30 metros como mínimo. Luego depositar material de suelo detrás de la filas de gaviones. A medida que se va realizando el lleno ir compactando cada 0.50 metros.

Nota: Las canastas se colocan unas sobre otras tratando de traslapar lo mejor posible las unidades para darle cierta rigidez requerida por el muro. Tener presente que el diámetro de los alambres revestidos en PVC disminuye (Ver **proceso de diseño** para especificaciones y materiales)

16.2.2. Actividad 2

Muro de protección en gaviones

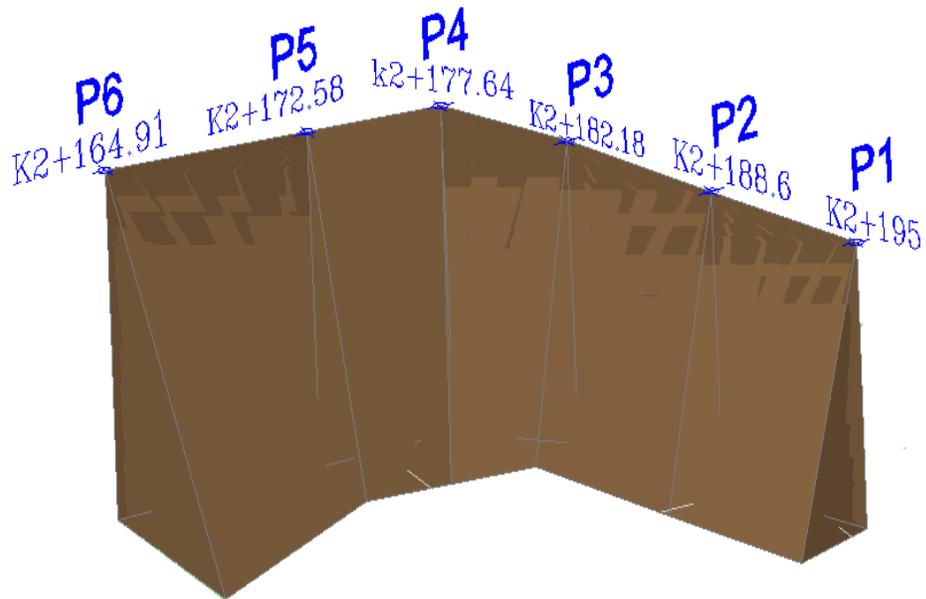
La estructura a diseñar se trata de un muro de altura considerable (**Ver figura 140**), por tal razón, para darle mayor estabilidad es armado con tierra de relleno, generándose una fuerza adicional a la de la gravedad, debido al peso que aporta el material sobre él. La estructura fue diseñada entre el kilometro K2+164.91 y el K2+195 de la quebrada La Bella.

Figura 140. Localización muro integral E2



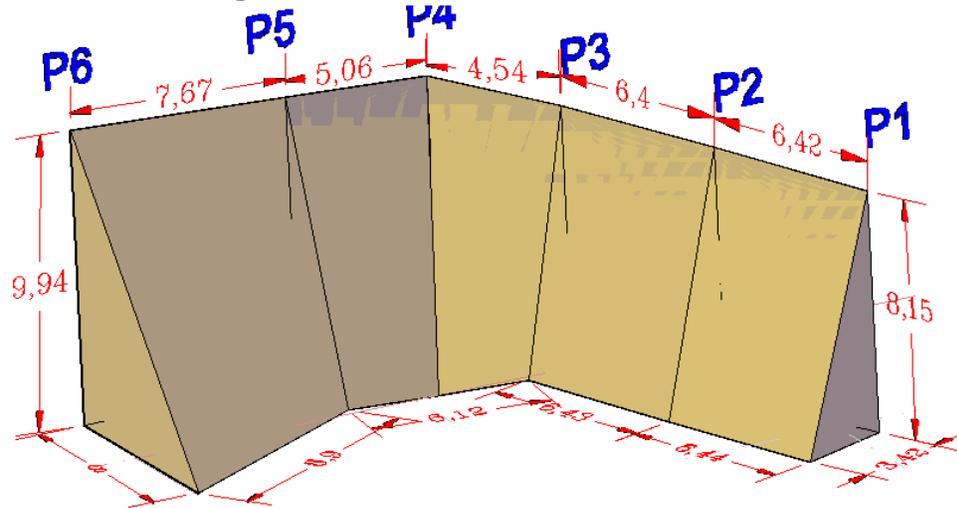
Fuente. El autor

Figura 141. Tramo de la zona intervenida estructura 2



Fuente. El autor

Figura 142. Dimensiones Ladera N°. 2



Fuente. El autor

Con respecto a las mallas, alambres y el material de relleno, se conservarán las características y especificaciones acordadas en la actividad 1. Asimismo, al ubicarse la actividad 1 y 2 en la misma zona, se contempló para ambos diseños las mismas propiedades obtenidas en el laboratorio de suelo, resumidas a continuación:

$$\gamma_h = 2.51 \text{ gr/cm}^3 \text{ ó } 2510 \text{ Kg/m}^3$$

$$\sigma_{\text{suelo}}: 2.07 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C: 0.85 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\theta = 30^\circ$$

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Cimentación

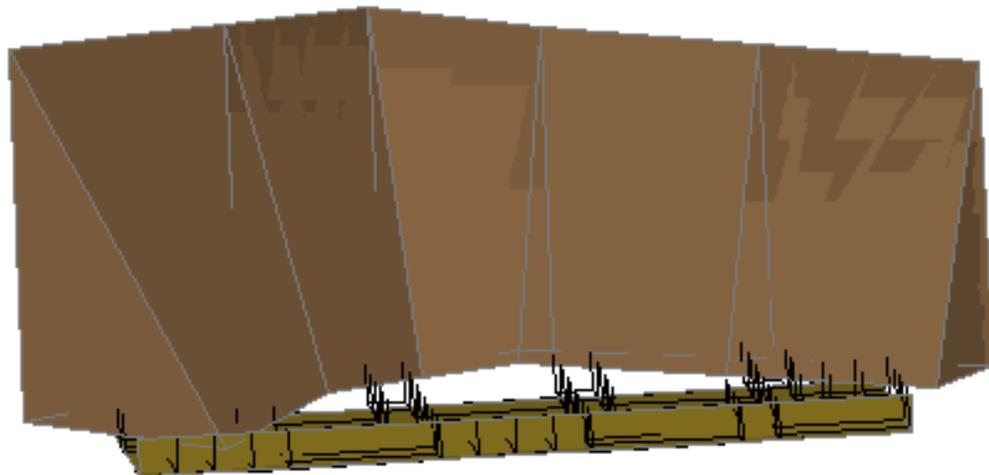
Se debe eliminar la capa vegetal de la zona de ejecución y cavar para formar un cajado de 75 centímetros de profundidad por 21.1 metros de longitud y 9.1

metros de ancho, estimándose en las últimas dos medidas una tolerancia de 30 cm a cada lado para la manipulación de materiales. A parte del cajeadado, se cavan 4 brechas de 1 metro por 1 metro cada 4 metros.

Preparar el área de la base, dejándola con una pendiente del 2% en dirección al talud y compactándola. Colocar una tela filtrante de geotextil ASTM D 4491 entre el enrocado de los gaviones y el relleno de la cárcava, que funcione como filtro para evitar que el material del relleno salga por entre los vacíos del enrocado; e instalar un mortero, para aislar la estructura de la humedad directa del soporte natural. La camada debe ser en concreto y de unos 25 centímetros de espesor, conformado por una dosificación 1:2:4:6 para obtener una resistencia confiable ($f_c=200 \text{ kg/cm}^2$).

Los 50 centímetros restantes serán ocupados por la base de la primera fila estructural que conformará el muro, para prevenir la erosión que puede generar el agua u otro agente mecánico.

Figura 143. Cimentación de Muro integral E1



Fuente. El autor

Predimensionamiento y despiece de la estructura

Con base a la geometría del problema, demandó realizar un muro de protección de 9.5 metros de altura superficial, 20.5 metros de longitud y 8.5 metros ancho base, requiriendo la implementación de gaviones con diferentes dimensiones, cercanas a lo normalmente utilizado para este tipo de construcción (**Ver tabla 32**).

La estructura se conforma por 7 prototipos de gaviones (**Ver tabla 37**), subdivididos en células por diafragmas para reforzar la estructura, implementándose 1 o 2 diafragmas por cada canasta de acuerdo a su longitud, como lo especifica la tabla 32.

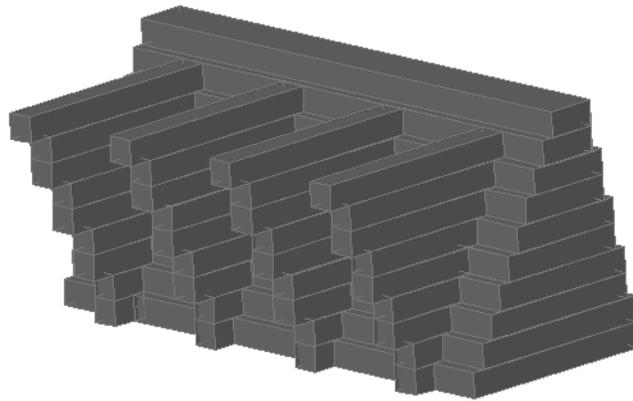
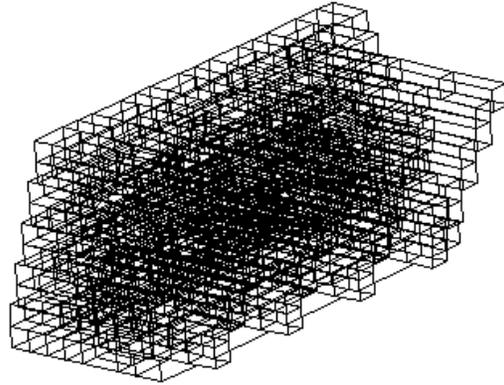
Tabla 37. Cantidad y dimensiones de gaviones Muro de protección 2

Dimensiones en metros (Ancho x Largo x Alto)	Cantidad de gaviones
1 x 1 x 4	89
1 x 1 x 3.5	12
1 x 1 x 2	82
1 x 1 x 2.5	64
1 x 1.5 x 4	3
1 x 1 x 3	124
1 x 1.5 x 3	4

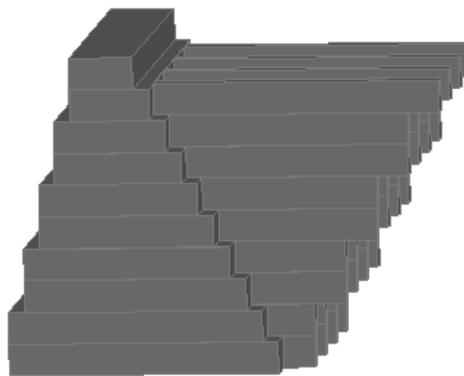
Fuente. El autor

En total, se requiere de 378 canastas, distribuidas de la siguiente manera:

d) Cuerpo



e) Sección

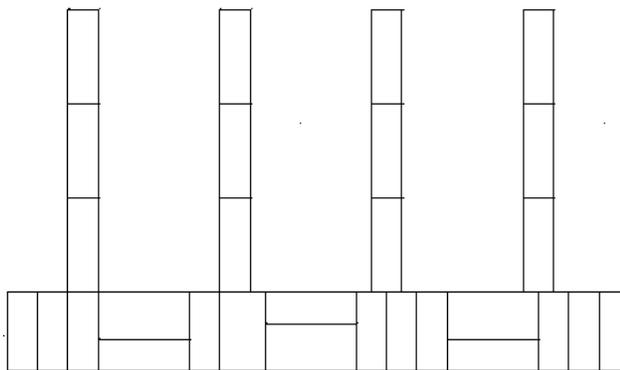


f) Despiece

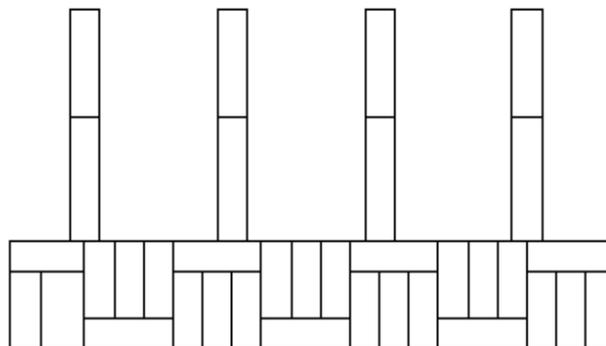
10º Nivel



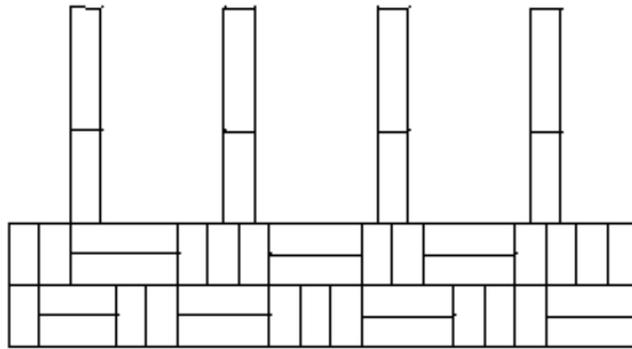
9º Nivel



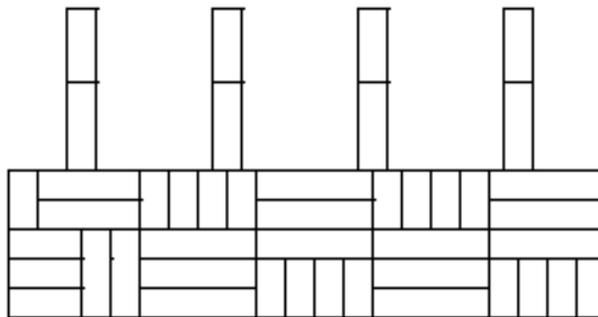
8º Nivel



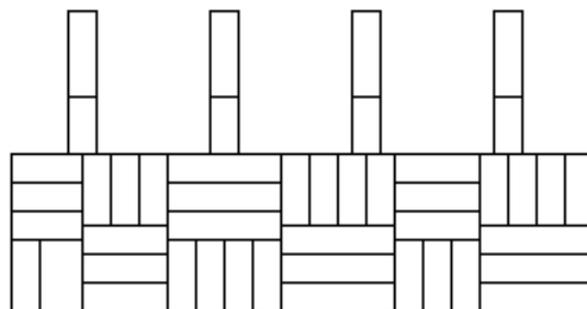
7° Nivel



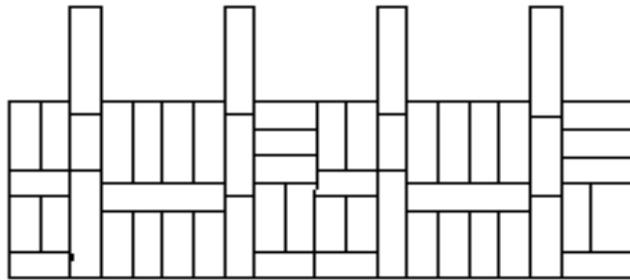
6° Nivel



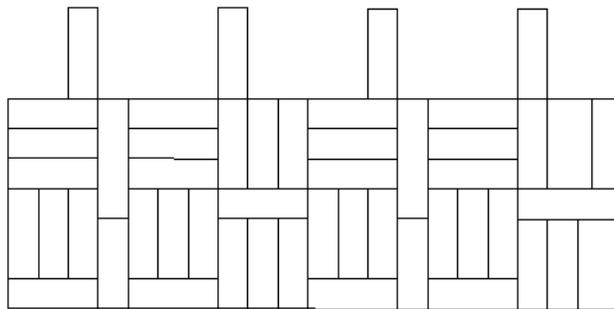
5° Nivel



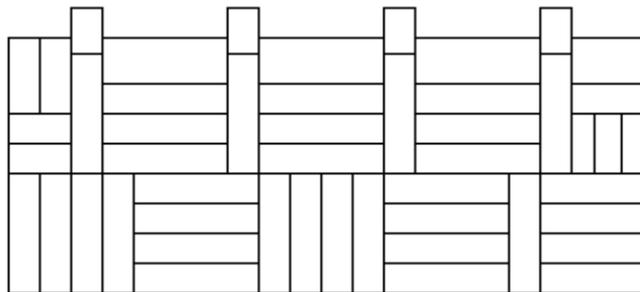
4º Nivel



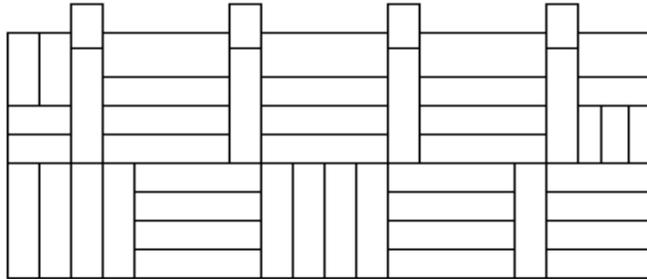
3º Nivel



2º Nivel



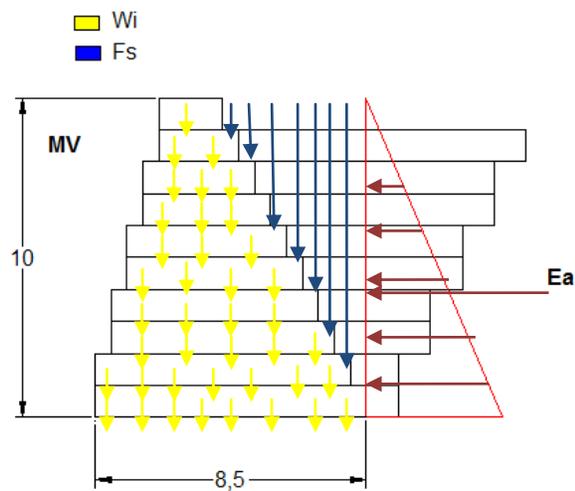
1º Nivel



ANÁLISIS POR VOLCAMIENTO Y DESLIZAMIENTO

Para esta segunda estructura, tampoco se contó tráfico vehicular ó tránsito peatonal sobre la corona, por lo tanto se desprecian estos factores y no se tienen en cuenta cargas vivas. De nuevo, el empuje del agua se ignora por la alta permeabilidad de este tipo de estructura.

Figura 144. Empuje activo



Fuente. El autor

- **Cálculo del empuje activo**

Coeficiente de empuje activo (Ka):

$$K_a = \tan^2 (45 - \theta/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45 - 30^\circ/2)$$

$$K_a = 0.33$$

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma_{\text{suelo}} H^2 K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} \times 2510 \text{ Kg/m}^3 \times (10 \text{ m})^2 \times 0.33$$

$$E_a = 41415 \text{ Kg}$$

- **Momento por volcamiento**

$$M_v = 41415 \text{ Kg} \times 10 \text{ m} \times 1/3$$

$$M_v = 138050 \text{ Kgf-m}$$

- **Momento estabilizante**

Con este diseño de muro, la estructura sólo se estabiliza con el peso de los gaviones. A continuación se calcula el peso total de bloques, multiplicando el peso unitario de la roca por el 30% perteneciente a la relación de vacíos.

$$W_T = \sum_{i=1}^n w_i$$

$$w_t = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 4 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] \times 89 \text{ gaviones} = 448560 \text{ Kg}$$

$$w_t = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] \times 12 \text{ gaviones} = 52920 \text{ Kg}$$

$$w_t = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} (0.70 \times 1800 \text{ kg/m}^3)] \times 82 \text{ gaviones} = 206640 \text{ Kg}$$

$$\text{wt} = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 64 \text{ gaviones} = 201600 \text{ Kg}$$

$$\text{wt} = [1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 4 \text{ m} (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 3 \text{ gaviones} = 22680 \text{ Kg}$$

$$\text{wt} = [1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3 \text{ m} (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 124 \text{ gaviones} = 468720 \text{ Kg}$$

$$\text{wt} = [1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 3 \text{ m} (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ gaviones} = 22680 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel9}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 45360 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel8}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 37800 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel7}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 35280 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel6}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 27720 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel5}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 25200 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel4}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 17640 \text{ Kg}$$

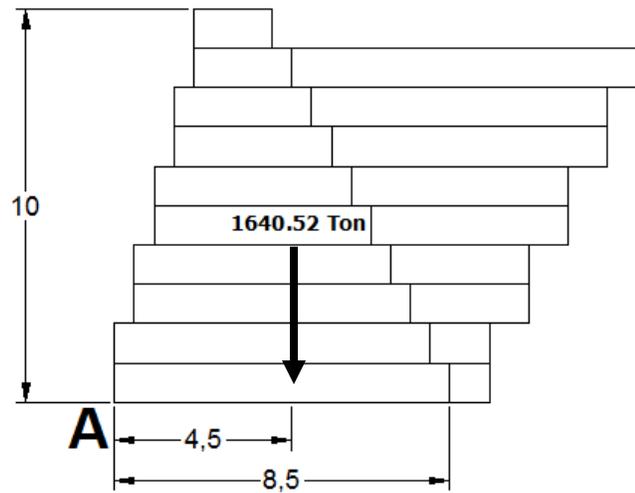
$$\text{wt}_{\text{CFnivel3}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 15120 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel2}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 7560 \text{ Kg}$$

$$\text{wt}_{\text{CFnivel1}} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times (0.70 \times 1800\text{kg/m}^3)] * 4 \text{ un} = 5040 \text{ Kg}$$

$$\text{WT} = 1640520 \text{ Kg} \text{ ó } 1640.52 \text{ Ton}$$

Figura 145. Momento estabilizante



Fuente. El autor

$$Me_A = 1640520 \text{ Kg} \times 4.5 \text{ m}$$

$$Me_A = 7382340 \text{ Kgf-m}$$

- **Factores de seguridad**

FS por volcamiento

$$FS_v = \frac{Me}{Mv}$$

$$FS_v = \frac{7382340 \text{ Kgf-m}}{138050 \text{ Kgf-m}}$$

$$FS_v = 53.47 > 2 \text{ OK!}$$

FS por deslizamiento

$$FS_v = \frac{\mu \times N}{Ea}$$

Para hallar el peso de la normal se calculan las cuñas del suelo para cada bloque y los contrafuertes de cada nivel:

$$WS1= 1 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 25727.5 \text{ kg}$$

$$WS2= 2 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 51455 \text{ kg}$$

$$WS3= 3 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 77182.5 \text{ kg}$$

$$WS4= 4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 102910 \text{ kg}$$

$$WS5= 5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 128638 \text{ kg}$$

$$WS6= 6 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 154365 \text{ kg}$$

$$WS7= 7 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 180093 \text{ kg}$$

$$WS8= 8 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 205820 \text{ kg}$$

$$WS9= 9 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 231548 \text{ kg}$$

$$WS10= 10 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 20.5 \text{ m} \times 2510 \text{ kg/m}^3= 257275 \text{ kg}$$

$$N= WS1 + WS2 + WS3 + WS4 + WS5 + WS6 + WS7+ WS8 + WS9 + WS10 + WT$$

$$N= 25727.5 \text{ kg} + 51455 \text{ kg} + 77182.5 \text{ kg} + 102910 \text{ kg} + 128638 \text{ kg} + 154365 \text{ kg} + 180093 \text{ kg} + 205820 \text{ kg} + 231548 \text{ kg} + 257275 \text{ kg} + 1423800 \text{ Kg}$$

$$N= 2632994 \text{ Kg}$$

$$FSv= \frac{\text{Tan } 30^\circ \times 2632994 \text{ Kg}}{41415 \text{ Kg}}$$

$$FS_v = 36.70 > 1.5 \quad \text{OK!}$$

- **Punto de aplicación de la normal**

$$X * N = M_e - M_v$$

$$X * 2632994 \text{ Kg} = 7382340 \text{ Kgm} - 138050 \text{ Kgm}$$

$$X = \frac{7382340 \text{ Kgm} - 138050 \text{ Kgm}}{2632994 \text{ Kg}}$$

$$X = 2.75 \text{ m}$$

- **Cálculo de excentricidad**

$$e = \frac{B}{2} - x$$

$$e = \frac{8.5 \text{ m}}{2} - 2.75 \text{ m}$$

$$e = 1.5 \text{ m} \quad \text{debe ser menor a } B/6$$

$$\frac{B}{6} = \frac{8.5}{6} = 1.42$$

$$1.5 > 1.42 \quad \text{No cumple}$$

Hay tracciones

$$\sigma_1 = \frac{N}{Area} (1 + 6 * e/B)$$

$$\sigma_1 = \frac{2632994}{1782500} \left(1 + 6 * \frac{150 \text{ cm}}{850 \text{ cm}} \right)$$

$$\sigma_1 = 3 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{suelo}}: 2.07 \text{ Kg/cm}^2$$

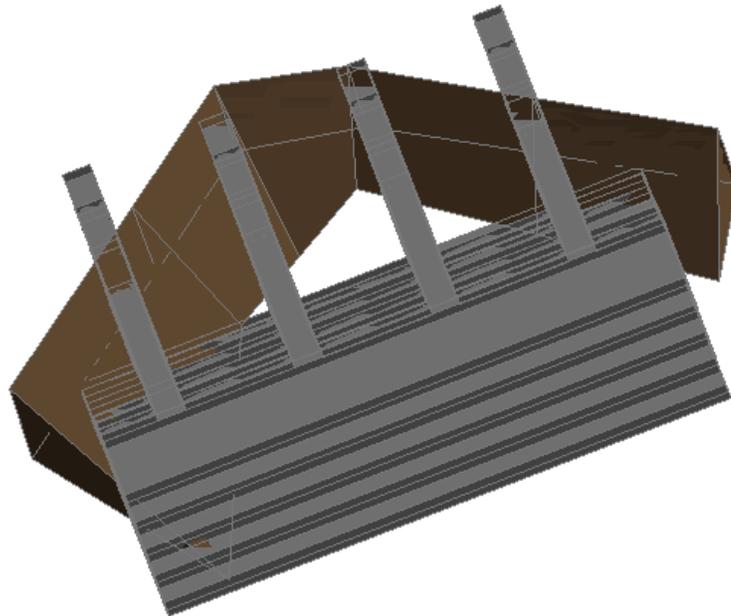
$$\sigma_2 = \frac{N}{\text{Area}} (1 - 6 * e/B)$$

$$\sigma_2 = \frac{2632994}{1782500} \left(1 - 6 * \frac{150 \text{ cm}}{850 \text{ cm}} \right)$$

$$\sigma_2 = -0.06 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{suelo}}: 2.07 \text{ Kg/cm}^2$$

Debido a que existen tracciones y el empuje activo tiende a volcar el muro, además contemplando que la estructura supera los 6 metros de altura, se acudió a contrafuertes en todos los niveles exceptuando el 10. Debido a que el chequeo por deslizamiento cumplió, estos contrafuertes son viables para el diseño.

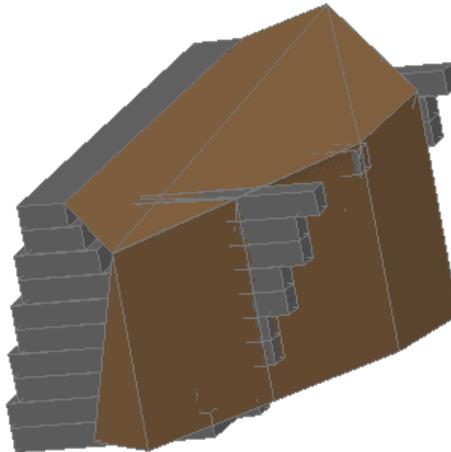
Figura 146. Contrafuertes



Fuente. El autor

Los contrafuertes instalados de manera perpendicular a la estructura, son empotrados en el talud de manera que funcionen como refuerzos adicionales a partir de la fricción que se genera entre el suelo y las paredes del contrafuerte. Las longitudes de estos anclajes aumentan 0.5 metros en dirección al muro cada que suben de nivel y 1 metro en dirección al talud cada dos niveles, Generándose más fricción en los niveles superiores para brindarle más amarre al muro

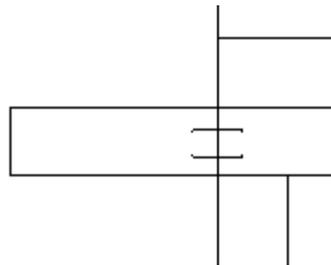
Figura 147. Contrafuertes en ladera



Fuente. El autor

Al tratarse de un muro esbelto y colocando a trabajar los contrafuertes como anclajes a tensión, a parte del amarre convencional entre las cajas, se debe unir los contrafuertes con ganchos de acero a los gaviones del muro. Para este amarre se utilizan varillas N^o. 2.

Figura 148. Unión de contrafuertes



Fuente. El autor

PROCESO CONSTRUCTIVO

Tomar como guía el procedimiento indicado en la actividad N° 1, añadiendo la instalación de los contrafuertes. Para estos, se debe instalar de manera que se haga un traslape mínimo de 0.5 metros por caja. Los gaviones que funcionan como contrafuertes deben ser revestidos en tela filtrante de geotextil ASTM D 4491.

CAPÍTULO X

17. SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO CON POBLADORES DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA LA BELLA

Es fundamental para el éxito del trabajo contar con la colaboración de los líderes del sector, ya que son personajes que reflejan credibilidad y confianza a la población. A través de ellos fue posible la socialización, quienes actuaron como difusores de la información del proyecto.

Se creó un informe conformado por los principales puntos del trabajo, el cual fue entregado y puesto en común con 5 líderes de diferentes zonas de la microcuenca, tratándose de:

Presidente Junta La Estrella: Jhonier García (**Ver Anexo A: Líder La Estrella Morrón**)

Director emisora regional el Provenir: Ariel Castro (**Ver Anexo A: Líder El Porvenir**)

Fontanero acueducto Charco Hondo: Jorge Murcia (**Ver Anexo A: Líder prestador agua potable**)

Institución educativa La Bella: Rector Octavio Mesa Noreña (Integrante del plantel a cargo del proyecto)

Escuela Consota : Docente Mónica Vargas (Integrante del plantel a cargo del proyecto)

CAPÍTULO XI

REFLEXIONES

El análisis general primordialmente abarcó los componentes medio ambientales del agua y el suelo, por ser fundamentales en un ecosistema. De ellos, se determina el estado de otros componentes importantes para la conservación.

Para evaluar la calidad del agua perteneciente a una quebrada no se confrontó los resultados del laboratorio con los parámetros de agua cruda, sino con los parámetros admisibles específicamente para consumo humano. Aunque el líquido es procesado y por lo tanto la comparación hubiese bastado con límites de agua cruda, el acueducto Charcohondo no presta el servicio a toda la población, acudiendo una parte de los pobladores al servicio de agua directamente de la quebrada. Lo anterior indica que el agua de consumo no pasa por ningún tratamiento y la única manera de saber si se rige el artículo 69 de la ley 9 de 1979, que dice de toda agua para consumo humano debe ser potable cualquiera que sea su procedencia, era confrontándola con los parámetros más estrictos de índice de riesgo.

La microcuenca al tratarse de una reserva natural, en principio se presumió que el agua ubicada al principio de la quebrada, no estaba involucrada por impactos contaminantes. Por eso, la razón de haber tomado la segunda muestra en la ubicación dada, deduciéndose que toda la quebrada demuestra el mismo nivel de parámetros.

Cabe mencionar, que así el recurso haya presentado problemas de calidad a través de la calificación del IRCA en algunos parámetros para la destinación al consumo humano, en otros factores no influyen, es decir, para otras finalidades las normas disminuyen los criterios de calidad y no requieren valores en cero, como actividades agrícolas, fines recreativos para contacto primario y secundario y abastecimiento para fauna y flora.

Entendiéndose que la actividad mixta (agrícola y pecuaria) es de gran influencia en la zona y a la vez, una de las causas más críticas por disminución de la calidad del agua, la quebrada La bella no presentó impactos en los parámetros de DBO₅, DQO, pH, turbiedad y alcalinidad total.

Aunque existen estructuras construidas sobre el perímetro de la quebrada La Bella y relativamente se encuentran en buen estado y prestando una función correcta, no contrarrestan el movimiento de masas en su totalidad.

En la morfometría hubieron resultados que se contradijeron, mientras el factor forma (K_F) y el índice de Gravelius (K_c) indicaron que la microcuenca por su forma no presenta alta peligrosidad y tiene menos posibilidades de eventos de crecientes; la Relación de bifurcación junto con la precipitación mostraron fuertes precipitaciones en ondas de crecidas rápidas.

A pesar que la pendiente demostró una zona predominada de taludes y la geología presentó los requisitos para un alto potencial a generar ciertos procesos erosivos, sólo existió la necesidad de implementar dos estructuras de protección. Llegando a este pronóstico, se aportó cuál era el riesgo que aquejaba las laderas y que solución se debía implementar.

Se esperaba un papel más crítico de plaguicidas sobre el suelo. Aunque el uso de sustancias es frecuente, no se evidenciaron zonas con suelos en deterioro

considerable. Puede ser a la capacidad de auto-depuración que posee el suelo lugares más contaminados, que le permite asimilar una cierta cantidad de contaminantes. Según Stephenson y Solomon (1993), argumentan que muchos plaguicidas se disipan rápidamente en los suelos. Se trata de un proceso de mineralización y el resultado es la conversión del plaguicida en compuestos más simples, como H_2O , CO_2 y NH_3 .

La cuenca baja por su textura, se calificó como una tierra no deseable para la agricultura. Siendo así, es sorprendente la fertilidad del suelo, a pesar que las condiciones no son aptas para sembrar hay gran variedad de cultivos.

Normalmente la deficiencia de Zinc ocurre en suelos pobres de materia orgánica. Fue curioso que el informe presentara un bajo nivel de Zinc para la microcuenca, la cual posee abundante materia orgánica. Quizás el número de muestras a examinar en el laboratorio debe ser mayor al que fue recomendado.

Al confrontar el uso potencial estipulado por la CARDER y el uso actual en la microcuenca, no existe una similitud en las áreas demarcadas como uso de protección a la actividad agrícola.

Es importante tener en cuenta en la evaluación del riesgo, que la calificación cuantitativa se ubicó en el punto máximo del nivel medio, muy próximo al nivel alto. Reflejando que a pesar de que el daño no es drástico, puede estar próximo a serlo.

La formulación del diseño de pozos sépticos prefabricados puede generar controversia para el lector en cuanto a costos y por lo tanto, no considerarse como una propuesta no viable al tener en cuenta que es destinada para una población

de bajos recursos. Pero en realidad, los tanques prefabricados son una opción útil y económica cuando las ubicaciones son de difícil acceso, como en este caso, que son viviendas con áreas sensibles a equipamiento pesado. El único perjuicio que podría presentar los sistemas individuales, se debe a la cultura de usarlos como si estuvieran conectados a un sistema central de alcantarillado, porque el efecto promedio que se tiene no es el mismo que si estuviera conectado a un sistema con sus vecinos.

En el diseño para los muros de protección, se realizaron las operaciones posibles para disminuir los costos, sin poner en riesgo la estructura y planteando un proyecto más factible.

Al efectuar el ensayo de compresión inconfiada, la muestra presentó mucho material rocoso, lo que influyó a fallar la muestra más ligero. Aunque el suelo presentó una resistencia firme en la prueba, era de establecerlo así por su cantidad de piedra.

En los muros de protección algunos factores de seguridad fueron muy sobrados, debido a las grandes áreas de las bases y la buena resistencia del suelo.

Para armar un plan de conservación eficaz, a parte del perfil ingenieril se debe acudir a otros campos profesionales. Por tal razón, se plasmó un plan atendido por diferentes disciplinas, responsables de algunas actividades de protección.

Se debe tener presente, que las obras propuestas requieren permisos de ocupación de cauces. Haciéndose mención de la resolución N° 045, por medio de la cual la CARDER controla y regula la demanda ambiental. [16]

CAPÍTULO XII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las obras de protección existentes en las laderas y sobre el cauce, no demandaron la necesidad de recibir un plan de acción. Escasamente, algunas estructuras requirieron ciertas recomendaciones civiles para su durabilidad en un futuro.

A pesar que la microcuenca comprende una geografía montañosa, el diagnóstico solicitó sólo dos obras de protección.

El laboratorio de aguas dictaminó un pH ácido, lo que influyó en los diseños de los muros de protección. Mientras que el ensayo de compresión no confinada, estableció un suelo muy firme con una resistencia de 2.07 Kg/cm².

Se precisa que los procesos antrópicos son los riesgos que más alertan la zona estudiada. En la calificación de amenazas el 81.82% del contenido que se evaluó fueron actividades generadas por el hombre, siendo la contaminación la más crítica.

Para armar el programa de conservación, fue necesario crear 9 fichas, las cuales mitigan y previenen impactos. De los planes propuestos se ejecutaron 2 que estaban comprometidos con el perfil profesional, la ficha 2: Manejo de aguas residuales y la ficha 9: Protección de laderas.

De acuerdo a los antecedentes de este trabajo, se puede concluir que la microcuenca de la quebrada La Bella se encuentra en buen estado a pesar de afrontar problemas de contaminación, presentando en la evaluación general realizada una amenaza media.

La zona estudiada posee una biota rica en diversidad, característica primordial para lograr conservar un ecosistema. El resto del trabajo está en la población, en la función de preservar lo que gozan hasta la actualidad. Si se toma conciencia y se desarrollan actividades en comunión con el medio ambiente se preservarán los parámetros no amenazados y se rehabilitarán los comprometidos.

En cuanto a la calidad del agua, es primordial tener el líquido de la quebrada la bella en un límite de calidad sobresaliente, de lo contrario, la población de la zona perdería uno de los recursos más bebibles que aún les queda. Aunque se cuente con tratamiento del acueducto Charcohondo, es preferible recibir el agua para tratar en las mejores condiciones posibles; o sólo es ver una parte de los pobladores que habitan la microcuenca y toman sus aguas de la quebrada San pablo, donde informes de análisis de calidad del agua de dicha fuente, desarrollados por el Laboratorio Departamental de Salud Pública han demostrado la deficiencia del sistema de tratamiento, lo cual es un perjuicio para la salud pública. Ver el **Anexo H** para conocer los informes y los posibles riesgos presentados en este tipo de acueductos.

Sería muy importante que el resto de fichas ajenas al campo de ingeniería civil, fueran ejecutadas por facultades competentes a cada tema.

Se deben seguir realizando estudios de calidad del agua en la quebrada La Bella, esto se debe al riesgo que presentan sus aguas. Es importante este punto, si se tiene en cuenta que en la zona yace un nacimiento y de él dependen los habitantes de La Estrella, Morrón, Estrella – Morrón y parte del Porvenir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[22] ALPÍZAR, Francisco. Gestión integral de cuencas hidrográficas [online]. Torrialba, Costa Rica, 2006. Disponible en: <><http://es.scribd.com/doc/52595957/CURSO-BASICO-DE-MANEJO-DE-CUENCAS-HIDROGRAFICAS>. [Consulta: 27-04-2012]

[20] ANÁLISIS DE SUELOS Y CONSEJOS DE ABONADO [online]. 22 de junio de 2007. <>http://www.larioja.org/upload/documents/518266_inea_interpretacion_suelos.pdf [Consulta: 03-05-2013]

[2] JARDILA HERNANDEZ, Mónica María. Evaluación de impacto ambiental Cuertiembres Boyacá EU. Tecnología en control ambiental. Boyacá: Sena, Centro Nacional Minero, 2011. 96 p.

[25] BIOLOGISTICA S.A.S. [online]. <>
http://www.biologistica.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=20:pozos-septicos&catid=4&Itemid=2. [Consulta: 23-06-2013]

[24] CHOW, Ven Te, Maidment, Davis y Mays, Larry. Hidrología Aplicada. McGraw – Hill Interamericana. Bogotá, Colombia, 1998. [Consulta: 22-08-2012]

[9] CONSORCIO TLBG/UP. – Análisis de Escenarios de Desarrollo y Plan Indicativo de Ordenamiento Territorial Ambiental para la Región Occidental de la Cuenca del Canal de Panamá [online]. Disponible en: <http://www.pancanal.com/esp/cuenca/piota/12.pdf>

[11] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Decreto 475 (10, marzo, 1998). Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. Diario oficial. Bogotá, 1998.

[16] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA [online]. <><http://www.carder.gov.co>.

[23] DE ALMEIDA B, Pérsio [online]. Cálculo de muros de gaviones. <><http://es.scribd.com/doc/49846528/Calculo-de-Muro-de-Gaviones> [Consulta: 17-04-2013]

28. DECRETO 475 DE 1998 [online]. Por la cual se expiden normas técnicas de calidad. <>http://www.dmsjuridica.com/CODIGOS/contitucion_politica/decretos/1998/DECRETO_475_1998.htm [Consulta: 24-02-2013]

29. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. Acueducto, Alcantarillado, Vertimientos Industriales: Normas de diseño. [Consulta: 03-011-2012]

[13] FRAUME RESTREPO, NESTRO JULIO [online]. Diccionario ambiental. Ecoe ediciones, 2007. 179 p. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=77Jot7HN1iIC&pg=PA179&dq=que+es+erosion&hl=es&sa=X&ei=tieZUNNugZ7yBKWegOgO&ved=0CDAQ6AEwAQ#v=onepage&q=que%20es%20erosion&f=false>.

30. FUENTES JUNCO, JOSÉ DE JESÚS ALFONSO. Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del parque nacional pico de tancitaro [online]. Instituto Nacional de Ecología. México, julio de 2004,

<>http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria_pico_tancitaro.pdf
[Consulta: 19-01-2013]

[15] GUIA AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE ADECUACION DE TIERRAS DISTritos DE RIEGO y/o DRENAJE [online]. INAT. 2003. <>
http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_guias/guia_ambiental_adequacion_tierra.pdf [Consulta: 25-01-2012]

31. HELWEG, Otto J. Recursos hidráulicos; Planeación y administración. Editorial Limusa, México, D.F. 1994. [Consulta: 17-06-2012]

32. HENAO S, Jesús Eugenio. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás, Centro de Enseñanza Desescolarizada. Santafé de Bogotá, D.C. 2006, 395 páginas. [Consulta: 28-04-2012]

33. ICEL. Aprovechamientos hidroeléctricos de la cuenca hidrográfica del río Otún. Informe de Prefactibilidad Volumen V: Ecología - Socioeconomía. Estudios Técnicos Ltda, 1983. [Consulta: 02-04-2012]

34. ICONTEC. Guía sobre citación y referenciación de textos académico investigativos. Instituto colombiano de normas, 2008. [Consulta: 24-08-2012]

35. I.N.V. E 152-07 [online]. Colombia, 2006. Disponible en: <>
ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-152-07.pdf [Consulta: 19-06-2013]

[3] Kramer García F. Educación Ambiental Para El Desarrollo Sostenible. 240 pág.

36. LINSLEY, Ray K, Jr. Hidrología para Ingenieros. McGraw - Hill, México, DF; 1990, 386 páginas. [Consulta: 12-06-2012]

[27] MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TANQUES SÉPTICOS [online]. <> <http://es.scribd.com/doc/94817796/MANUAL-DE-OPERACION-Y-MANTENIMIENTO-TANQUE-SEPTICO> [Consulta: 298-06-2013]

[7] MEJIA CLARA, Mario René. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis sobre conservación. Costa Rica, Escuela de Postgrado, 2005. 110 p.

[14] MILLÁN LÓPEZ, Javier Antonio [online]. Guía ambiental para corregir, compensar y evitar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Bogotá: primera edición, agosto, 2005. 22p. <>http://www.minambiente.gov.co/documentos/42_guia_reduccion_y_prevention_de_riesgos.pdf [Consulta: 12-04-2013]

[19] Ministerio del Medio Ambiente, Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), Asociación Colombiana de Porcicultores (ACP) [online]. Guía Ambiental para el Subsector Porcícola. Bogotá (2002). Consulta: 24 de octubre de 2012. <>http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADa%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRICOLA%20Y%20PECUARIO/Gu%C3%ADa%20Ambiental%20para%20el%20subsector%20Porc%C3%ADcola.pdf. [Consulta: 10-05-2012]

37. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL [online]. 22 de junio de 2007. <>

http://www.minambiente.gov.co/documentos/res_2115_220707.pdf [Consulta: 15-04-2013]

38. MINISTERIO DE SALUD. Tecnologías apropiadas en saneamiento básico. Series de promoción de salud, 1994. [Consulta: 12-09-2012]

[26] MONSALVE S., Germán. Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2da edición. Enero de 1999. 382 páginas. [Consulta: 09-06-2012]

39. NUTRIENTES DEL SUELO [online]. 22 de junio de 2007. <>
<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf>
[Consulta: 05-05-2013]

[6] OSORIO ROBLES, Francisco; TORRES ROJO, Juan Carlos y SANCHEZ BAS, Mercedes [online]. Tratamientos de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. España: Ediciones Diaz de Santos, 2010. [Citado 8, noviembre, 2012]. Disponible en:
http://books.google.com.co/books?id=iSb3SOimbnlC&pg=PA2&dq=sistemas+de+tratamiento+de+aguas+residuales+domesticas&hl=es&sa=X&ei=DJ6SUOfgEIOw8AT_t4DwAg&ved=0CDAQ6AEwAQ#v=onepage&q=sistemas%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20domesticas&f=false

40. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA DE LAS QUEBRADAS LAS PANELAS Y LA BALSA [online]. <>
http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/cuenca_panelas/DIAGNOSTICO/2.11CARACTERIZACION_AMBIENTAL.pdf [Consulta: 16-02-2013]

[21] PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO [online].
<http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Propiedades%20Fisica%20del%20Suelo.pdf> [Consulta: 14-03-2013]

[18] RED HIDROCLIMATOLÓGICA DEL DEPARTAMENTO DE RISARALDA [online]. Universidad Tecnológica de Pereira. 2009. <>
<http://www.utp.edu.co/hidroclimatologica/es/pluviometros/mensuales/boc-acueducto-la-bella#> [Consulta: 25-07-2012]

[1] REVISIÓN DEL POT [online]. Concejo Municipal de Pereira, julio 28 de 2006.
<><http://portal.pereira.gov.co:7778/PUBLICADOR/NORMATIVA/ACUERDOS/2006/Acuerdo-023-%202006.pdf> [Consulta: 07-05-2012]

[4] SALAZAR OROZCO, Leonel. Estimación del riesgo por disminución de calidad del agua que se le presenta al acueducto comunitario el chocho cancelés. Vereda la estrella morrón, municipio de Pereira (Risaralda). Pereira: Universidad tecnológica, Facultad de ciencias ambientales, 2009.

[10] SAAVEDRA, Carlos. “El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales”. Edición Wendy Rivera. La Paz, Bolivia. Octubre, 2009. 38 p.

[17] SILVA MEDINA, Gustavo. Hidrología Básica. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Santafé de Bogotá, 1998, 137 páginas. [Consulta: 18-05-2012]

[12] SUAREZ DÍAZ, Jaime. Manual de ingeniería para el control de erosión. Bucaramanga 1972. 317 p. [Consulta: 27-06-2013]

[5] VELA CUELLAR, José Manuel. Gestión ambiental. Pitalito Huila: Instituto Técnico Ecapetrol, 2011.

[8] WILLIUS KARL, Charly. El ciudadano [online], 25, julio, 2005. Disponible en: http://elciudadanoargentino.blogspot.com/2005/07/la-preservacin-del-medio-ambiente_25.html

ANEXOS

ANEXO A. ENTREVISTAS REALIZADAS

Entrevista 1

Señor: Evelio Benítez

Condición: Reubicado Plan de vivienda número 1.

Profesión: Vendedor ambulante, Vocero plan de vivienda número 1.

El primer entrevistado es un hombre recorrido y conocedor de la idiosincrasia del pueblo colombiano, manifestó que una de las situaciones difíciles para los habitantes de los Planes de Vivienda, después de 10 años, es que aún no se les ha entregado los documentos de legalización por parte del INCODER, pues una causa es que las escrituras no quedaron bien definidas por incoherencias y en estas condiciones la Notaría no pudo registrarlas. Agregó que los mapas del loteo quedaron pequeños y el mapa general lo tiene INCODER en sus instalaciones de la Clínica Maraya.

Otra problemática de la vereda son las vías de comunicación en mal estado, el acueducto funciona bien y el cobro por cada 20 m³ es de 2500 pesos, la recolección de basuras se hace con una frecuencia de dos veces por semana y el sistema séptico colectivo cobra 2500 pesos por mes y el mantenimiento se hace cada año.

La energía eléctrica es de 35000 pesos por mes, dice Don Evelio que “es bastante onerosa, respecto a los estratos 1 y 2 de Pereira”. Agrega que “el colegio tiene

sistema séptico propio”, lo cual es un aspecto positivo para el entorno y para la salud de los estudiantes y docentes.

Entrevista 2

Señor: Ariel Castro

Condición: Habitante Sector el Porvenir

Profesión: Director emisora regional el Provenir, Herrero.

El segundo entrevistado fue el Sr. Ariel Castro, director de la emisora regional El Porvenir Estéreo, quien gentilmente ofreció información fotográfica y videos de las visitas realizadas a la cuenca por parte de funcionarios públicos y privados. Tiene mucha pertenencia por su región y por las problemáticas Ambientales que agobian el entorno, pues sus habitantes están localizados, justo al final de la microcuenca, a donde llegan todas las aguas residuales producto de las actividades que se realizan en ella, como el pastoreo en laderas, las porcícolas con su ingrediente residual, lo mismo que otros vertimientos domésticos e industriales, además de quienes arrojan basuras, residuos sólidos y escombros, teniendo en cuenta que en su corto recorrido la quebrada La Bella, tiene otros tres acueductos para abastecer.

Cuenta Don Ariel, que participó en el último mantenimiento de los sistemas sépticos y que la Carder tiene en sus archivos las Actas de Visita de funcionarios y de mantenimientos realizados. Por correo electrónico el Sr. Castro envió al tesista documentos fotográficos y videos como apoyo al proceso investigativo que se va a realizar en su trabajo de grado, igualmente solicitó una copia del mismo para la biblioteca del Porvenir.

Entrevista 3

Señor: Jhonier García

Condición: Presidente del Plan de Viviendo número 2. Sector La Estrella.

Profesión: Tendero, Campesino.

Don Jhonier expresó el estado en el que se encuentra su comunidad. Contó que tienen alcantarillado y ellos mismos deben realizar el mantenimiento, debido a que las empresas públicas no son constantes y tampoco realizan campañas de conservación y bienestar por la naturaleza. Agregó que la comunidad ha ido creciendo y el sistema séptico sigue siendo el mismo, pero con la tarea de soportar cada vez un número mayor de usuarios.

Entrevista 4

Señor: Jhon Jairo Torres

Condición: Habitante cuenca baja Quebrada La Bella.

Profesión: Camionero, Campesino.

Afirmó que tienen acueducto propio y les colocaron sistema séptico hace un año aproximadamente. El mantenimiento se realiza cada 3 meses de manera empírica por ellos mismos y el servicio de recolección de basuras se les presta 2 veces por semana.

Su mayor preocupación son varios afluentes que vierten a la quebrada La Bella, pues recalcó que en ellos hay nacimientos de agua y nadie los protege. La gente corta árboles en esa zona para la siembra de café y maíz.

Entrevista 5

Señor: Fernando Torres

Condición: Habitante cuenca baja Quebrada La Bella.

Profesión: Agricultor.

El entrevistado es la cabeza principal de un sistema familiar compuesto por 5 adultos y 3 niños. Ubicados en un predio propio que cuenta con un terreno de 2 hectáreas destinadas a cultivos de pan coger, suficientes para abastecerles las necesidades alimentarias e inclusive, don Fernando nos afirmó que comercializa con plátano, café y pertenece a la federación de cafeteros. Dice que esta asociación les brinda herramientas como capacitaciones y abonos como alto 100, para que sus cafetales pertenezcan en buen estado.

Aunque su función radica en la agricultura, también se ha desempeñado en la actividad pecuaria. Ha tenido bovinos en su finca pero a la fecha en que se realizó la visita el corral estaba deshabitado; debido a problemas económicos vendió una vaca lechera. En el momento tiene un gallinero con 20 animales. Aseguró que la gallinaza se le hace una compostura y es vertida a los cafetales como abono.

Esta finca cuenta con sistema séptico construido por las empresas prestadoras de servicios públicos. Les fueron entregados cartillas para el manejo del sistema y Don Fernando le hace mantenimiento cada 8 meses, depositando los residuos en un hueco con el fin de ser enterrados. Al cabo del tiempo recurre a este material para usarlo como abono.

En cuanto al resto de servicios públicos, tienen energía, no cuentan con acueducto y su manera de acceder al recurso hídrico es por medio de los 4 nacimientos que

goza la finca. Las mujeres de la casa se encargan de reciclar papel, plástico y cartón, para luego ser llevado a la caseta de reciclaje ubicada en el Porvenir, donde la CARDER les canjea este material por alimentos de primera necesidad. Esta actividad se estableció con el fin de incentivar al reciclaje y evitar contaminación contra el medio ambiente. Por otra parte es de gran ayuda para la comunidad. Para el resto de material no utilizable, el carro de la basura pasa los miércoles y sábados por la vía Pereira – La Florida, a 1 kilómetro de la finca.

Entrevista 6

Señor: Alberto Cardona

Condición: Habitante cuenca alta Quebrada La Bella.

Profesión: Casero, agricultor, avicultor.

A pesar de que el predio donde labora don Alberto está ubicado en un terreno bastante montañoso y a una altura de 1812 m.s.n.m.(30 minutos a pie) , señaló la variedad de cultivos de pan coger que atiende, como café, naranja, banano, plátano y limón.

También afirmó el buen rendimiento que ha cogido la actividad avícola. Desde hace varios años ha criado gallinas ponedoras en un pequeño corral junto a la casa, con un promedio de 90 animales. Pero debido a la alza de demanda de huevos, hace 5 meses construyeron un galpón macro en donde se pueden tener hasta 2500 gallinas.

Comentó que el olor de la gallinaza es fuerte pero que todo es cuestión de costumbre. Además recalcó que no eran los únicos en esta actividad; a uno 15 metros más arriba se encuentra otro galpón.

Entrevista 7

Señora: Elvira

Condición: Habitante Vereda Morrón

Profesión: Ama de casa.

Doña Elvira es la esposa del agregado que atiende una finca ubicada a pocos metros del colchón de agua de una de las vertientes principales de la quebrada la Bella. El predio abarca un terreno cerca a una cuadra y es de uso ganadero y agrícola.

En base a sus palabras, dio a entender que el terreno sólo cuenta con 2 vacas, 2 terneras y 1 novillona debido a la situación financiera del dueño, quien no ha podido extender su actividad ganadera.

A parte de la producción lechera que obtiene la finca, tiene otros ingresos como el café y el plátano. En cuanto a plaguicidas y fumigaciones, utilizan fertilizantes mezclados para la aplicación del suelo (Agrocafé), Profol y glifosato (Glifo Café).

En cuanto a servicios públicos el predio cuenta con energía, acueducto proveniente del centro poblado la Bella y carece de sistema séptico. Como dijo doña Elvira: “Acá no he visto cajas de cemento, todas las aguas de la casa caen a un hueco que hicieron debajo de esta tierra”. Esta vivienda no tiene ningún tratamiento de aguas residuales, solo se limita a deshacerse de las aguas inservibles por medio de una letrina. Situación delicada debido a la poca distancia que existe con un afluente.

Líderes partícipes del proyecto

Líder La Estrella Morrón: Jhonier García

Figura A



Fuente. El autor

Líder El Porvenir: Ariel Castro

Figura B



Fuente. El autor

Líder prestador de agua potable: Jorge Murcia

Figura C



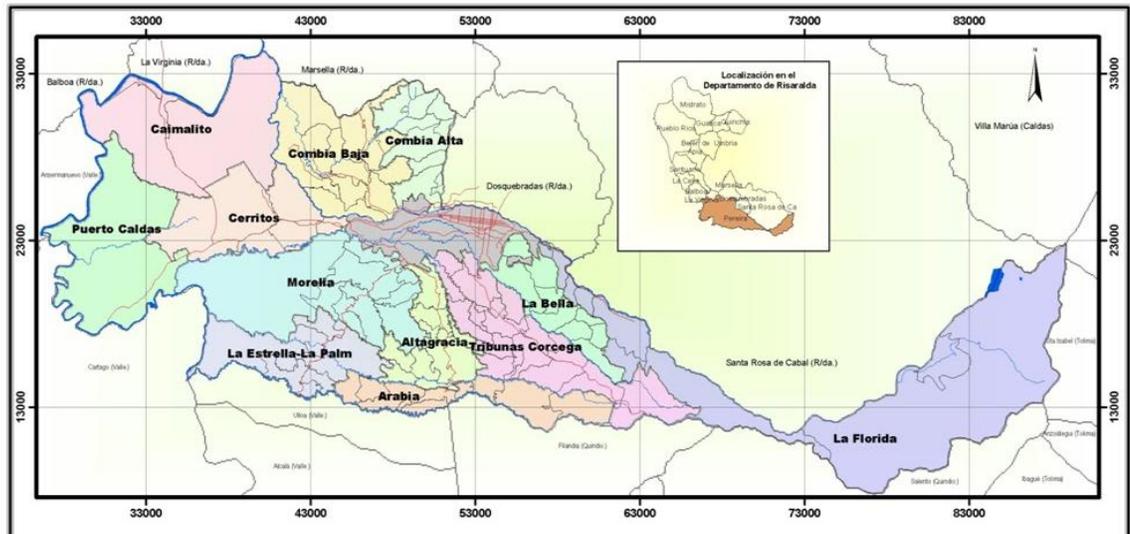
Fuente. El autor

Líder docente La Estrella Morrón: Rector Octavio Mesa Noreña

Líder docente Morrón: Docente Mónica Vargas

ANEXO B. MAPAS

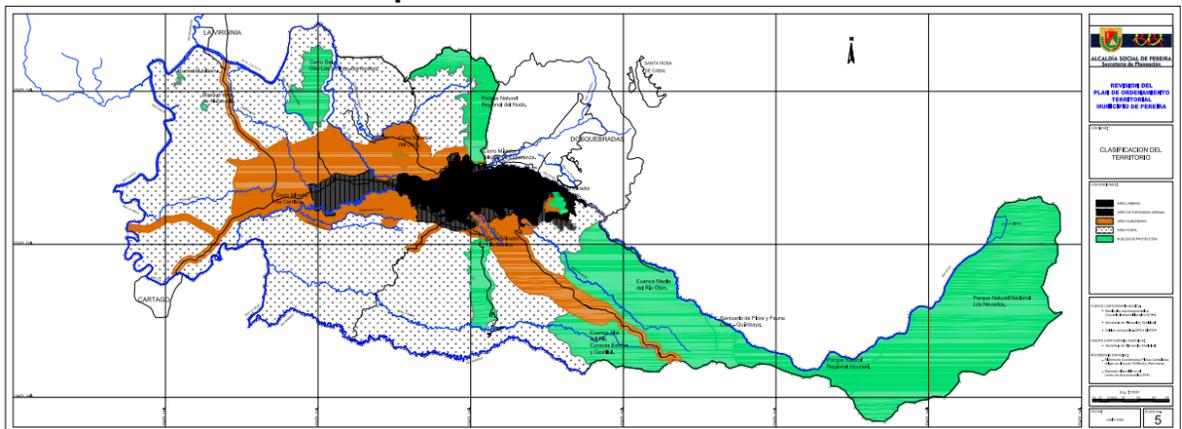
Mapa 1. Ubicación corregimiento La Bella



Fuente. Secretaria de Planeación municipal.

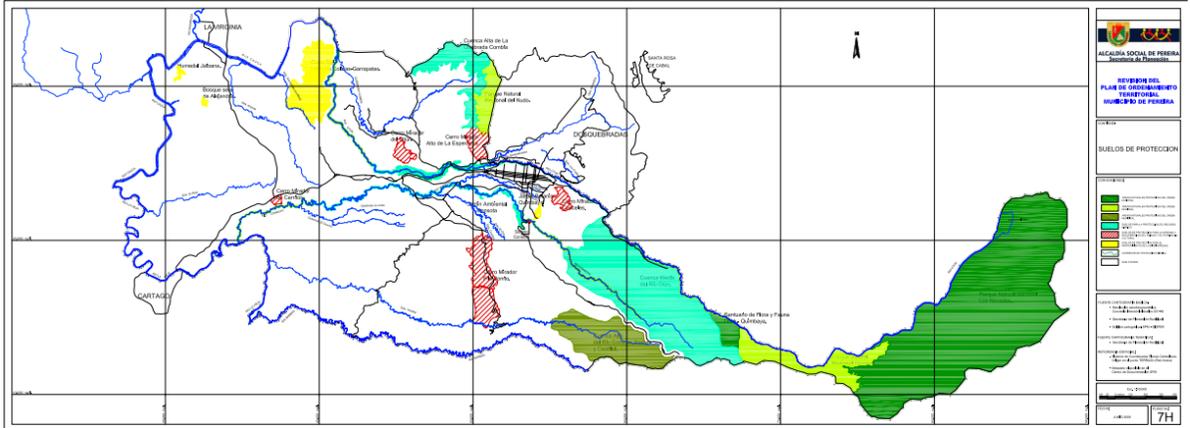
Revisión del POT municipio de Pereira (Mapas 2-5)

Mapa 2. Clasificación del territorio



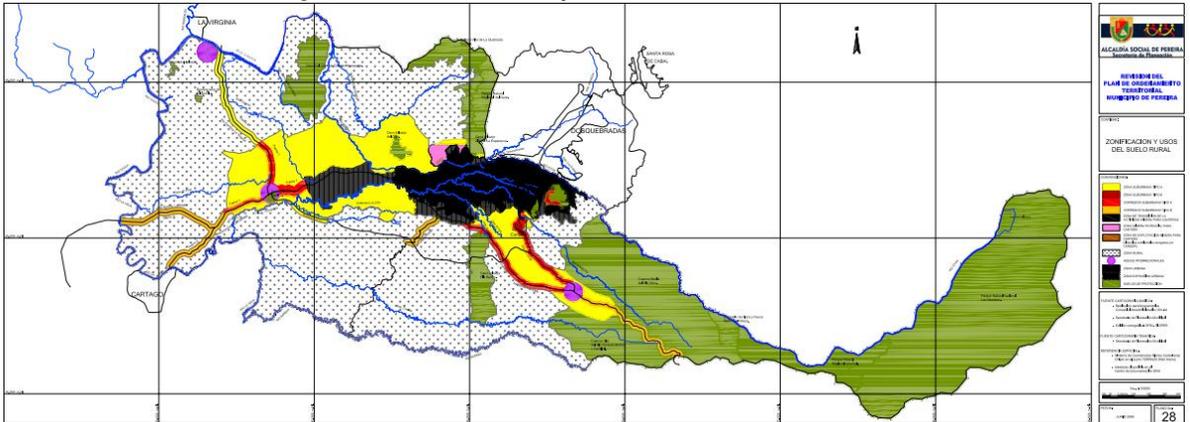
Fuente. Secretaria de Planeación Municipal. Acuerdo 23 de 2006 revisión POT Pereira.

Mapa 3. Suelo de protección



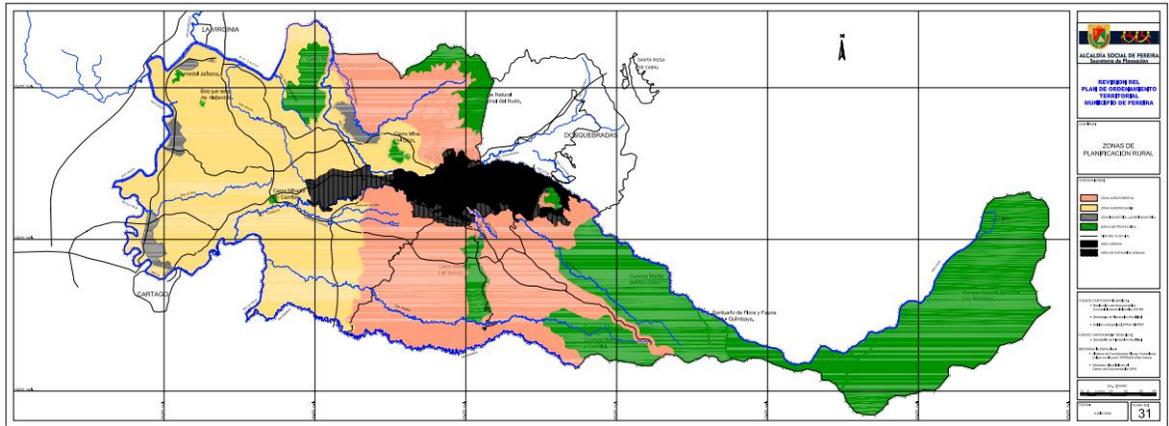
Fuente. Secretaria de Planeación Municipal. Acuerdo 23 de 2006 revisión POT Pereira.

Mapa 4. Zonificación y usos de suelo rural



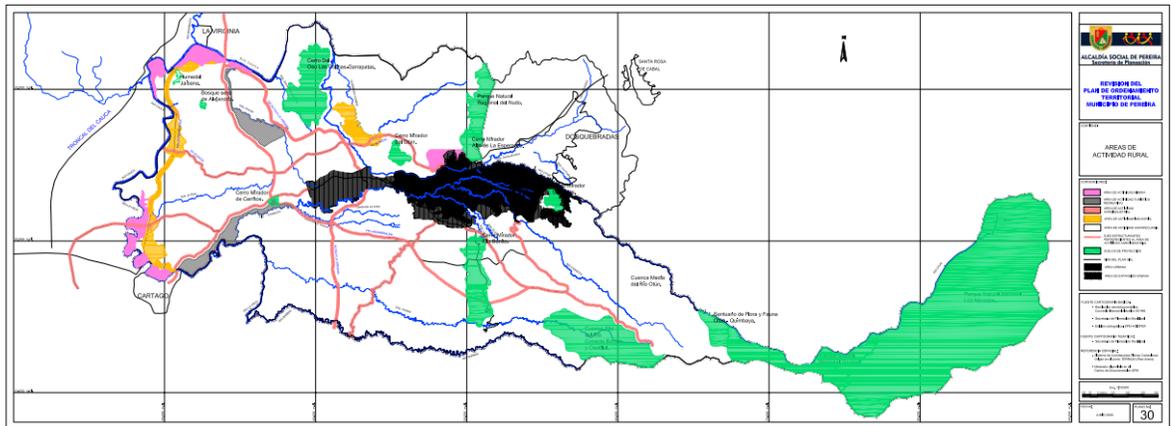
Fuente. Secretaria de Planeación Municipal. Acuerdo 23 de 2006 revisión POT Pereira.

Mapa 5. Zona de Planificación rural



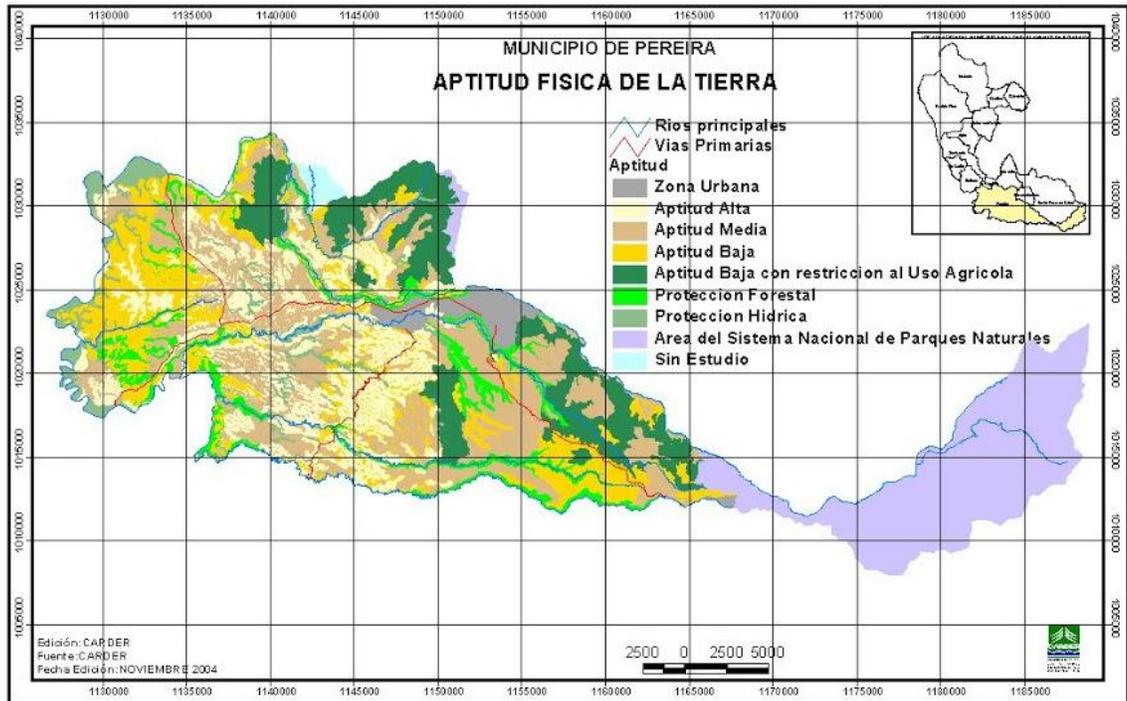
Fuente. Secretaria de Planeación Municipal. Acuerdo 23 de 2006 revisión POT Pereira.

Mapa 6. Áreas de actividad rural



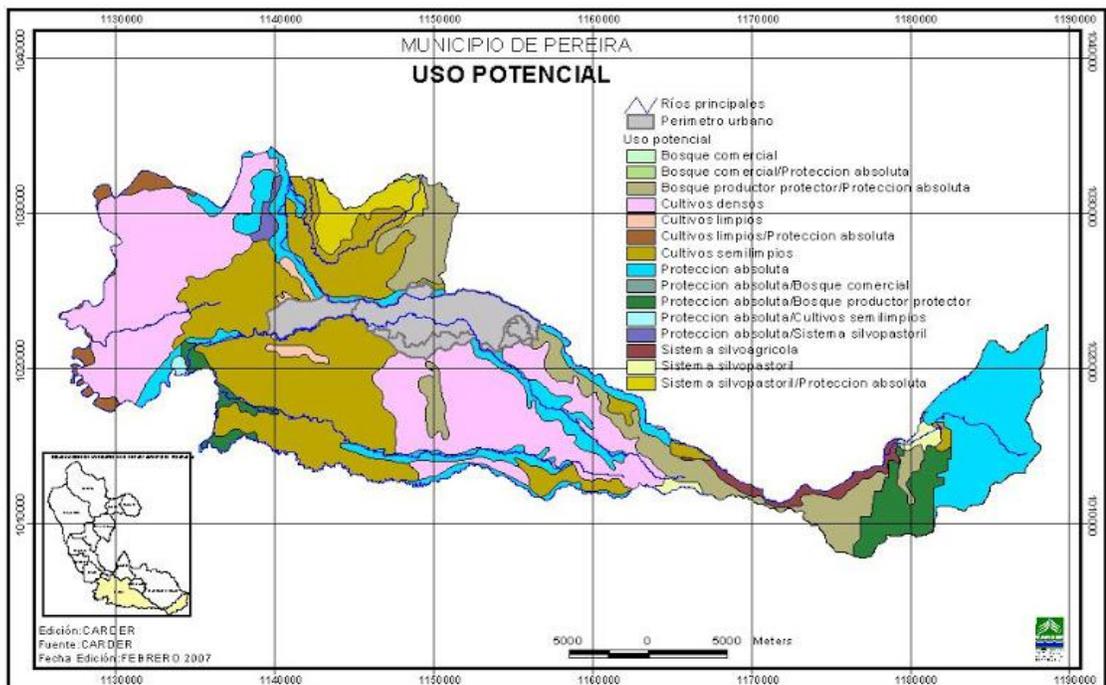
Fuente. Secretaria de Planeación Municipal. Acuerdo 23 de 2006 revisión POT Pereira.

Mapa 7. Aptitud física de la tierra



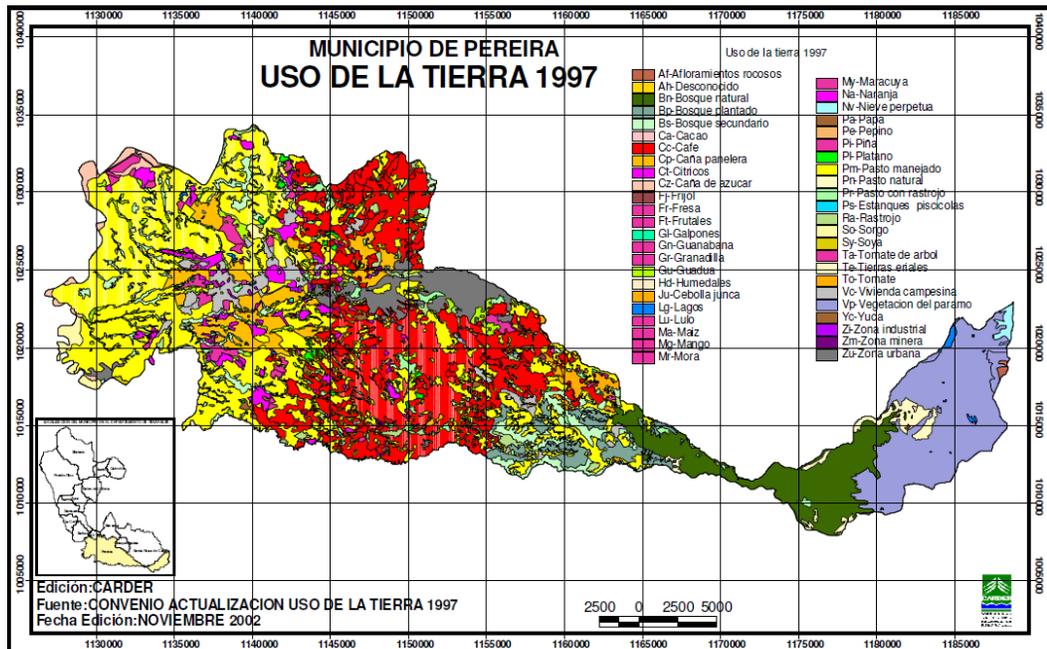
Fuente. Sistema de información ambiental y estadístico CARDER.

Mapa 8. Uso potencial



Fuente. Sistema de información ambiental y estadístico CARDER

Mapa 9. Mapa de cobertura y uso del suelo de Pereira



Fuente. Sistema de información ambiental y estadístico CARDER.

ANEXO C. INVENTARIO SENDERO ECOLÓGICO

El conteo fue realizado por estudiantes de diferentes grados de la Institución Educativa La Bella, a cargo de la profesora Elsa María Villegas Hincapié.

1. FAMILIA: Balsaminaceae

NOMBRE CIENTIFICO: *Impatiens balsamina*

NOMBRE COMUN: Besito

CARACTERISTICAS: Crece espontanea en bosques secundarios, cañadas, cultivos y bordes de bosque, por debajo de los 2000 msnm, presenta gran variación en la coloración de las flores



2. FAMILIA: Rubiaceae

NOMBRE CIENTIFICO: *Palicourea* sp

NOMBRE COMUN: Palicuria o cafeto de monte

CARACTERISTICAS: Son arboles pequeños-medianos, son comunes en bosques secundarios y bordes de cañadas. Son una fuente importante de néctar y frutos para las aves.



3. FAMILIA: Araliaceae

NOMBRE CIENTIFICO: Oreopanax sp

NOMBRE COMUN: mano de oso, cinco dedos

CARACTERISTICAS: Arboles con hojas dispuestas en espiral y lobuladas. Aportan alimento a aves, se usa como especie protectora de fuentes hídricas y en ocasiones se usa para cercas y leña.



4. FAMILIA: Blechnaceae

NOMBRE CIENTIFICO: blechnum sp

NOMBRE COMUN: helecho

CARACTERISTICAS: Es un helecho de amplia distribución, crece en selvas tropicales de baja elevación y en bosques pre montanos y montanos.



5. FAMILIA: musaceae

NOMBRE CIENTIFICO: musa sp

NOMBRE COMUN: platanilla

CARACTERISTICAS: Plantas herbáceas grandes, pertenecen a una familia originaria de las regiones tropicales del viejo mundo. A esta familia pertenecen los plátanos y los bananos pero también se encuentran especies ornamentales



6. FAMILIA: Araceae

NOMBRE CIENTIFICO: xanthosoma sp

NOMBRE COMUN: Rascadera

CARACTERISTICAS: Hierba suculenta que crece en sitios húmedos, formando colonias de individuos. Es una planta de alta distribución.



7. FAMILIA: Poaceae

NOMBRE CIENTIFICO: Guadua Angustifolia

NOMBRE COMUN: Guadua

CARACTERISTICAS: Planta Leñosa de gran utilidad, la guadua es la gramínea de mayor tamaño en el neotrópico y una de las especies de mayor importancia en la región cafetera.



8. FAMILIA: Melastomataceae

NOMBRE CIENTIFICO: Monochaetum

NOMBRE COMUN: Siete cueros

CARACTERISTICAS: Especie andina, arbustos muy ramificados de flores rosadas. Son comunes en bordes de caminos y en bosques en recuperación.



9. FAMILIA: Tiliaceae

NOMBRE CIENTIFICO: Heliocarpus popayanensis

NOMBRE COMUN: Balso blanco

CARACTERISTICAS: Arboles frecuentes en bosques secundarios, de corteza fibrosa. Arboles medianos con flores pequeñas y semillas dispersadas por el viento.



10. FAMILIA: Selaginelaceae

NOMBRE CIENTIFICO: selaginella sp

NOMBRE COMUN: selaginela

CARACTERISTICAS: Es una hierba pequeña, frecuente en sitios húmedos, bordes de camino e interior de bosques.



11. FAMILIA: Zingiberaceae

NOMBRE CIENTIFICO: Renealmia sp

NOMBRE COMUN: Cañahuate

CARACTERISTICAS: Planta neotropical, que se le encuentra en bosques húmedos y puede alcanzar 2 metros de altura y tiene propiedades medicinales.



12. FAMILIA: Acanthaceae

NOMBRE CIENTIFICO: Aphelandra sp

NOMBRE COMUN: cresta de gallo

CARACTERISTICAS: Hierbas o arbustos, hojas por lo general grandes y flores rojas. Muchas de ellas cultivadas ornamentalmente



13. FAMILIA: araceae

NOMBRE CIENTIFICO: philodendrum

NOMBRE COMUN: bejuco tripa de perro

CARACTERISTICAS: Planta de la familia de los anturios con raíces aéreas que son empleadas para la elaboración de canastos y otras artesanías.



14. FAMILIA: Zingiberaceae

NOMBRE CIENTIFICO: Renealmia sp

NOMBRE COMUN: Ginger

CARACTERISTICAS: Plantas hasta de tres metros de altura, flores a ras del suelo, es una especie abundante en bosques secundarios.



15. FAMILIA: Heliconiaceae

NOMBRE CIENTIFICO: Heliconia sp

NOMBRE COMUN: Heliconia platanilla

CARACTERISTICAS: Familia tropical, en Colombia existe 93 especies y muchas de ellas son cultivadas como ornamentales.



16. FAMILIA: Zingiberaceae

NOMBRE CIENTIFICO: *Hedychium coronarium*

NOMBRE COMUN: Matandrea

CARACTERISTICAS: Es una planta originaria de la región tropical de Asia, ampliamente distribuida en el trópico americano. Forma colonias densas en sitios húmedos y bordes de cañadas y riachuelos.



17. FAMILIA: Apiaceae

NOMBRE CIENTIFICO: *Arracacia* sp

NOMBRE COMUN: Arracachuelo

CARACTERISTICAS: Planta que posee apariencia y olor similar a la arracacha y en la región se encuentran entre 25 y 28 sp. Son de gran importancia económica pues muchas especies son cultivadas como alimenticias y muchas otras son medicinales.



18. FAMILIA: tirannidae

NOMBRE CIENTIFICO: ochthoeca fumicolor

NOMBRE COMUN: pitajo ahumado

NOMBRE EN INGLES: Brown-backed chat-tyrant

CARACTERISTICAS: es un atrapamoscas típico de las partes más altas del municipio y del parque nacional natural los nevados. Se observa posado en rocas y arbustos bajos en los páramos desde donde vuela a cazar insectos. En Colombia su distribución incluye toda la cordillera central y sectores de la oriental. También desde Venezuela hasta el norte de bolívar.



19. FAMILIA: turdidae

NOMBRE CIENTIFICO: turdus fuscater

NOMBRE COMUN: mirla

NOMBRE EN INGLES: great thrush

CARACTERISTICAS: El macho se distingue de la hembra por el anillo ocular de color naranja. Ambos sexos, sin embargo, tienen el pico y las patas de ese color.

Su dieta es muy variada y prácticamente omnívora. Es visitante frecuente en los comedores. En Manizales se puede observar desde 1800-3800 msnm es

especialmente común en las fincas ganaderas en la vía al parque nacional natural los nevados.



20. FAMILIA: columbidae

NOMBRE CIENTIFICO: Zenaida auriculata

NOMBRE COMUN: torcaza naguiblanca

NOMBRE EN INGLES: eared dove

CARACTERISTICAS: Es muy común en zonas abiertas y recientemente en zonas urbanas del territorio colombiano. Se alimenta de semillas que encuentra en el suelo. En Manizales construye sus nidos en los parques, jardines y edificaciones; incluso con frecuencia usan los materos en los balcones. En años recientes, el número de la torcaza naguiblanca ha aumentado notoriamente en la zona urbana del municipio. Las pequeñas marcas negras en la región auricular facilitan su identificación.



21. FAMILIA: trochilidae

NOMBRE CIENTIFICO: coeligena

NOMBRE COMUN: inca collagero

NOMBRE EN INGLES: collared inca

CARACTERISTICAS: En contraste del banco en el fondo oscuro, en el plumaje de esta especie la hace fácilmente visible. Como los otros colibríes incas, esta especie también es ratera. Con su largo pico puede extraer el néctar de flores de coloras largas y pendulares. Se encuentran en las tres cordilleras de Colombia, entre los 1500 y 3000 msnm. En esta región es común en los bosques andinos. Tiene un plumaje verde oscuro casi negro con parches blancos en la garganta y cola. El macho tiene una pequeña mancha violeta iridiscente en la frente es un visitante frecuente de las flores de corta pico, planta común en los bosques andinos.



22. FAMILIA: momotidae

NOMBRE CIENTIFICO: momotus aequa torialis

NOMBRE COMUN: barranquero coronado

NOMBRE EN INGLES: andean motmot

CARACTERISTICAS: Es una especie que recibe diversos nombres en el país: es llamado caracolero porque se alimenta también de caracoles; relojero porque

cuando está alarmado mueve su cola de lado a lado como el péndulo de un reloj; y recibe también los nombres onomatopéyicos o puro. En nuestra región es llamado barranquillo por que construye sus nidos en túneles en los barrancos. Es una especie oportunista que se alimenta de insectos grandes, como las chicharras que llegan en temporadas a Manizales, de caracoles, serpientes, ranas o de frutas. Tiene una amplia distribución en el municipio.se ve con mucha facilidad. Es el ave emblema del municipio de Manizales. Su plumaje es verde, muy vistoso, con una corona azul turquesa. Tiene dos plumas largas en la cola que terminan en forma de raqueta.



23. FAMILIA: thraupidae

NOMBRE CIENTIFICO: tangara heinei

NOMBRE COMUN: tangara capirotada

NOMBRE EN INGLES: black-capped tanager

CARACTERISTICAS: generalmente se observa en parejas, alimentándose de frutos y brotes de hojas en los bosques. En Manizales se ve en el ecoparque los alcázares, el recinto del pensamiento, los bosques de la cumbre y rio blanco. Ocasionalmente se arriman a los patios con árboles y comederos artificiales. Su distribución en el país incluye las tres cordilleras y la sierra nevada alturas entre 1500 y 2300 msnm.



24. FAMILIA: emberizidae

NOMBRE CIENTIFICO: zonotrichia capensis

NOMBRE COMUN: copetón

NOMBRE EN INGLES: rufous-collared sparrow

CARACTERISTICAS: se observa en parejas o pequeños grupos familiares. Alimentándose principalmente de semillas y frutos que encuentra en el piso. En ocasiones se le ve persiguiendo mariposas. Su canto se escucha todas las mañanas en la zona urbana. Es muy común y abundante en las zonas montañosas del país, entre 1000 y 3800 msnm.



25. FAMILIA: cathartidae

NOMBRE CIENTIFICO: coragyps atratus

NOMBRE COMUN: gallinazo

NOMBRE EN INGLES: black vulture

CARACTERISTICAS: tiene una distribución que abarca todo el país. Es muy común en basureros y áreas abiertas, donde se alimenta de carroña y desperdicios. Es enteramente negro, con la cabeza y cuello desnudos, y un parche grisáceo en las alas. Se va planeando en círculos en las corrientes de aire caliente.



26. FAMILIA: cathartidae

NOMBRE CIENTIFICO: cathartes aura

NOMBRE COMUN: guala

NOMBRE EN INGLES: turkey vulture

CARACTERISTICAS: es un excelente planeador. Vuela solitario o en grupos pequeños buscando su alimento, la carroña, la que encuentra con la ayuda de su desarrollado sentido de olfato. Es una especie común y ampliamente distribuida en las américas. Los individuos de la población residente en nuestra región tienen una mancha blanquecina en la nuca que los diferencia de los migratorios del norte.



27. FAMILIA: columbidae

NOMBRE CIENTIFICO: columbina talpacoti

NOMBRE COMUN: tortolita

NOMBRE EN INGLES: ruddy ground-dove

CARACTERISTICAS: es una de las tortolitas más pequeñas en Colombia y muy común en áreas urbanas de las zonas bajas del departamento de caldas.se alimenta de pequeñas semillas que encuentra en sus recorridos por el suelo



28. FAMILIA: nyctibiidae

NOMBRE CIENTIFICO: nyctibius griseus

NOMBRE COMUN: bien parado

NOMBRE EN INGLES: common potoo

CARACTERISTICAS: es activo durante la noche, especialmente después del atardecer, cuando sale a cazar grandes insectos voladores. En el día, sin embargo, permanece inmóvil, posado encima de un tronco o una rama. Debido al color de su plumaje, parecido al de la corteza de un árbol, y a la posición erecta que adopta, mirando hacia arriba, pasa fácilmente desapercibido. A pesar de que en Manizales es muy común, pues se ha registrado en las zonas cálidas, cafeteras y de bosque andino, la gran mayoría de las personas no lo conocen



29. FAMILIA: ardeidae

NOMBRE CIENTIFICO: bubulcus ibis

NOMBRE COMUN: garcita del ganado

NOMBRE EN INGLES: cattle egret

CARACTERISTICAS: es una especie de africa, ha ampliado su distribución a casi todo el mundo. El primer registro de esta especie en Colombia fue en 1917. Duerme y anida en grandes colonias o garceros en arboles grandes y guaduales cerca de las orillas de lagunas. Con frecuencia también anida en parques y en las cercanías de las ciudades, causando molestias a los habitantes por el olor y el ruido que producen. Es una especie asociada a las fincas ganaderas de zonas de

altas y bajas del municipio. Se alimenta de saltamontes y de otros insectos que brincan en el pasto al paso del ganado.



30. FAMILIA: trochilidae

NOMBRE CIENTIFICO: anthracothorax

NOMBRE COMUN: mango pechinegro

NOMBRE EN INGLES: black-throated mango

CARACTERISTICAS: se encuentra en casi todas las zonas bajas del país, excepto en la región pacífica y la guajira. Es una especie común en los alrededores de las fincas de las zonas cálida y cafetera de nuestro municipio. Tiene un pico relativamente largo y ligeramente curvado, que le sirve para extraer el néctar de flores con corolas largas. También se observa con frecuencia cazando insectos en el aire.



ANEXO D. ENCUESTAS



CONSERVACIÓN MICROCUENCA HIDROGRÁFICA LA BELLA TRABAJO DE GRADO

La presente encuesta, tiene como objetivo identificar en la población el grado de conocimiento que poseen con respecto a la importancia de la microcuenca, y el perfil que adoptan para la conservación de la misma.

NOMBRE:

EDAD:

SEXO:

Femenino

Masculino

OCUPACIÓN:

1. ¿Qué entiende usted por microcuenca?

2. ¿Por qué cree usted que es importante conservar una microcuenca?

3. Mencione algunas actividades que perjudican la microcuenca.

4. ¿Por qué es importante que la parte alta de la microcuenca se encuentre poblada de árboles?

5. Si cortamos los árboles que viven en la microcuenca ¿qué puede suceder?

6. ¿Ejerce usted alguna actividad pecuaria? SI NO

Sí su respuesta es SI, ¿Donde son vertidas las aguas residuales?

Corriente de agua Sistema séptico Pozo séptico Suelo

7. ¿Utiliza usted agroquímicos en alguna actividad? SI NO

Al fumigar emplea métodos de prevención para:

Posibles daños al entorno ambiental. SI NO

Posibles perjuicios a la salud. SI NO

8. Señale con que constancia realizan limpieza a los sistemas de tratamiento.

9. 2 mese 6 meses 1 año no hacen no sabe

10. ¿Asiste a planes de conservación ambiental?

SI NO

ANEXO E
PIANOS AUTOCAD

ANEXO F
INFORME DEL LABORATORIOS

ANEXO G
PLANO ISOYETAS

ANEXO H. INFORME ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – QUEBRADA SAN PABLO

Muestra 1: Tomada 10/06/2009, Finca el Porvenir, población La Colonia, red intradomiciliaria, Nivel de riesgo: Sin riesgo (Apta para consumo humano desde el punto de vista microbiológico según resolución 2115 del 2007 del MPS/MAVDT).

Muestra 2: Tomada 10/06/2009, Finca Los Porras, población La Estrella Morrón, red intradomiciliaria, Nivel de riesgo: Medio (Presenta valores de cloro residual que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista físico químico según resolución 2115 del 2007 del MPS/MAVDT).

Muestra 3: Tomada 07/04/2010, Finca Los Porras, población La Estrella Morrón, red intradomiciliaria, Nivel de riesgo: Alto (Presenta valores para color. Cloro residual, coliformes totales que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista físico químico y microbiológico según resolución 2115 del 2007 del MPS/MAVDT).

Muestra 4: Tomada 09/02/2011, Finca Los Porras, población La Estrella Morrón, red intradomiciliaria, Nivel de riesgo: Alto (Presenta valores para color, E - Coli, coliformes totales que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista físico químico y microbiológico según resolución 2115 del 2007 del MPS/MAVDT).

Muestra 5: Tomada 26/09/2011, Reversadero, población La Bella, red intradomiciliaria, Nivel de riesgo: Medio (Presenta valores de cloro residual que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista físico químico y microbiológico según resolución 2115 del 2007 del MPS/MAVDT).

Muestra 6: Tomada 26/09/2011, Finca Los Porras, población La Estrella Morrón, red intradomiliaria, Nivel de riesgo: Medio (Presenta valores de cloro residual que la apartan de los valores aceptables desde el punto de vista físico químico y microbiológico según resolución 2115 del 2007 del MPS/MAVDT).

ANEXO I: TABLAS DE EVALUACIÓN

Tabla A. Cuadro puntaje de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: cuadro 6 Art. 13 Res. 2115 de 2007

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas

contempladas en la presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

Tabla B. Comparativo Nitrógeno

Contenido de N "Método Kjeldahl" (% del suelo por peso)	Nivel
> 1.0	Muy alto
0.5 - 1.0	Alto
0.2 - 0.5	Medio
0.1 - 0.2	Bajo
< 0.1	Muy bajo

Fuente. <http://www.slideshare.net>

Tabla C. Clasificación del espacio poroso

DESCRIPCION	%	DESCRIPCION	%
Muy reducido	< 25	Medianamente amplio	51 – 55
Reducido	25 – 35	Amplio	56 – 60
Medianamente reducido	36 – 45	Muy amplio	> 60
Medio	46 – 50		

Fuente. <http://www.funprover.org>

Tabla D. Fósforo

Método Olsen para tierras calizas	
Expresión de resultados en ppm de suelo	
Menor de 5 ppm	Bajo
de 5 a 10 ppm	Mediana
mayor de 10 ppm	Adecuado

Tabla E. Potasio

Mayor de 400 ppm	Altos
de 250 a 300 ppm	L. Alto
de 220 a 250 ppm	Normal
de 190 a 220 ppm	L. Bajos
de 125 a 190 ppm	Bajos
menor de 125 ppm	Muy bajos

Fuente. <http://www4.larural.es>

Tabla F. Calcio

Menor de 700 ppm	Muy bajo
de 700 a 2000 ppm	Bajo
de 2000 a 4000 ppm	Medio
mayor de 4000 ppm	Suficiente

Tabla G. Magnesio

Menor de 80 ppm	Muy bajo
de 80 a 300 ppm	Bajo
de 300 a 600 ppm	Medio
de 600 a 900 ppm	Notable
mayor de 900 ppm	Excelente

Fuente. <http://www4.larural.es>

Tabla H. Criterios empleados

P	Menor de 20	20 – 40	Mayor de 40
B	Menor de 0.2	0.2 – 0.4	Mayor de 0.4
Fe	Menor de 25	25 – 50	Mayor de 50
Cu	Menor de 2	2. – 3	Mayor de 3
Mn	Menor de 5	5 – 10	Mayor de 10
Zn	Menor de 1.5	1.5 – 3	Mayor de 3
S	Menor de 10	10 - 20	Mayor de 20

Fuente. <http://www.corpoica.org.co>

Tabla I. Zinc

Nivel en el Suelo	Potencial de Rendimiento Esperado [†]	Zn
Muy Bajo [§]	<65%	<1.6
Bajo [§]	65 - 85%	1.6 - 3.0
Medio [§]	85 - 95%	3.1 - 4.0
Optimo	100%	4.0 - 8.0
Arriba del Optimo	100%	>8.0

Fuente. <http://www.uaex.edu>

ANEXO J. PLANO ILUMINADO