

# **EVALUACIÓN DEL PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO LEBRIJA**

## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**





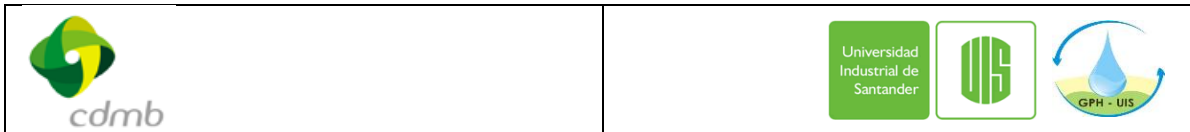
# **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## **EVALUACIÓN DEL PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO LEBRIJA**

### **Autores:**

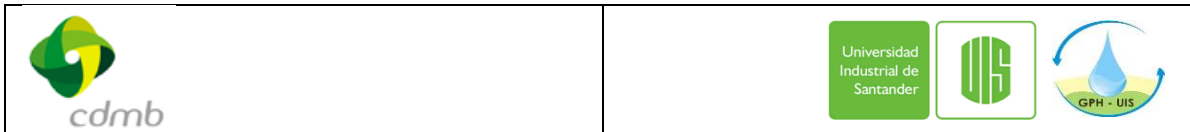
**Prof. Sully Gómez Isidro  
Prof. Juan Diego Colegial  
Ing. Miguel Ángel Pulido  
Ing. Feisan Gutiérrez**

**Universidad Industrial de Santander  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PREDICCIÓN Y MODELAMIENTO  
HIDROCLIMÁTICO, GPH**



## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>1 INFORMACIÓN BÁSICA</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 Generalidades Y Localización de la Zona de Estudio</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2 Información de Municipios y Actividades Económicas</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3 Población y Servicios</b> .....	<b>22</b>
<b>1.4 Saneamiento Básico</b> .....	<b>25</b>
1.4.1 Aguas Residuales.....	25
1.4.2 Recolección de Residuos Sólidos:.....	26
<b>1.5 Cartografía Digital y Modelo de Elevación para la Zona de Estudio</b> .....	<b>27</b>
1.5.1 Resolución y Construcción del Modelo de Elevaciones.....	28
1.5.2 Validación del Modelo de Elevaciones.....	29
<b>2 ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA</b> .....	<b>31</b>
<b>2.1 Tipos de Acuíferos y Vulnerabilidad Intrínseca</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2 Metodologías para Evaluar Vulnerabilidad</b> .....	<b>33</b>
2.2.1 Metodología DRASTIC.....	33
2.2.2 Metodología GOD.....	38
2.2.3 Metodología PATHS.....	40
<b>2.3 Evaluación de Información para Vulnerabilidad en la Zona Montañosa</b> .....	<b>44</b>
2.3.1 Marco Geológico y Estructural.....	44
2.3.2 Unidades Hidrogeológicas.....	55
2.3.3 Aproximación de Profundidad del Nivel Freático.....	60
2.3.4 Valoración del Parámetro Litología en la Zona de Estudio.....	69
2.3.5 Evaluación de la Pendiente Topográfica.....	69
2.3.6 Realización de Mapas de Vulnerabilidad.....	71
<b>2.4 Evaluación de Vulnerabilidad en la Zona Montañosa</b> .....	<b>71</b>
2.4.1 Metodología DRASTIC.....	71
2.4.2 Metodología GOD.....	81
2.4.3 Metodología PATHS.....	88



<b>2.5</b>	<b>Resultados de Vulnerabilidad en la Zona Montañosa .....</b>	<b>99</b>
2.5.1	Resultados de Metodologías .....	99
2.5.2	Comparación de los Resultados de Metodologías .....	101
2.5.3	Conclusiones a partir de metodologías de Vulnerabilidad. ....	102
<b>2.6</b>	<b>Evaluación de Información en la Zona Aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga .....</b>	<b>104</b>
2.6.1	Información Técnica Consultada .....	105
2.6.2	Unidades Hidrogeológicas y Acuíferos en la Zona de Estudio. ....	106
2.6.3	Información de Profundidades del Nivel Freático .....	111
2.6.4	Recarga .....	112
2.6.5	Suelos .....	112
2.6.6	Topografía - Pendiente.....	112
2.6.7	Conductividad Hidráulica .....	112
2.6.8	Tipo de Acuífero .....	113
<b>2.7</b>	<b>Evaluación de Vulnerabilidad en la Zona Aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga .....</b>	<b>113</b>
2.7.1	Ocurrencia del Agua Subterránea (G) .....	113
2.7.2	Substrato Litológico (O) .....	114
2.7.3	Profundidad (D) .....	115
<b>2.8</b>	<b>Resultados de Vulnerabilidad En La Zona Aluvial Y Sedimentaria.....</b>	<b>119</b>
<b>3</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA AMENAZA O CARGA CONTAMINANTE. ....</b>	<b>121</b>
<b>3.1</b>	<b>Metodología para Obtener el Índice de Carga Contaminante.....</b>	<b>121</b>
3.1.1	La Clase de Contaminante. ....	123
3.1.2	La Intensidad del Contaminante. ....	123
3.1.3	El modo de disposición del contaminante al subsuelo. ....	124
3.1.4	Duración de la aplicación de la carga contaminante.....	125
<b>3.2</b>	<b>Discusión y Análisis de la información para evaluación de Amenaza en zona montañosa. ....</b>	<b>126</b>
3.2.1	Revisión de la información de Pozos sépticos:.....	127
3.2.2	Revisión de la Información Presente de Granjas Avícolas y Porcícolas .....	128
3.2.3	Información analizada de Almacenamiento y venta ilegal de combustible dispuesto en superficie.....	128
3.2.4	Información analizada de Actividad de Ganadería Vacuna.....	129
3.2.5	Revisión de Información de Saneamiento de aguas residuales. ....	129
3.2.6	Uso actual de suelo para identificar cultivos agrícolas.....	131
3.2.7	Mapa Final de Cobertura De Suelos.....	137
3.2.8	Análisis y Resultados de Actividades Revisadas en Salida de Campo.....	139



<b>3.3 Evaluación de Amenaza o Carga Contaminante en la Zona montañosa. ....</b>	<b>142</b>
3.3.1 Índice de Carga Contaminante (ICC) en el Desarrollo Urbano .....	142
3.3.2 Evaluación del índice de carga contaminante (ICC) en actividades pecuarias....	148
3.3.3 Evaluación del índice de carga contaminante (ICC) en zonas de cultivos agrícolas.	152
3.3.4 Evaluación del índice de carga contaminante (ICC) para los accidentes ambientales. ....	155
<b>3.4 Evaluación de Amenaza en Zona Aluvial Y Sedimentaria .....</b>	<b>157</b>
3.4.1 Identificación de Principales Actividades Generadoras de Contaminación .....	157
3.4.2 Caracterización de la carga contaminante en la zona aluvial .....	162
<b>4 EVALUACIÓN DEL PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>171</b>
<b>4.1 Metodología para la estimación del peligro. ....</b>	<b>172</b>
<b>4.2 Obtención de mapas de amenaza y peligro .....</b>	<b>174</b>
4.2.1 Mapa de Carga Contaminante (Amenaza).....	174
4.2.2 Mapas de Peligro a la contaminación del agua subterránea .....	179
<b>4.3 Resultados de peligro a la contaminación del agua subterránea .....</b>	<b>183</b>
4.3.1 Zona montañosa.....	183
4.3.2 Zona aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga.....	184
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ORIENTADAS A TOMA DE DECISIONES PARA LA PROTECCIÓN Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO.....</b>	<b>187</b>
<b>5.1 Zona de Montaña De Los Ríos De Oro, Rio Frio, Rio Tona Y Altiplano De Berlín. ....</b>	<b>187</b>
<b>5.2 Zona Aluvial Y Sedimentaria De Bucaramanga .....</b>	<b>190</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>193</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>198</b>
<b>Anexo 1. Criterio Para la Evaluación del parámetro Litología en Metodologías de Vulnerabilidad. ....</b>	<b>198</b>
<b>Anexo 2. Inventario De Puntos De Agua Uis-Gph Enero De 2011. ....</b>	<b>199</b>



**Anexo 3. Concesiones de Aguas Superficiales en Zona de Montaña ..... 204**

**Anexo 4. Pozos Sépticos en Zona Montañosa ..... 216**

**Anexo 5. Informe de Visita de Campo para Identificación de Actividades  
Contaminantes en Zona Montañosa. .... 219**

**Anexo 6. Modelo de Encuestas Utilizado en Salida de Campo del Anexo 6..... 268**

**Anexo 7. Concesiones de Agua Subterránea e Información de Pozos de Bombeo ..... 270**

**Anexo 8. Granjas Avícolas Y Porcícolas E Industrias. .... 277**

**Anexo 9. Mapas Zona Montañosa (Mapa De Vulnerabilidad, Amenaza Y Peligro) Y  
Mapas Zona Aluvial Y Sedimentaria (Mapa De Vulnerabilidad, Amenaza Y Peligro)  
..... 282**

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1. Localización de Zona de Estudio .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2. Municipios y Corregimientos Existentes en la Zona de Estudio. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3. Modelo Digital de Elevaciones de la CSRL. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4. Caracterización de la vulnerabilidad GOD (Foster e Hirata, 1991) .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 5. Mapa Geológico en la parte alta de las cuencas del Rio Tona, Rio Frio y Rio de Oro. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 6. Geología Estructural en la parte alta de las cuencas del Rio Tona, Rio Frio y Rio de Oro. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 7. Mapa de Recarga Potencial.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 8. Mapa Hidrogeológico, División de las Zonas Hidrogeológicas.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 9. Distribución Espacial de Manantiales en la Parte Alta de las Cuencas del Rio Tona, Rio Frio y Rio de Oro.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 10. Distribución De Manantiales Por Rango de Cotas .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 11. Profundidad del agua o del nivel freático. ....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 12. Mapa de pendientes generado a partir del MDE.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 13. Parámetros (D.R.A) Metodología DRASTIC .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 14. Parámetros (S.T.I) Metodología DRASTIC .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 15. Parámetro Conductividad Hidráulica Metodología DRASTIC .....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 16. Vulnerabilidad Metodología DRASTIC. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 17. Distancia al Nivel Freático o Distancia al Nivel del Agua Subterránea. Metodología GOD. ....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 18. Parámetros Metodología GOD. ....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 19. Vulnerabilidad Metodología GOD. ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 20. Localización espacial de las estaciones pluviométricas. ....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 21. Ajuste de datos utilizando el modelo de Variograma Power. ....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 22. Distribución de la Precipitación Multianual en todo el territorio donde se encuentran las estaciones, en mm/año.....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 23. Distribución de la Precipitación Multianual en la Zona de Estudio, en mm/año.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 24. Parámetros (P, Pp, Lit) Metodología PATHS .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 25. Parámetros (T, PendTop, RH) Metodología PATHS .....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 26. Vulnerabilidad Metodología PATHS.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 27. Parámetros Metodología GOD .....</b>	<b>117</b>
<b>Figura 28. Vulnerabilidad Metodología GOD .....</b>	<b>118</b>

**Figura 29. Valores de ponderación para las características de la carga contaminante.**  
..... 122

**Figura 30. Clase de contaminante** ..... 123

**Figura 31. Intensidad del contaminante.** ..... 124

**Figura 32. Modo de disposición del contaminante.** ..... 125

**Figura 33. Duración de aplicación de la carga contaminante.** ..... 126

**Figura 34. Cobertura de suelos 2001. CDMB** ..... 133

**Figura 35. Cobertura de suelos el Rasgón.**..... 134

**Figura 36. Cobertura de suelos en el parque natural la judía.**..... 135

**Figura 37. Usos de Suelos DMI de Berlín, 2007.**..... 136

**Figura 38. Cobertura de usos de suelos Macizo de Santander.**..... 138

**Figura 39. Actividades generadoras de contaminación y usos de suelo en el área de estudio.**..... 141

**Figura 40. Mapa de Actividades generadoras de contaminación puntual.** ..... 161

**Figura 41. Mapa de amenaza a la contaminación de las aguas subterráneas en la zona montañosa de la CSRL.** ..... 175

**Figura 42. Mapa de Amenaza a la Contaminación del Agua Subterránea Obtenido en la Zona Aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga**..... 178

**Figura 43. Mapa de Peligro a la Contaminación de las Aguas Subterráneas en la Zona Montañosa de la CSRL.**..... 180

**Figura 44. Mapa de Peligro a la contaminación de las aguas subterráneas en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga.** ..... 182





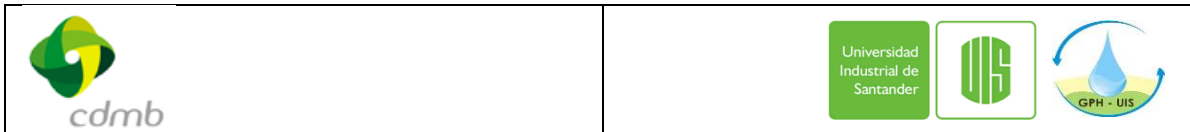
## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Población de los Municipios de la Zona de Estudio .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 2. Población de los Corregimientos de la Zona de Estudio.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 3. Población de las Veredas de la Zona de Estudio .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 4. Comparación de Interpoladores.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 5. Profundidad del Agua (D).....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 6. Recarga Neta (R) .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 7. Tipo de Acuífero (A).....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 8. Tipo de Suelo (S).....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 9. Topografía (T).....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 10. Zona no saturada (I).....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 11. Conductividad Hidráulica (C).....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 12. Categorías de Vulnerabilidad DRASTIC.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 13. Categorías de Vulnerabilidad GOD.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 14. División por rangos para la profundidad del agua subterránea. ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 15. División por Rangos para las Precipitaciones. ....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 16. División por Rangos para las Litologías dada por la Metodología. ....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 17. División por Rangos para la Tectónica.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 18. División por Rangos para la Pendiente Topográfica.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 19. División por Rangos para la Resistencia Hidráulica del Suelo. ....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 20. Evaluación de la Vulnerabilidad Según el Índice PATHS.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 21. Inventario de Puntos de Agua UIS-INGEOMINAS 2007.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 22. Inventario de Puntos de Agua UIS-GPH Enero de 2010 .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 23. Inventario de Puntos de Agua UIS-GPH Enero de 2011 .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 24. Categorías de Vulnerabilidad DRASTIC.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 25. Ocurrencia del Agua Subterránea (G) .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 26. Substrato Litológico (O).....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 27. Precipitación Multianual de las estaciones de la CSRL y en cercanía a ella, en mm/año.....</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 28. Resultados de Vulnerabilidad DRASTIC. ....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 29. Resultados de Vulnerabilidad GOD. ....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 30. Resultados de Vulnerabilidad PATHS. ....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 31. Puntos de agua subterráneas en la zona de estudio.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 32. Características Estratigráficas de la Formación Bucaramanga. ....</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 33. Permeabilidades de la Formación Bucaramanga .....</b>	<b>107</b>



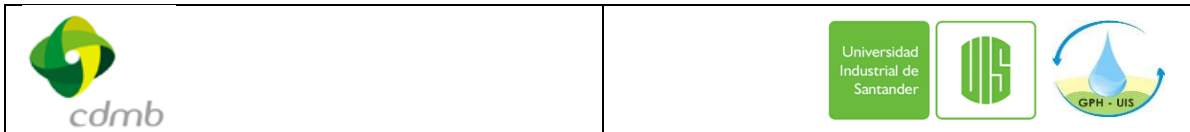
<b>Tabla 34. Calificación para la condición del acuífero GOD. ....</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 35. Calificación para profundidades del agua GOD en la zona de estudio .....</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 36. Calificación para el Substrato Litológico GOD. ....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 37. Rangos de Amenaza. ....</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 38. Actividades generadoras de contaminación puntual en el macizo de Santander. ....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 39. Producción de estiércol por semana de las Aves, Cerdos y Ganado Vacuno. ....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 40. Población de los Municipios de la Zona de Estudio .....</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 41. Puntos de Vertimientos de alcantarillados con las corrientes efluentes. ....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 42. Veredas recorridas durante la visita de campo realizada. ....</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 43. Subdivisión en subgrupos y categorías para el Desarrollo Urbano .....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 44. Caracterización para los puntos de vertimientos. DU1 .....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 45. Caracterización por fugas de Redes de alcantarillados. DU2 .....</b>	<b>144</b>
<b>Tabla 46. Caracterización para los puntos de vertimientos. DU3 .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 47. Caracterización por descargas directas al terreno. DU4 .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 48. Caracterización por botadero de basuras. DU5 .....</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 49. Caracterización de cementerios. DU6 .....</b>	<b>147</b>
<b>Tabla 50. Caracterización por almacenamiento de combustible en superficie. DU7 ..</b>	<b>147</b>
<b>Tabla 51. Caracterización por tanques enterrados de combustibles. DU8 .....</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 52. Subdivisión en subgrupos y categorías para las Actividades Pecuarias. ....</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 53. Caracterización por descargas al terreno de excremento de ganado. AP1. ....</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 54. Caracterización por almacenamiento de excremento de ganado para uso como abono. AP2 .....</b>	<b>150</b>
<b>Tabla 55. Caracterización por contaminación de granjas porcícolas. AP3 .....</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 56. Caracterización por contaminación de granjas Avícolas. AP4 .....</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 57. Subdivisión en subgrupos y categorías de caracterización para los cultivos agrícolas. ....</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 58. Caracterización por uso de plaguicidas en cultivos Agrícolas. CA1 .....</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 59. Caracterización por uso de fertilizantes en cultivos Agrícolas. CA2 .....</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 60. Caracterización por uso de plaguicidas en cultivos Silvoagrícolas. CA3 ....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 61. Caracterización por uso de fertilizantes en cultivos Silvoagrícolas. CA4 ...</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 62. Subdivisión en subgrupos y categorías de caracterización para los accidentes ambientales. ....</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 63. Caracterización por animales muertos en manantiales. AA1 .....</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 64. Caracterización por Excremento de animales en manantiales. AA2 .....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 65. Actividades generadoras de contaminación puntual en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga. ....</b>	<b>160</b>

<b>Tabla 66. Subdivisión por grupos y categorías del desarrollo urbano. ....</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 67. Caracterización de las cargas contaminantes para el desarrollo urbano en la zona aluvial y sedimentaria. ....</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 68. Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Industriales. ....</b>	<b>164</b>
<b>Tabla 69. Caracterización de las cargas contaminantes para las actividades industriales. ....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 70. Subdivisión por grupos y categorías de los Cultivos Agrícolas. ....</b>	<b>166</b>
<b>Tabla 71. Caracterización de las cargas contaminantes para los Cultivos Agrícolas. ....</b>	<b>167</b>
<b>Tabla 72. Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Pecuarias. ....</b>	<b>168</b>
<b>Tabla 73. Caracterización de las cargas contaminantes para las actividades pecuarias ....</b>	<b>169</b>
<b>Tabla 74. Subdivisión por grupos y categorías de las actividades pecuarias en la zona aluvial. ....</b>	<b>170</b>
<b>Tabla 75. Caracterización de las cargas contaminantes para los Accidentes Ambientales. ....</b>	<b>170</b>
<b>Tabla 76. .Matriz de interacción Vulnerabilidad –ICC. (Betancur, 2008) ....</b>	<b>172</b>
<b>Tabla 77. Asignación valores para matriz de peligro. ....</b>	<b>173</b>
<b>Tabla 78. Matriz de peligro para referenciar en ArcGIS. ....</b>	<b>173</b>
<b>Tabla 79. Rangos establecidos para la clasificación del peligro. ....</b>	<b>173</b>



## TABLA DE ANEXOS

<b>Anexo 1. Criterio Para la Evaluación del parámetro Litología en Metodologías de Vulnerabilidad.....</b>	<b>198</b>
<b>Anexo 2. Inventario de Puntos de agua UIS-GPH Enero de 2011. ....</b>	<b>199</b>
<b>Anexo 3. Concesiones de Aguas Superficiales en Zona de Montaña .....</b>	<b>204</b>
<b>Anexo 4. Pozos Sépticos en Zona Montañosa .....</b>	<b>216</b>
<b>Anexo 5. Informe de Visita de Campo para Identificación de Actividades Contaminantes en Zona Montañosa.....</b>	<b>219</b>
<b>Anexo 6. Modelo de Encuestas Utilizado en Salida de Campo del Anexo 6.....</b>	<b>268</b>
<b>Anexo 7. Concesiones de Agua Subterránea e Información de Pozos de Bombeo .....</b>	<b>270</b>
<b>Anexo 8. Granjas Avícolas y Porcícolas e Industrias.....</b>	<b>277</b>
<b>Anexo 9. Mapas Zona Montañosa (Mapa de Vulnerabilidad, Amenaza y Peligro) y Mapas Zona Aluvial y Sedimentaria (Mapa de Vulnerabilidad, Amenaza y Peligro) .....</b>	<b>282</b>



## INTRODUCCIÓN

A final del año 2009 se firmó el convenio específico 6543-08 entre la UIS y la CDMB, con el fin de realizar una investigación sobre el recurso hídrico subterráneo, en el tema de la vulnerabilidad intrínseca y el peligro a la contaminación de este recurso, en una parte de la Cuenca Superior del Río Lebrija (CSRL), el área comprendida por las cuencas del Río de Oro, Río Frío y Río Tona. Esta área incluye comunidades urbanas como las que habitan la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, y comunidades rurales como son las que habitan el área rural de los municipios de Piedecuesta, Floridablanca, Girón y Tona. Se incluyó una parte del área del altiplano de Berlín, debido a que esta zona es conocida por sus condiciones de almacenamiento y flujo de aguas subterráneas y no se descarta la posibilidad de su conexión con los sistemas subterráneos que alimentan los acuíferos localizados en zonas más bajas.

El agua subterránea en la ciudad de Bucaramanga se empezó a conocer en forma técnica, hacia la década de los años 60, cuando se creó la CDMB para la protección y defensa de sus escarpas. Dentro de muchas obras civiles construidas para este fin, se construyó un sistema de drenes horizontales, a través del cual se extrae principalmente el agua del acuífero superior de la meseta y se conduce hasta puntos de entrega, para lograr el abatimiento de los niveles del acuífero. El abatimiento de los niveles freáticos fue monitoreado en un sistema de piezómetros construido e instalado hacia la década de los años 80 y 90. El sistema de drenes, debe ser mantenido y considerado como una posibilidad de abatimiento de los niveles freáticos en el caso de que existan ascensos generados por épocas lluviosas, y el abatimiento generado por el uso actual no sea suficiente para mantener la estabilidad de las escarpas. Por otro lado no puede ignorarse que el agua de drenes es un recurso que aunque se supone no es apto para consumo humano (debido a la contaminación generada por el efecto antrópico de la ciudad de Bucaramanga) debe ser pensado en solución para otros usos, industriales, riegos, etc. Recordemos que en la ciudad existían cisternas construidas artesanalmente, especialmente hacia la parte central de la meseta y utilizadas desde principios del siglo XX, las cuales han ido desapareciendo por sellamiento. El grupo de investigación GPH ha realizado investigaciones sobre este recurso, se resalta la investigación financiada por Colciencias, en la cual se encontró que la recarga a los acuíferos de las zonas aluviales de Bucaramanga proviene de la zona de la montaña a alturas aproximadas entre 1500 y 2300 msnm (año 2003). Igualmente INGEOMINAS y la UIS han desarrollado trabajos en los cuales se identifican zonas de interés hidrogeológico en la zona del Macizo de Santander y formaciones acuíferas en el Altiplano de Berlín (años 2007 y 2010).

Hacia el inicio del año 2000, el agua subterránea ha tomado otro significado en la ciudad de Bucaramanga y sus áreas urbanas, ha empezado a ser utilizada por la comunidad, lo cual se refleja en el número de concesiones solicitadas a la CDMB hasta la fecha. En la meseta de Bucaramanga el uso se limita a bombeo de pozos construidos por lavaderos de carros y



estaciones de servicio. En los municipios de Girón, Floridablanca y Piedecuesta, se utilizan pozos dedicados a algunas industrias, a lavaderos de carro y algunos muy pocos a consumo humano. No se puede desconocer que deben existir otros puntos no identificados en este estudio, donde también se utiliza el agua subterránea pero no ha sido solicitada la concesión. Actualmente se conocen cerca de 75 pozos de explotación de agua subterránea debidamente legalizados y podrían existir otros 40 pozos más sin legalizar.

Un aspecto interesante de uso del agua subterránea, fue observado durante este trabajo, y es la existencia de un número importante de concesiones de agua en la zona de la montaña de los ríos de Oro, río Frio y río Tona, que corresponde a nacimientos de agua (manantiales) de caudales no despreciables, y sirven como fuente para el consumo humano de comunidades rurales (veredas). Estos nacimientos corresponden al drenaje natural del agua subterránea, que ha sido recargada en las montañas a mayores alturas, donde la geología corresponde a rocas duras (Cuarzomonzonitas, Gneises, Ortoneis, Calizas de diversas formaciones, entre otras), han recorrido caminos a través de rocas meteorizadas, a través de fracturas y salen finalmente a la superficie. Por lo menos 200 puntos de salidas de agua subterránea han sido identificados en este y otros estudios, realizados en la zona de la montaña.

Ante este panorama, el agua subterránea no puede seguir siendo ignorada en esta región; ignorarla equivale a seguir contaminándola y no reconocerlo; equivale a afectar los sistemas hidrogeológicos y disminuir su potencial, sin reconocerlo. Este desconocimiento comprometería un recurso de agua importante para futuras generaciones en esta región.

En este trabajo se evalúa la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea mediante la revisión y aplicación de metodologías universalmente conocidas y adaptadas a esta región, que permiten la evaluación de la vulnerabilidad, la amenaza y el peligro a la contaminación del agua subterránea. En este caso, se investiga el recurso de agua que se encuentra en acuíferos localizados en depósitos aluviales y formaciones sedimentarias, sobre las cuales se encuentra localizada la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana; así como en acuíferos o zonas de circulación, localizados en rocas del Macizo de Santander, en zonas rurales localizadas en áreas de montaña de los ríos de Oro, Lato, Frio y Tona.

En el capítulo 1 de este trabajo, se presenta la información básica que permitirá dar un contexto a la problemática de contaminación que sufre este recurso en la región. En el capítulo 2 se presenta el concepto de vulnerabilidad intrínseca, el cual corresponde al conocimiento de los sistemas acuíferos, se muestran las variables involucradas en cada una de las metodologías utilizadas, una de ellas incluye un parámetro muy común en nuestra región, el efecto de la tectónica y la presencia de permeabilidad en rocas. Al final del capítulo se presentan los mapas de vulnerabilidad y análisis de resultados.



En el capítulo 3 se desarrolla el concepto de carga contaminante o amenaza, generada por las actividades antrópicas que potencialmente pueden llegar a contaminar el agua subterránea. Se identifican las actividades que producen contaminación al agua subterránea en esta región y finalmente se obtienen los mapas de amenaza. En el capítulo 4 se presenta el concepto de peligro a la contaminación, mediante operaciones de los dos mapas anteriores y finalmente se presentan los mapas de peligro a la contaminación y análisis de resultados. En el capítulo 5 se presentan las conclusiones más importantes y se desarrollan recomendaciones para las instituciones encargadas y comunidades interesadas en preservar este recurso.

Reconocer la existencia de acuíferos y la necesidad de adquirir mayor información de estos (monitoreo de acuíferos) es fundamental para el manejo y protección del recurso, preferiblemente en escalas adecuadas para tomar decisiones. Identificar actividades generadoras de contaminación permite hacer un manejo adecuado, especialmente en el saneamiento básico, usos industriales, rellenos sanitarios, almacenamiento de combustibles, que conlleve a la disminución de las cargas contaminantes, y a disminuir la amenaza sobre el recurso subterráneo. Con este trabajo se dan los primeros pasos para abordar esta problemática y se obtienen productos como son los mapas de vulnerabilidad, carga contaminante y peligro a la contaminación a partir de la información disponible, mapas que pueden ser mejorados en la medida que se adquiera mayor información.

## 1 INFORMACIÓN BÁSICA

La evaluación de la vulnerabilidad intrínseca, carga contaminante y peligro a la contaminación del recurso hídrico subterráneo se realiza en una parte de la Cuenca Superior del Río Lebrija, específicamente en el área correspondiente a las cuencas del Río de Oro, Río Frio y Río Tona, que comprende un área total de 840 km<sup>2</sup>.

Para la realización de este trabajo se distinguen dos regiones geomorfológicamente diferenciadas, la primera corresponde a la parte montañosa de las cuencas anteriores, localizadas al este de la Falla de Bucaramanga entre alturas 1000 y 3500 msnm aproximadamente, aquí se incluye el municipio de Tona con su área rural, así como también el área rural de los municipios de Piedecuesta, Floridablanca y Bucaramanga. En esta región se incluye parte del altiplano de Berlín, por haber sido considerada una zona estratégica de almacenamiento de agua subterránea. A esta zona se le llama la zona montañosa de los ríos Oro, Frio y Tona en este trabajo.

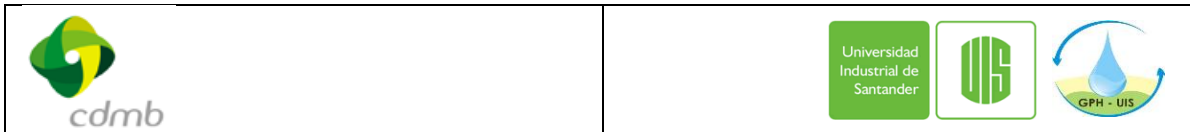
La segunda zona corresponde al área que se encuentra al occidente de la Falla de Bucaramanga hasta el Café Madrid antes de la confluencia con el río Suratá. Esta es una zona ondulada a plana, que se encuentra entre alturas 640 y 1000 msnm aproximadamente, sobre la cual se localizan principalmente las áreas urbanas que conforman la ciudad de Bucaramanga y su zona metropolitana, comprende también los municipios de Piedecuesta, Floridablanca y Girón. A esta zona se le ha llamado la zona aluvial y sedimentaria en este trabajo, debido a su composición geológica. A continuación se presenta la localización detallada de la zona de estudio y los principales rasgos que permiten identificar la problemática y condiciones de la región que pueden causar peligro de contaminación del recurso hídrico subterráneo.

### 1.1 Generalidades Y Localización de la Zona de Estudio

La Cuenca Superior del Río Lebrija, tiene un área total de 1280 km<sup>2</sup>, presenta el 80% de su área en zona montañosa y el 20% en zona ondulada a plana, la zona montañosa hace parte del Macizo de Santander, posee rocas ígneas (Cuarzomonzonitas) y metamórficas, (Neis de Bucaramanga y Formación Silgará) altamente fracturadas y meteorizadas. La zona plana se encuentra conformada por depósitos aluviales, tipo abanicos, localizados sobre rocas sedimentarias de la formación Jordán y Girón principalmente. (Ward y Goldsmith, 1973).

La Cuenca Superior del Río Lebrija ha sido considerada una cuenca piloto de investigación en el uso de los isótopos estables del agua y técnicas de edad del agua subterránea, se han





utilizado hasta el momento en localización de recarga (Gómez, Anaya, 2004), y en separación de flujo base (Gómez, Guzmán, 2010).

Se encuentran acuíferos de pequeña a mediana extensión con productividad baja a media, algunos de ellos constituyen acuíferos colgados y se encuentran comunicados con acuíferos más profundos en los depósitos aluviales de formación Bucaramanga y en formaciones sedimentarias (Gómez, Colegial, 2003). Estos acuíferos se encuentran en contacto con los ríos que atraviesan los depósitos. El punto de cierre de la cuenca se localiza en el sitio llamado Café Madrid, aguas abajo de la unión del Río de Oro y Río Surata, es el sitio representativo de la interrelación entre el río y los acuíferos existentes.

Dentro de la hidrografía de la zona, los ríos principales son: El Rio Tona, Frio, Lato y Oro. En la Microcuenca de Tona, predomina la vegetación natural (bosques, rastrojos, matorrales y pajonales) ocupando el 38,6% del área de la Microcuenca, y en segundo lugar se destacan los potreros diversos con un 33,4 % sobre el total de la Microcuenca. (POA Tona, 2002).

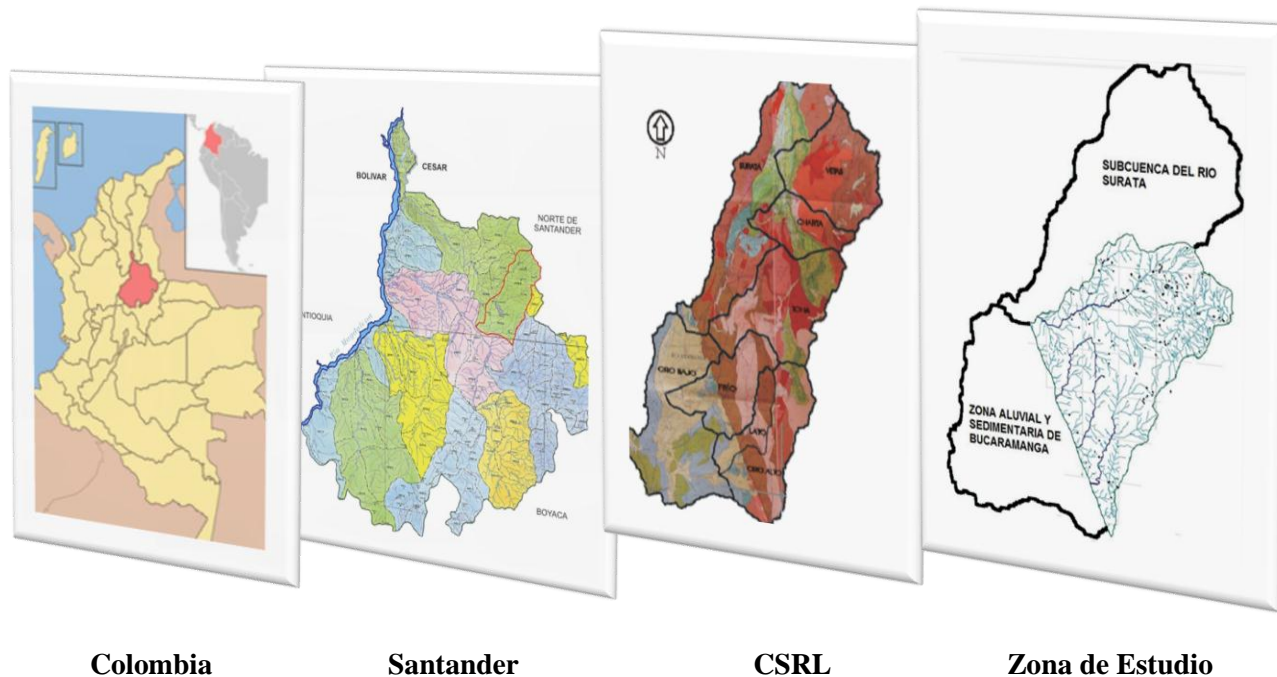
Para la Microcuenca del Rio Oro Alto se presentan zonas de bosques primarios como es el caso de las veredas Santa Rita y Cristales donde existen grandes extensiones de tierra con un alto grado de importancia ecosistémica, como lo son el bosque Alto andino y la Zona Páramo; además, presenta zonas de bosques secundarios en la vereda Llanitos. (POA Oro, 2004).

La Microcuenca del Rio Frio se caracteriza por poseer en la parte alta zonas de bosque natural secundario especialmente en las veredas San Ignacio y La Judía, hay un sector el cual hace parte del DMI en la vereda Helechales siendo esta una área protegida: lo restante de la Microcuenca se encuentra repartido en zonas de rastrojos, pastos naturales y cultivos mixtos. (POA Oro, 2004).

La Microcuenca del Rio Lato posee diferentes usos entre los cuales tenemos una zona de bosque secundario en la parte alta, existen también pequeñas zonas de bosques plantados y el resto del territorio de la Microcuenca se encuentra ocupado principalmente por zonas de cultivos mixtos y zonas de rastrojos. (POA Oro, 2004).

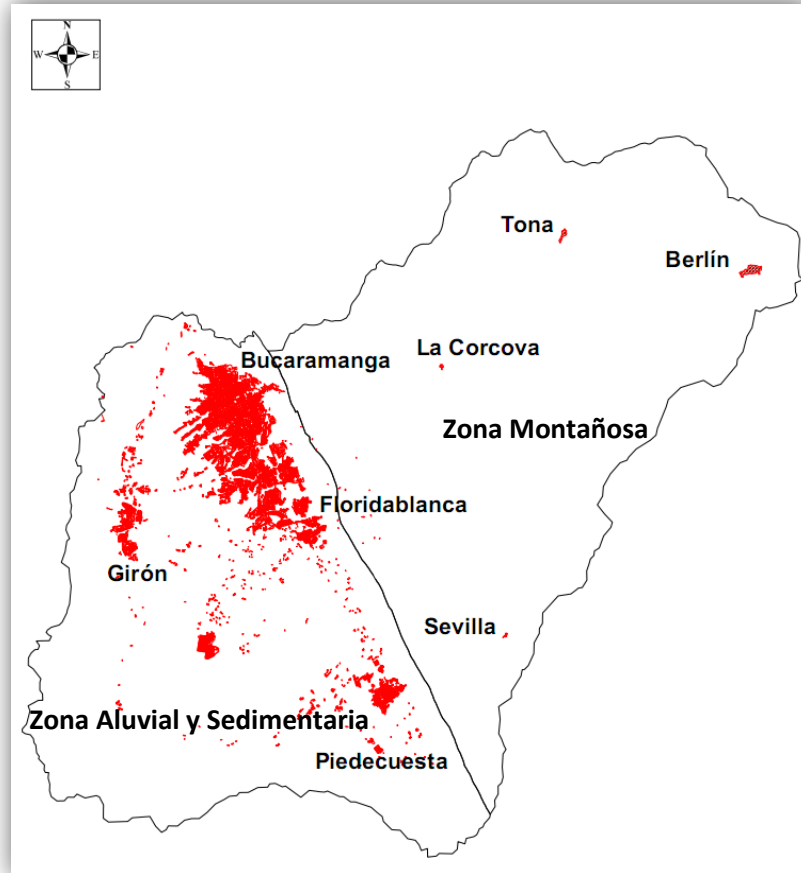
En la parte del páramo de Berlín se presentan principalmente áreas de bosques paramunos, existen también bosques secundarios y en menor escala cultivos transitorios y bosques plantados. (DMI Berlín, 2007). Las cuencas del Rio Tona, Rio Frio y Rio de Oro se encuentran intervenidas por diferentes actividades antrópicas como son los cultivos transitorios, algunas actividades de ganadería y algunas granjas avícolas, actividades que no son reportadas en los mapas de uso del suelo, ni en listados o inventarios en donde se presente la información completa de estas actividades que puedan generar contaminación.

En la Figura 1. Se muestra la ubicación de la zona de estudio, dentro de la Cuenca Superior del Rio Lebrija, CSRL.



**Figura 1. Localización de Zona de Estudio**

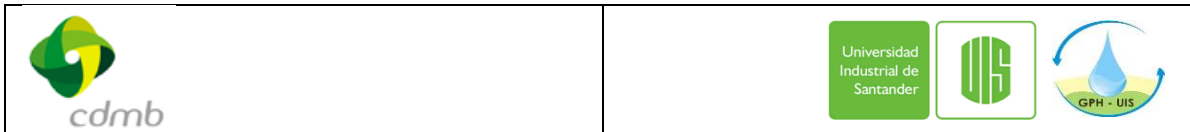
En la Figura 2 se puede observar la ubicación de todos los municipios, y corregimientos existentes en la zona donde se desarrolla esta investigación.



**Figura 2. Municipios y Corregimientos Existentes en la Zona de Estudio.**

## **1.2 Información de Municipios y Actividades Económicas**

A continuación se presenta la localización y las actividades económicas de los municipios existentes en la zona de estudio, como son el municipio de Bucaramanga y su área metropolitana, la cual se encuentra constituida además por el municipio de Floridablanca, Girón y Piedecuesta. Dentro de la zona de estudio se encuentran también los corregimientos de Berlín, Sevilla y la Corcova, pertenecientes a la provincia de Soto, los cuales presentan su mayor población en su zona rural y generan condiciones importantes para el desarrollo de este trabajo. Las generalidades de estos corregimientos también se presentan en este numeral.



### **Municipio de Bucaramanga**

Bucaramanga es la capital del departamento de Santander, está ubicada sobre la cordillera Oriental (Latitud 7° 08' Norte, Longitud 73° 08' Oeste). Posee una superficie de 162 km<sup>2</sup>, con una altura media de 960 msnm, y una temperatura promedio de 23°C.

Su economía tiene su máxima representación en la fabricación de calzado y accesorios de cuero, se desarrolla el 70% de la actividad joyera del país, igualmente las confecciones infantiles y el sector metalmecánico representan importantes cifras.

### **Municipio de Floridablanca**

Floridablanca es un municipio del Departamento de Santander, (Latitud 07° 13' Norte, y 73° 04' Oeste). Tiene una extensión aproximada de 97 km<sup>2</sup>, con una altitud de 925 msnm y una temperatura promedio de 23 °C. Forma parte del Área Metropolitana de Bucaramanga.

El sector más importante de la economía del municipio es el sector terciario (servicios que se ofrecen para satisfacer las necesidades de la población), especialmente la actividad comercial. En el sector industrial el 50% de las empresas se dedica a la producción de alimentos, el 14.3% a la fabricación de prendas de vestir y a la fabricación de minerales no metálicos, lo que significa que estos tres rubros agrupan cerca del 80% del total de establecimientos industriales localizados en el municipio.

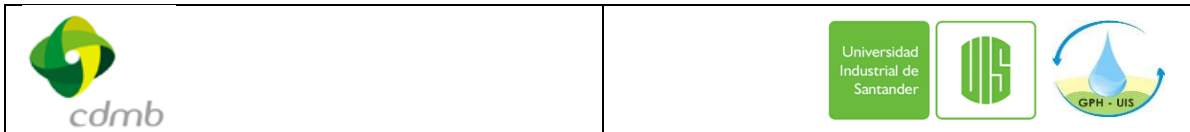
### **Municipio de Piedecuesta**

Se encuentra a 17 km de Bucaramanga (Latitud 5°59'06'' Norte, Longitud 7° 1.01'17'' Oeste). Su extensión territorial es de 344 km<sup>2</sup>; tiene una variada geografía que ofrece un sin número de valles, mesetas y colinas, accidentes territoriales que presentan gran variedad de climas, con una altura de 1005 msnm.

La agricultura es el principal pilar de la economía; debido a la variedad del relieve y por consiguiente a los pisos térmicos, existe diversidad de productos. Su situación topográfica cuenta con partes altas, en donde se cultiva el maíz, la arveja, el trigo, la cebolla, las hortalizas, la arracacha, distintos pastos, verduras y algunos frutales. La parte baja rica en caña de azúcar, maíz, tabaco y plátano. En la parte templada se cultiva yuca, tomate, caña y tabaco. Los productos básicos de la economía Piedecuestana son la caña de azúcar y el tabaco, adicionalmente es un gran productor de mora.

### **Municipio de Girón**

El municipio de Girón está ubicado a sólo 10 minutos de Bucaramanga sobre la vía a Barrancabermeja (Latitud 7° 04' 15'' Norte, Longitud 37° 10'20' Oeste), con una altitud de 777 msnm, una temperatura promedio de 26 °C.



En el municipio de Girón existen 11.674 m<sup>2</sup> dedicados a los cultivos; 15.282 m<sup>2</sup> a pastos y bosques y 16.273 m<sup>2</sup> son rastrojos. Se cultivan los siguientes productos: la piña, el tabaco, el maíz, los cítricos, la maracuyá, el tomate y el cacao. La mayoría de las fincas cultivan aproximadamente cinco hectáreas de tabaco.

### **Municipio de Tona**

El municipio de Tona se encuentra localizado en el Nororiente de la cuenca superior del río Lebrija, en la provincia de Soto, Departamento de Santander, según coordenadas 7° - 15' de latitud norte y a 73° - 03' de longitud oeste. La cabecera municipal está ubicada a 37 Km de Bucaramanga. Limita por el Norte con los municipios de Charta y Vetas, al sur con Santa Bárbara, Piedecuesta y Floridablanca y al occidente con Bucaramanga, al oriente con el departamento de Norte de Santander.

Tiene una extensión de 33.937 ha, se encuentra entre los 1.100 y los 3.700 m.s.n.m., posee temperaturas medias entre los 6 y los 22°C y precipitaciones entre 760 y 1020 mm, con épocas de veranos cortos a principios y mediados del año, predominan los climas fríos a muy fríos, ubicado en las zonas de vida bosque húmedo premontano, bosque húmedo montano bajo y páramo subandino.

En cuanto a las actividades económicas el sector primario se compone de la agricultura, el sector pecuario, el forestal, la conservación y/o la protección y la minería; el sector secundario se compone de la industria y la agroindustria; y por último en el sector terciario se encuentra el comercio y los servicios.

### **Corregimiento de Berlín**

Berlín se encuentra en el departamento de Santander, es un corregimiento del municipio de Tona, ubicado sobre la vía troncal del norte, en la vía Bucaramanga – Cúcuta, en el páramo de Berlín (Km 48 a Km 70), en una región de páramo seco, apta para el desarrollo ecológico. El centro poblado de Berlín se caracteriza por tener áreas urbanísticas, servicios, loteo y suelo urbano construido a lo largo de las vías que la comunican con Bucaramanga, sobre la vía a Tona y Vetas.

La temperatura guarda un comportamiento estable durante el año, con un promedio anual de 8.7°C, manifestándose como los más fríos en el promedio los meses de Enero y Julio y la mayor temperatura se presenta en Mayo.

Dado que las características del centro poblado son las propias de un ecosistema estratégico, en Berlín la distribución ocupacional es en gran parte agrícola, dedicando su tiempo específicamente en el cultivo de la cebolla larga (junca).

El 57.1% del área del Páramo de Berlín se encuentra poblado de vegetación paramuna (40.7 % de pajonales correspondientes a 18.003 hectáreas, Herbáceas o Paramunos 9.9 %, hojas anchas 6,3% y Rastrojo 0,5%). Por sus atributos ambientales y sus funciones ecológicas,



fue considerado dentro de las prioridades de conservación del nororiente colombiano, este importante ecosistema está amenazado de manera significativa por la expansión de las actividades agrícolas y ganaderas tradicionales (Distrito de Manejo Integrado, DMI de Berlín, 2007).

### **Corregimiento de Sevilla**

Sevilla se ubica en el departamento de Santander es un corregimiento del municipio de Piedecuesta. El clima es frío y el cultivo predominante es la mora y las hortalizas de producción familiar. En la producción pecuaria se destacan las granjas porcícolas, esta actividad se desarrolla en zonas adyacentes a las viviendas. Los nacimientos de agua se encuentran en mal estado debido a las talas indiscriminadas.

### **Corregimiento de La Corcova**

La Corcova se ubica en el departamento de Santander en el municipio de Tona, ubicado sobre la vía Bucaramanga – Cúcuta, (Km 36). El corregimiento de La Corcova, tiene un comercio que se ha desarrollado por su ubicación sobre la vía Bucaramanga-Cúcuta, se compone de locales comerciales dedicados a la venta de artículos de consumo para el pasajero o usuario de la vía.

### **1.3 Población y Servicios**

En la región donde se ha desarrollado esta investigación se reportan en total 1.075.350 habitantes según el censo realizado por el DANE en el año 2005. De los cuales 1.006.456 corresponden a población urbana y casi 70.000 habitantes a población rural. Los últimos datos de población se observan en la tabla 1. La población urbana cuenta con el servicio de agua proporcionada por las empresas de acueductos como la AMB y la Piedecuestana de Servicios. La población rural dispone de acueductos provenientes de pequeñas corrientes, generalmente administrados por juntas de acción comunal, y/o por concesiones de agua dadas por la autoridad ambiental.

A continuación se presenta la distribución de población en las ciudades, corregimientos y veredas localizados dentro del área de investigación. El número de habitantes es importante considerar para realizar estimativos tanto de volúmenes de abastecimiento de agua, como de cargas contaminantes.

**Tabla 1. Población de los Municipios de la Zona de Estudio**

POBLACIÓN-MUNICIPIOS

MUNICIPIO	URBANA	RURAL	TOTAL
Bucaramanga	517286	6826	524112
Floridablanca	250980	10162	261142
Piedecuesta	106960	25720	132680
Girón	130695	19836	150531
Tona	535	6350	6885

Censo 2005, DANE

**Tabla 2. Población de los Corregimientos de la Zona de Estudio**

POBLACIÓN-CORREGIMIENTOS

MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	POBLACIÓN	MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	POBLACIÓN
Tona	Berlín	2667	Piedecuesta	Sevilla	1491
	La Corcova	221			

Planes de Ordenamiento Ambiental de las Microcuencas del Oro y Tona, 2001-2003.

**Tabla 3. Población de las Veredas de la Zona de Estudio**

POBLACIÓN-VEREDAS

MUNICIPIO	VEREDA	VIVIENDAS	POBLACIÓN	MUNICIPIO	VEREDA	VIVIENDAS	POBLACIÓN
Floridablanca	San Ignacio		285	Bucaramanga	San José	31	169
	Mensuly		388		Gualilo Alto	68	416
	Guayanas	176	1089		Retiro Chiquito	52	171
	Casiano	105	651		Retiro Grande	48	268
	Alsacia	66	430		Monserate	27	130
		La Judía		1389	Montechiquito	18	109
		Helechales	83	492	Babilonia	19	85
		Aguablanca	279	1014	Caragua	125	560
		Vericute	192	1094	Armania	45	200
		Santa Bárbara	80	180	Guarumales	55	220
Piedecuesta	San Francisco	270	940	Tona	Pirgua	99	495
	Los Llanitos	120	720		Ucata	66	270
	Las Amarillas	120	662		Pitones	22	81
	Planadas	137	714		Palmar	14	63
	Granadillo	25	100		Tembladal	37	126
	Faltriqueras	25	185		Alisal	15	70
	Cristales	172	984		El Quemado	50	200
	La Mata	101	701		Vegas	92	345
	La Nevera	8	45				
	Santa Rita		298				

Planes de Ordenamiento Ambiental de las Microcuencas del Oro y Tona, 2001-2003.

Actualmente los acueductos obtienen el agua de bocatomas construidas sobre los ríos principales, existen muy pocos acueductos que se abastecen de agua de pozos subterráneos. Sin embargo un numero grande de concesiones dadas a las juntas de acción comunal u otras organizaciones, corresponden a aguas de nacimientos o manantiales, aguas que son producto de diversos sistemas de aguas subterráneas, lo cual indica que el recurso hídrico subterráneo es un recurso importante utilizado por la comunidad.



## 1.4 Saneamiento Básico

El saneamiento básico tiene dos componentes principales, las aguas residuales y los residuos sólidos. El saneamiento básico debe ser desarrollado cuando existe una comunidad que requiere servicios de agua potable, desarrollo básico, etc. Durante este trabajo se consideró el saneamiento básico como un tema sensible, debido a que el análisis y revisión de los sistemas de saneamiento ofrece información directa o indirecta de posibles fuentes de contaminación al suelo y a las aguas, especialmente, si los sistemas son incompletos, defectuosos o no existen.

### 1.4.1 Aguas Residuales

Aquí se refiere a las aguas que los habitantes utilizan y luego entregan a los sistemas de alcantarillados de aguas negras (cuando estos existen), o simplemente entregan sin ningún sistema, directamente al suelo.

#### 1.4.1.1 Contaminación en los sitios de vertimientos de las redes de alcantarillado.

En la zona de la montañosa, ninguno de los sistemas de alcantarillados de la zona, realiza tratamiento de sus aguas residuales, y son vertidas directamente a ríos y quebradas, lo que afecta directamente las aguas superficiales y por ende las aguas subterráneas debido a la infiltración. En esta zona se encontraron cinco puntos de vertimientos de alcantarillados, en el municipio de Tona, en los corregimientos de Berlín y la Corcova, en las veredas Golondrinas y en el Gramal. La información de vertimientos fue encontrada en los planes de manejo de vertimientos de los municipios de Tona y Berlín, suministrada por la CDMB, 2009.

En la zona aluvial y sedimentaria, existen sistemas de alcantarillados y vertimientos adecuados en el área urbana, con una cobertura considerada aceptable. Algunos pocos barrios subnormales carecen de este servicio y en las zonas rurales se cuenta con pozos sépticos (cerca de 700 reportados por la CDMB) en esta área, los cuales deben ser adecuadamente diseñados y manejados sus lixiviados.

#### 1.4.1.2 Contaminación generada por fugas en las redes de sistemas de alcantarillado.

En las zonas residenciales con sistemas de alcantarillado, debido al material y el tiempo de funcionamiento que estos presentan, están propensos a la generación de fugas debido al deterioro sufrido a lo largo de los años, y por procesos de percolación las aguas residuales pueden llegar hasta los acuíferos. Dicha situación se presenta para los cascos urbanos de Bucaramanga y su zona metropolitana, municipio de Tona y los corregimientos de Berlín y la Corcova. El resto de lugares en donde se presenta población y no se encuentran dentro de estos cascos urbanos la disposición de las aguas residuales se hace directa al suelo o a pozos sépticos.



### **1.4.1.3 Contaminación de aguas residuales descargadas directamente al terreno.**

En la zona montañosa se presentan viviendas que no tienen ningún sistema de descarga de aguas residuales, vertiéndolas directamente al terreno, esto no solo puede causar contaminación a las aguas subterráneas sino que también presenta malos olores; la fracción sólida de los residuos, en estos puntos permanece en el suelo y es lixiviada progresivamente al subsuelo por infiltración. La identificación de estos puntos de descarga directa, se realizó mediante el listado de concesiones de aguas superficiales entregado por la CDMB (Anexo 1), considerando que las concesiones corresponden a viviendas (muy pocas viviendas cuentan con pozos sépticos), esta información se complementó con el censo de viviendas rurales (DANE, 2005) que se encuentran en el área de estudio.

### **1.4.2 Recolección de Residuos Sólidos:**

La ciudad de Bucaramanga produce diariamente alrededor de 300 toneladas diarias de residuos sólidos. Las empresas encargadas de la recolección de estos residuos son la Empresa de Aseo de Bucaramanga (EMAB) que cubre los estratos 1, 2 y 3. Rediba S.A E.S.P que cubre los estratos 4, 5 y 6. Estos residuos son llevados al relleno sanitario "El Carrasco", Ubicado entre los municipios de Bucaramanga y Girón. Este relleno sanitario empezó a ser utilizado en 1978 como un botadero a cielo abierto. Todos los días llegan a sus instalaciones cerca de 750 Ton de residuos de 10 municipios de Santander, los cuatro del área metropolitana, así como Surata, Cáchira, Charta, Rionegro, Lebrija y Barbosa. Sin embargo El Carrasco cumplió su vida útil y será cerrado.

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB, le dio viabilidad ambiental al proyecto de construcción y operación del relleno sanitario denominado: 'Parque Chocóa', situado en el sector rural del mismo nombre, la empresa Entorno Verde S.A.S. E.S.P. pretende realizar este proyecto, situado en la vereda Chocóa, del municipio de Girón, teniendo en cuenta que el actual basurero de El Carrasco tiene plazo de funcionamiento sólo hasta el 16 de marzo de 2011. La idea, según la entidad estatal, es que Lebrija, Bucaramanga y los municipios que componen el área metropolitana cuenten con la nueva opción para el sitio de disposición de los residuos sólidos ordinarios.

A continuación se presenta, la programación de recolección de basuras para el área rural, sin embargo es sensible el tema de mala disposición y recolección en el área rural de la zona de estudio, incluidas área circundantes de la ciudad de Bucaramanga.

### **Recolección de Residuos Sólidos, PIEDECUESTA**

El tratamiento y disposición de las basuras se hace generalizadamente a cielo abierto en todas las veredas, solamente en el sector de Mensuly – Tablanca se tiene servicio de recolección por parte de La Piedecuestana ESP.



### **Recolección de Residuos Sólidos, TONA**

La entidad administradora encargada es la Alcaldía Municipal. El sistema de recolección es domiciliario y se realiza una vez a la semana por medio de un camión particular. Se recoge las basuras a 158 predios y se les cobra en el impuesto predial. El barrido de vías sólo se hace alrededor del parque principal, los propietarios de cada predio se encargan del aseo del frente de sus casas. Y no hay tratamiento de residuos sólidos.

### **Recolección de Residuos Sólidos, BERLÍN**

La entidad administradora encargada es la Alcaldía Municipal. El sistema de recolección es domiciliario y se realiza dos veces a la semana por medio de un camión particular y la volqueta del municipio. Se recoge las basuras a 190 predios y se les cobra en el impuesto predial. El barrido de vías sólo se hace alrededor del parque principal, los propietarios de cada predio se encargan del aseo del frente de sus casas. Y no hay tratamiento de residuos sólidos.

### **Recolección de Residuos Sólidos, LA CORCOVA**

El camión que recoge la basura en la cabecera municipal de Tona, es el mismo que recoge la basura en La Corcova; haciendo una cobertura del 100% del corregimiento, la tarifa se cobra en el impuesto predial. Su recolección se hace una vez a la semana.

El 95.2% de las viviendas rurales arrojan las basuras en lotes o zanjas cerca de su vivienda produciendo malos olores, mal aspecto a la vivienda y son criaderos de insectos que causan enfermedades, además en constituirse en lixiviados que se infiltran y van a contaminar las aguas subterráneas.

#### **1.5 Cartografía Digital y Modelo de Elevación para la Zona de Estudio.**

El trabajo de investigación desarrollado requiere la construcción de un modelo de elevación a partir de la cartografía digital disponible, sobre el cual se trabajan las diferentes variables involucradas en el problema a solucionar, que es la evaluación del peligro a la contaminación del agua subterránea.

Para generar el modelo de elevaciones, se utilizaron imágenes de radar SRTM con una estructura de datos tipo *Raster*, de 1 segundo de arco (30.823 metros de resolución espacial), cada una en formato *Raster Dataset* de ARCGIS (ESRI), las cuales abarcan el territorio Colombiano en cuatro regiones: Colombia Norte, Colombia Este, Colombia Centro y Colombia Sur. Estas imágenes se encuentran referidas al *Datum* horizontal WGS 84, considerado un estándar internacional y fueron tratadas, unidas, transformadas a una resolución de 1 segundo de arco y distribuidas para uso institucional por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Se realizó la traslación del sistema de referencia de las imágenes de radar a Magna-Sirgas. Como primer paso en la georreferenciación de la imagen SRTM, es necesario definir el área de trabajo para realizar una extracción de la región que contiene la Cuenca Superior del Río Lebrija. Para realizar el proceso de corte de la imagen se utilizó el software ArcGIS 9.3.

La herramienta Spatial Analyst Tools – Extraction - Extract by Mask permite realizar el corte de la imagen de radar que en este caso corresponde al archivo de Colombia Centro. El producto consiste en un archivo en formato *Raster Dataset* con información topográfica de radar de la zona de estudio. El siguiente paso es proyectar el archivo resultante en el paso anterior el cual se encuentra en coordenadas geográficas referidas al *datum* horizontal WGS84 a coordenadas planas referenciadas en el sistema Magna-Sirgas. Esto se llevó a cabo empleando la herramienta Data Management Tools-Projections and Translations-Project Raster.

### 1.5.1 Resolución y Construcción del Modelo de Elevaciones

La imagen SRTM cortada y georreferenciada en el numeral anterior posee celdas de 1 segundo de arco que equivalen a 30.823 metros, lo que hace necesario una redistribución de los datos que permita el reajuste de la grilla para obtener celdas uniformes de 30x30 metros, lo cual se logró con el uso de un software de especialización, llamado *Surfer V.9*.

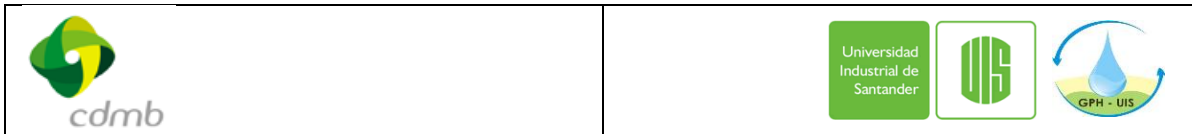
Se transforma el formato de la imagen georreferenciada, la cual se encuentra en formato *Raster Dataset* de ArcGIS a una extensión legible por el software Surfer. Se define el algoritmo Interpolador a emplear, pues cada técnica de interpolación, en función del algoritmo y los parámetros que maneja, generan una réplica que intenta aproximarse a la realidad. La elección del interpolador se determinó mediante el proceso de Validación Cruzada, la cual consiste en una herramienta estadística provista por el software *Surfer V.9* que calcula el Error Medio Cuadrático (EMC) de cada algoritmo de interpolación.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del EMC generado con 5 interpoladores para generación de MDE en el software Surfer V.9 para una población muestral de 20.000 puntos:

**Tabla 4. Comparación de Interpoladores**

Validación cruzada

Interpolador	EMC
Inverse Distance of a Power (Potencia 7)	4,5740696
Kriging (Semivariograma Lineal)	4,3016139
Nearest Neighbor	13,670333
Minimum Curvature	50,735473
Radial Basis Function (Thin Plate Spline)	4,7641836



El MDE definitivo se obtuvo utilizando el algoritmo de interpolación Kriging con semivariograma lineal, debido a que este presentó el menor Error Medio Cuadrático.

### 1.5.2 Validación del Modelo de Elevaciones

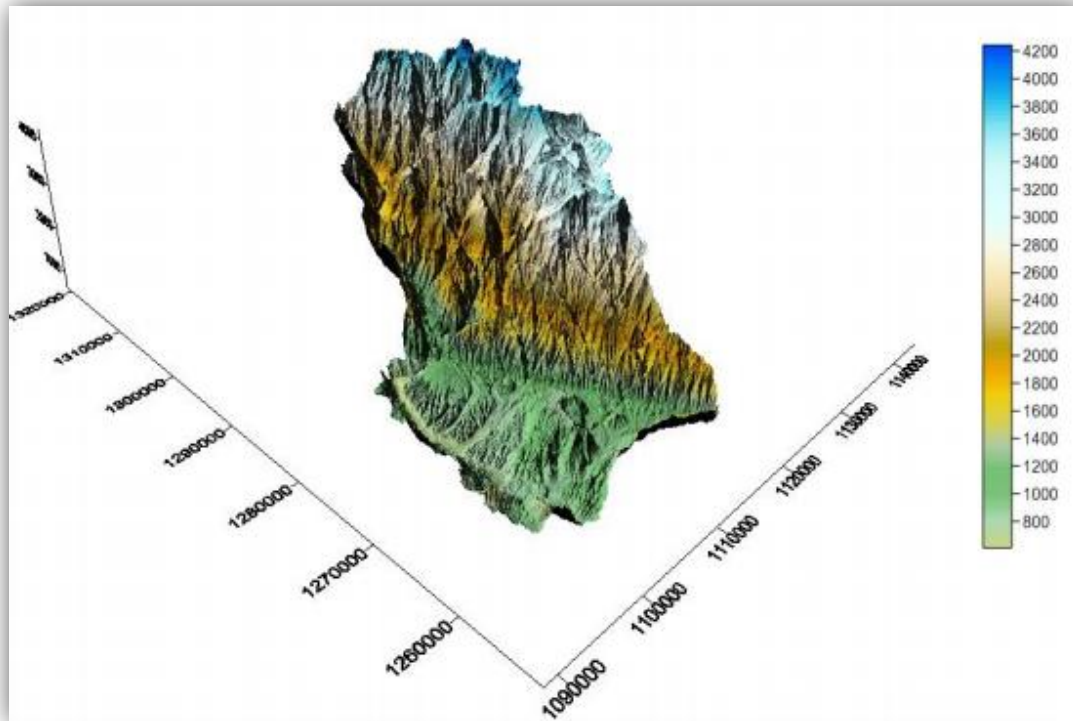
El proceso de validación del MDE se realizó comparando las elevaciones de 40 puntos reales con elevaciones extraídas del MDE y aplicado herramientas estadísticas. Este proceso demostró una correspondencia con las exigencias de calidad de dos entidades internacionales NMAS y USGS, de las cuales se concluye que:

- Según National Map Accuracy Standards, el error vertical de las muestras, en nuestro caso, no debe exceder 15 metros, en un 90% de los puntos. El MDE generado cumple esta exigencia para el 92.5% de los puntos, lo cual valida el modelo para éste estándar de calidad.
- Según la clasificación de la United States Geological Survey para Modelos Digitales de Elevación, el MDE generado para la CSRL se clasificó como de nivel 3. En función de esta clasificación, la desviación típica no debe ser mayor a 7.50 y la muestra no debe contener puntos para los cuales el error vertical sea superior al intervalo de la fuente de más precisión.

El MDE generado posee una desviación típica calculada de 7.50 metros y la discrepancia máxima de los puntos de la muestra no supera los 30 metros.

El Modelo Digital de Elevaciones (MDE) definitivo para la Cuenca Superior del Río Lebrija posee una estructura tipo *Raster* con celdas de 30x30 metros y un error promedio de 4.158 metros para una desviación estándar de 7.50, generado a partir de imágenes de radar SRTM correspondiente al territorio colombiano con resolución espacial de 1 segundo de arco y suministrada por el Instituto geográfico Agustín Codazzi, ver Pérez, 2010.

El MDE fue georeferenciado al sistema coordenado Magna-Sirgas, para lo cual se realizó la transformación de coordenadas geográficas referidas al sistema WGS84, a coordenadas planas referidas al sistema Magna\_Colombia\_Bogotá. Esto se realizó con ayuda del software ArcGIS 9.3.1, que cuenta con una herramienta para conversión de coordenadas dentro de las que se encuentra el sistema de referencia utilizado en Colombia. En la Figura 3, se observa una vista del Modelo de Elevaciones obtenido.



**Figura 3. Modelo Digital de Elevaciones de la CSRL.**

El MDE elaborado será la base para trabajar los diferentes modelos distribuidos, definir los modelos conceptuales de flujo y aplicar las metodologías propuestas de amenaza, riesgo y peligro a la contaminación del agua en la Cuenca Superior del Río Lebrija.



## 2 ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

En este trabajo se evalúa la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea, por lo tanto se empiezan a plantear los primeros resultados de investigación de las condiciones físicas que presentan las formaciones acuíferas en la parte alta de las cuencas del Rio Tona, Rio Frio y Rio de Oro y en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga.

Una formación acuífera debe estar constituida por una formación geológica permeable, es decir que esta posea permeabilidad primaria o secundaria, y además debe existir la presencia del agua en dicha formación, recargada a partir de la infiltración del agua lluvia. El agua que se encuentra dentro de la formación geológica es llamada Agua Subterránea.

El Agua Subterránea, presenta casi siempre buenas condiciones de calidad con alta presencia de minerales y puede ser utilizada para consumo humano con mínimos procesos de tratamiento. Sin embargo, el agua subterránea puede ser afectada tanto en cantidad, como en calidad, debido a efectos externos producidos por el hombre (efecto antrópico).

En este capítulo se evaluará la susceptibilidad que tiene el agua subterránea a la contaminación debida a la entrada de potenciales contaminantes al subsuelo. El mapa de vulnerabilidad se utilizará posteriormente en el capítulo 4 para evaluar el peligro a la contaminación del agua en la región de estudio.

### 2.1 Tipos de Acuíferos y Vulnerabilidad Intrínseca.

Los acuíferos son formaciones geológicas que almacenan agua y permiten el movimiento de ella, bajo la acción de las fuerzas de gravedad y se puede explotar en cantidades apreciables (Vélez, 1999). Los Acuitardos tienen la misma definición anterior, pero las cantidades a explotar son menores. Los acuíferos pueden clasificarse de acuerdo con las condiciones de presión hidrostática a la que está sometida el agua almacenada por ellos, condiciones que varían según la posición estratigráfica de la formación. Por lo tanto se identifican dos tipos de acuíferos:

- **Libres:** Estos acuíferos presentan una superficie libre de agua que está en contacto directo con la atmosfera, dicha superficie es llamada superficie freática, limitada por el nivel freático. Son los acuíferos más vulnerables.
- **Confinados:** En estos acuíferos el agua se encuentra sometida a una presión mayor que la atmosférica, en este caso la formación geológica se encuentra completamente saturada y se habla de una superficie piezométrica. Estos acuíferos son menos vulnerables.

- **Semiconfinados:** Son acuíferos que se encuentran completamente saturados de agua y están limitados ya sea por su base o por el techo por una capa o formación semipermeable que puede ser un acuitardo.

En la región de investigación se conocen los acuíferos de las formaciones aluviales y sedimentarias donde se localiza la ciudad de Bucaramanga y su zona metropolitana, el acuífero superior de la Meseta de Bucaramanga, es considerado un acuífero libre y es posiblemente el de mayor explotación. El acuífero profundo de la formación Bucaramanga es menos conocido y es considerado que se encuentra protegido por el superior en la parte de la Meseta, sin embargo en otras áreas puede ser de tipo libre. Ver (Gonzales, Camargo) 2010), Ingeniería de suelos (1991, 2002), Ingeominas (2001), Bermoudez, Vasquez (2004). Las formaciones sedimentarias de interés en esta zona, están conformadas especialmente por los niveles fracturados de la formación Girón, que puede llegar a constituir acuíferos profundos y algunos confinados.

En la región de investigación se conocen el interés hidrogeológico de las rocas ígneas metamórficas del Macizo de Santander y algunas formaciones sedimentarias donde se localiza la parte montañosa objeto de este trabajo. Han sido localizadas zonas de recarga en estas rocas (Gómez, Anaya, 2004) que alimentan los acuíferos de la zona aluvial anterior. Ingeominas-UIS (2007) presenta una zonificación de zonas de interés hidrogeológico en el Macizo de Santander y posteriormente Ingeominas (2009) presenta algunos resultados que establecen potenciales acuíferos en el Altiplano de Berlín. En la zona de montaña se considera que los sistemas acuíferos son de tipo libre y algunos de ellos se consideran además conductores de agua. Las formaciones acuíferas localizadas en el Neis de Bucaramanga y cuerpos intrusivos alrededor de la falla de Bucaramanga, localizadas en zonas altamente meteorizadas (Gómez, Colegial, 2003) han sido estudiadas y en ellas se localizan pozos de observación y de monitoreo de los niveles de agua.

El reciente estudio con fines geotécnicos desarrollados por la CDMB y Consorcio Geotécnico de Bucaramanga (2010) en el área de la comuna 14 de Bucaramanga, reportan en sondeos eléctricos verticales y refracción sísmica, suelos residuales y rocas blandas del Neis con posibles presencia de niveles freáticos superficiales.

Desde que Margat (1968) introdujo el término “vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación”, se han sucedido numerosas definiciones, calificaciones y metodologías sobre el mismo, en muchos casos orientados a su representación cartográfica. (Auge, 2004). Hasta la fecha, sin embargo, no se ha logrado consenso sobre el alcance del término y en este sentido, existen dos grandes corrientes. Una corriente representada por los

investigadores que consideran a la vulnerabilidad como una propiedad referida exclusivamente al medio acuífero sin tener en cuenta la incidencia de las sustancias contaminantes (Vulnerabilidad Intrínseca) y la otra corriente en la que se agrupan los que si le otorgan la trascendencia de la carga contaminante (Vulnerabilidad específica). (Auge, 2004).





En este trabajo el término de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero se utiliza para representar las características intrínsecas que determinan la sensibilidad del acuífero a ser adversamente afectadas por una carga contaminante impuesta. (Foster e Hirata 1991).

Se utilizan las metodologías ampliamente conocidas que evalúan la vulnerabilidad mediante factores o índices, llamados Método DRASTIC, Método GOD y una tercera metodología utilizada en Latinoamérica llamada Método PATHS. Estas metodologías llegan a cinco clases de vulnerabilidad del acuífero en categorías propuestas por Foster, et al, 2002, esto con el fin de definir en forma clara y concreta el nivel de vulnerabilidad, y contar con una escala igual para su comparación.

- **Vulnerabilidad extrema:** El acuífero es vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.
- **Vulnerabilidad alta:** El acuífero es vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son frecuentemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación.
- **Vulnerabilidad moderada:** El acuífero es vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
- **Vulnerabilidad baja:** Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo.
- **Vulnerabilidad muy baja:** El acuífero tiene presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.

## 2.2 Metodologías para Evaluar Vulnerabilidad

Desde la década de los 80 se introdujo el término vulnerabilidad y se inició la búsqueda de metodologías que se adecuaron a las distintas condiciones.

### 2.2.1 Metodología DRASTIC

Es un modelo elaborado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA) para la evaluación de la contaminación potencial llamado “Índice DRASTIC”. El acrónimo DRASTIC proviene de las siglas de los siguientes parámetros.

**D**= Profundidad desde la superficie hasta el nivel freático

**R**=Recarga neta

**A**= Tipo de acuífero.

**S**= Tipo de suelo.

**T**= Topografía, pendiente

**I**= Zona no saturada.

**C**= Conductividad hidráulica

Donde cada uno de los parámetros anteriores son llamados factores hidrogeológicos que afectan directamente la vulnerabilidad del acuífero y se explican a continuación:

- **Profundidad del nivel de agua:** Este factor es muy importante en acuíferos libres, se considera que niveles de agua superficiales presentan alta vulnerabilidad y niveles de agua profundos reducen la vulnerabilidad.
- **Recarga:** Este factor representa la cantidad de agua por unidad de área que percola hacia el acuífero y lo alimenta. Esta es considerada la principal vía para el transporte de los contaminantes hacia el agua subterránea.
- **Tipo de Acuífero:** Se refiere a las propiedades del material de la zona saturada (porosidad, tamaño del poro, tortuosidad de las rutas de flujo) que controlan los procesos de atenuación del contaminante. Un tiempo de viaje más largo resultara en una mayor atenuación del contaminante.
- **Tipo de suelo:** Este factor representan la parte superior más meteorizada de la zona no saturada. Suelos con arcillas y limos aumentan el tiempo de viaje del contaminante a través de la zona de raíces.
- **Topografía (pendiente):** Entre mayor sea la pendiente mayor será la escorrentía y más baja la infiltración del contaminante en el suelo.
- **Zona no saturada:** También llamada zona vadosa, considera el tipo de material de la zona no saturada. Esta controla el movimiento y la atenuación del contaminante en su camino hacia la zona saturada. Esta zona juega un papel importante como protectora del agua subterránea.
- **Conductividad Hidráulica:** Es la propiedad del acuífero que expresa su habilidad para transmitir agua. Esta propiedad determina la velocidad a la cual se mueve el contaminante dentro del acuífero.

Para aplicar este método debe asumirse que el posible contaminante tiene la misma movilidad en el medio que el agua, que se introduce por la superficie del terreno y se incorpora al agua subterránea mediante la recarga (lluvia y/o retorno de riego). Se aplica a acuíferos libres y confinados, pero no a los semiconfinados, que deben valorarse de manera que puedan adaptarse a uno de los tipos definidos.

El índice DRASTIC es calculado con estos parámetros de la siguiente manera:

$$D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w = \text{Indice DRASTIC (1)}$$

Donde los subíndices  $r$  y  $w$  significan factor de clasificación y factor de ponderación respectivamente.

Este método provee una forma simple de asignar la susceptibilidad de ciertas áreas a la contaminación. Los factores de clasificación se establecen del 1 al 10, mientras los factores de ponderación varían según el factor implicado y se establecen de 1 al 5. Los factores más importantes son la profundidad del nivel de agua, el tipo de suelo y la zona no saturada. Además los factores de ponderación cambian cuando se trata de agentes contaminantes pesticidas.

A continuación se muestra en las Tablas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 los factores de clasificación y ponderación de cada parámetro utilizado para determinar el índice DRASTIC.

**Tabla 5. Profundidad del Agua ( $D$ )**

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN $D_r$
< 1,5	10
1,5 – 5	9
5,0 - 10,0	7
10,0 - 20,0	5
20,0 - 30,0	2
> 30	1
	<b>PONDERACIÓN <math>D_w</math></b>
	5

**Tabla 6. Recarga Neta ( $R$ )**

RECARGA (mm)	CLASIFICACIÓN $R_r$
0 – 50	1
50 – 100	3
100 – 180	6
180 – 255	8
> 255	9
	<b>PONDERACIÓN <math>R_w</math></b>
	4

**Tabla 7. Tipo de Acuífero (A)**

TIPO DE ACUÍFERO	RANGO DE CLASIFICACIÓN $A_r$	VALOR TÍPICO $A_r$
Arcillas, margas, limos	1 - 3	2
Ígneas/metamórficas	2 - 5	3
Ígneas/metamórficas alteradas	3 - 5	4
Alternancias de areniscas, arcillas y calizas	5 - 9	6
Areniscas masivas	4 - 9	6
Calizas masivas	4 - 9	6
Arenas, gravas y conglomerados	4 - 9	8
Volcánicas	2 - 10	9
Calizas carstificadas	9 - 10.	10
<b>PONDERACIÓN <math>A_w</math></b>		4

**Tabla 8. Tipo de Suelo (S)**

TIPO DE SUELO	CLASIFICACIÓN $S_r$
Arcilla no expansiva y agregada	1
Suelo orgánico	2
Marga arcillosa	3
Marga limosa	4
Marga	5
Marga arenosa	6
Arcilla expansiva y/o agregada	7
Turba	8
Arena	9
Grava	10
Delgado o ausente	10
<b>PONDERACIÓN <math>S_w</math></b>	
2	

**Tabla 9. Topografía (T)**

PENDIENTES (%)	CLASIFICACIÓN $T_r$
0 – 2	10
2 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
> 18	1
<b>PONDERACIÓN <math>T_w</math></b>	
1	

**Tabla 10. Zona no saturada (I)**

TIPO DEL MEDIO DE LA ZONA NO SATURADA	RANGO DE CLASIFICACIÓN $I_r$	VALOR TÍPICO $I_r$
Capa confinante	1	1
Arcillas, margas, limo	1 - 2	1
Esquistos, pizarras	2 – 5	3
Calizas	2 – 7	6
Areniscas	4 – 8	6
Alternancia de calizas, areniscas y arcillas	4 – 8	6
Arenas y gravas con contenido en arcilla	4 – 8	6
Metamórficas, ígneas	2 – 8	4
Arenas y gravas	6 – 9	8
Volcánicas	2- 10	9
Calizas carstificadas	8 – 10	10
<b>PONDERACIÓN <math>I_w</math></b>		5

**Tabla 11. Conductividad Hidráulica (C)**

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (m/día)	CALIFICACIÓN $C_r$
< 4	1
4.0 - 12	2
12.0 – 28	4
28.0 – 40	6
40.0 – 80	8
> 80	10
	<b>PONDERACIÓN <math>C_w</math></b>
	3

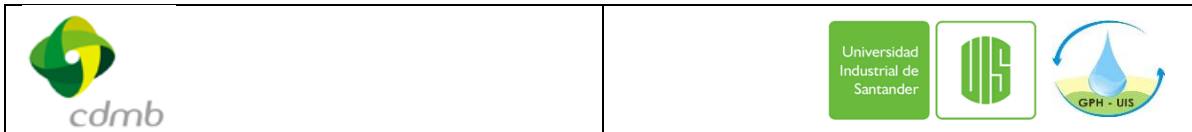
Las categorías de vulnerabilidad DRASTIC se expresan en la Tabla 12, según el valor del índice DRASTIC calculado a partir de la ecuación (1), el cual presenta valores que varían entre 119 y 200, los cuales expresan las diferentes categorías.

**Tabla 12. Categorías de Vulnerabilidad DRASTIC**

GRADO DE VULNERABILIDAD	DRASTIC
Vulnerabilidad Muy baja	< 119
Vulnerabilidad Baja	120 -139
Vulnerabilidad Moderada	140 -159
Vulnerabilidad Alta	-199
Vulnerabilidad Extrema	>200

### 2.2.2 Metodología GOD

El método de GOD fue desarrollado en 1987 por Foster, y trata de ser simple y sistemático. El método determina la vulnerabilidad intrínseca por lo que no toma en cuenta el tipo de contaminante. Este método establece la vulnerabilidad del acuífero, como una función de la inaccesibilidad de la zona saturada, la penetración de contaminantes y a la capacidad de atenuación de los estratos que se encuentran por encima de la zona saturada como resultado de su retención física y la reacción química con los contaminantes (Foster e Hirata, 1991). Se trata de un método empírico que establece la vulnerabilidad relativa como la interacción entre la inaccesibilidad hidráulica y la capacidad de atenuación, factores que poseen relaciones complejas que dependen de gran cantidad de variables difíciles sino imposibles de cuantificar. Para solventar este inconveniente la metodología utiliza la clasificación de tres fases discretas que son:



Distancia del agua.

Ocurrencia del agua subterránea.

Substrato litológico.

La vulnerabilidad según el método se calcula como el producto de los siguientes factores:

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = G * O * D \text{ (2)}$$

**G:** Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinados, y sin presencia de acuífero. La condición de confinamiento de los acuíferos es una función que interviene directamente en la vulnerabilidad natural del agua subterránea ante una contaminación potencial, ya que en general en acuíferos confinados el acceso de contaminantes es más restringido.

**O:** Este parámetro incluye una caracterización global de la zona que suprayace al acuífero en cuanto a la naturaleza litológica, al grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.

**D:** Profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante en acuíferos confinados.

La cuantificación de los factores anteriores se observa en la Figura 4. La metodología da un puntaje a cada parámetro de acuerdo con su capacidad de atenuación. Una vez valorado cada parámetro se calcula el índice de vulnerabilidad total multiplicando los valores asignados a cada uno de estos (Ver Tabla 13), obteniéndose valores de 0 a 1, donde un índice cero “0” indica una vulnerabilidad despreciable y un índice “1” una vulnerabilidad extrema a la contaminación.

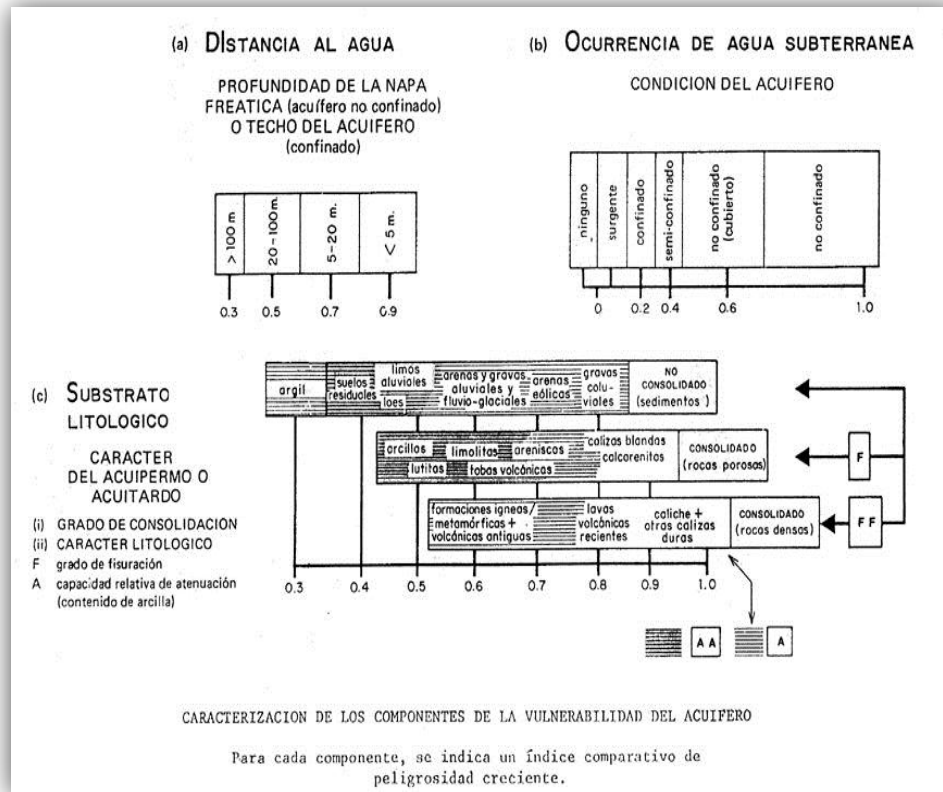


Figura 4. Caracterización de la vulnerabilidad GOD (Foster e Hirata, 1991)

Tabla 13. Categorías de Vulnerabilidad GOD

GRADO DE VULNERABILIDAD	GOD
Vulnerabilidad Muy baja	0 - 0.1
Vulnerabilidad Baja	0.1 - 0.3
Vulnerabilidad Moderada	0.3 - 0.5
Vulnerabilidad Alta	0.5 - 0.7
Vulnerabilidad Extrema	0.7 - 1

### 2.2.3 Metodología PATHS

Este modelo fue elaborado por Rosa María Valcarce Ortega y Willy Rodríguez Miranda, docentes del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE) de la Habana, Cuba, para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en los acuíferos cubanos llamado "PATHS". El acrónimo PATHS proviene de las siglas de los siguientes parámetros.



**P:** Profundidad del agua, Precipitaciones.  
**A:** Litología del Acuífero.  
**T:** Tectónica, Pendiente Topográfica.  
**H y S:** Resistencia Hidráulica del Suelo.

A partir de la revisión bibliográfica realizada y de la información geológica, edafológica, geomorfológica e hidrogeológica disponible en estudios realizados por INGEOMINAS-UIS (2007) se aplica un sistema por rangos ponderados para calcular un índice, que ha sido denominado PATHS, y que resulta directamente proporcional a la vulnerabilidad del acuífero. A continuación se explica detalladamente esta metodología.

El índice PATHS es calculado con los parámetros Profundidad del Agua, Precipitaciones, Litología del Acuífero, Tectónica, Pendiente Topográfica y Resistencia Hidráulica de la siguiente manera:

$$5P + 4Pp + 3Lit + T + PendTop + 5RH = \text{Índice PATHS (3)}$$

Se observa que este método le da menores pesos a la Tectónica y a la pendiente topográfica, y mayores pesos a la profundidad del agua en el acuífero y a la resistencia hidráulica.

A continuación se muestran las Tablas 14, 15, 16, 17, 18 y 19 con los factores de clasificación y ponderación de cada parámetro utilizado para determinar el índice PATHS.

**Profundidad del agua (P)** - Mientras más profundo se encuentre el nivel estático, mayor es el espesor de la zona no saturada y su capacidad de atenuar la carga contaminante. El peso asignado para este parámetro en la ecuación del índice PATHS es de 5.

**Tabla 14. División por rangos para la profundidad del agua subterránea.**

PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUA EN EL ACUÍFERO (EN METROS)	RANGO
<5	10
5 – 20	8
20 – 30	6
>30	1

**Precipitaciones (Pp)** - Altos niveles de precipitación pueden aminorar el impacto del agente contaminante, ya sea diluyéndolo o transportándolo en forma de flujo superficial, altas precipitaciones disminuyen la vulnerabilidad del acuífero. El peso asignado en la ecuación para este parámetro es de 4.

**Tabla 15. División por Rangos para las Precipitaciones.**

PRECIPITACIONES (mm/año)	RANGO
< 1000	10
1000 – 1200	9
1200 – 1400	8
1400 – 1600	7
1600 – 1800	5
> 1800	4

**Litología del acuífero (Lit)** - Se considera que los fenómenos de difusión y de dispersión de los agentes contaminantes dependen de la granulometría, textura, fracturamiento, porosidad, permeabilidad, etc, de las rocas. Esto también influye en el desarrollo de reacciones químicas entre el agua contaminada y la matriz del acuífero. Las rocas que poseen mayor transmisividad hidráulica hacen más vulnerable al acuífero. Para este parámetro el peso asignado en la ecuación es de 3.

**Tabla 16. División por Rangos para las Litologías dada por la Metodología.**

LITOLOGÍAS	RANGO
Carbonatadas, carbonatadas metamórficas, carbonatadas clásticas, clásticas, húmedales.	10
carbonatadas terrígenas	8
terrígenas, terrígenas carbonatadas	6
ultra básicas	3
evaporitas, metamórficas, vulcanógenas	1

**Tectónica (T)** - La presencia de fallas en el medio geológico, favorece el desarrollo de fracturas y ello puede provocar el incremento de la porosidad secundaria y de la permeabilidad de las rocas, disminuyendo la capacidad de atenuación de la zona no saturada. Para este parámetro el peso asignado en la ecuación es de 1.

**Tabla 17. División por Rangos para la Tectónica.**

PRESENCIA DE FALLAS	RANGO
Zonas con presencia de fallas	5
Zonas sin presencia de fallas	0

**Pendiente Topográfica (PendTop)** - Este método considera que las Pendientes elevadas de la superficie del terreno favorecen la escorrentía superficial y hacen que disminuya la infiltración de los contaminantes. Para este parámetro el peso asignado en la ecuación es de 1.

**Tabla 18. División por Rangos para la Pendiente Topográfica.**

PENDIENTE TOPOGRÁFICA (%)	RANGO
< 1	10
1 - 3	9
3 - 7	5
7 - 10	3
> 10	1

**Resistencia Hidráulica del Suelo (RH)** - Este parámetro trata de cuantificar la resistencia que hace el suelo a la infiltración de un contaminante, expresando la inaccesibilidad hidráulica del contaminante al acuífero. Este parámetro da una idea de las condiciones de infiltración en la zona de meteorización.

En el mapa de suelos disponible en cada región se expresa el espesor de suelos en rangos del 1 al 6 donde:

- **1:** suelos con espesores mayores a 100 cm.
- **2:** suelos con espesores entre 61 y 100 cm.
- **3:** suelos con espesores entre 41 y 60 cm.
- **4:** suelos con espesores entre 21 y 40 cm.
- **5:** suelos con espesores entre 11 y 20 cm.
- **6:** suelos con espesores menores de 10 cm.

Y el drenaje se presenta en rangos del 1 al 5 definiendo:

- **1:** suelos excesivamente drenados.
- **2:** suelos bien drenados.
- **3:** suelos drenados.
- **4:** suelos mal drenados.
- **5:** suelos muy mal drenados.

La resistencia hidráulica del suelo es evaluada dividiendo el espesor de suelo entre el tipo de drenaje del suelo. De esta manera fue posible caracterizar al menos cualitativamente la resistencia hidráulica de los suelos a la infiltración de contaminantes. A continuación se especifica el peso asignado a este parámetro y su división por rangos. Para este parámetro el peso asignado en la ecuación es de 5.

**Tabla 19. División por Rangos para la Resistencia Hidráulica del Suelo.**

RESISTENCIA HIDRÁULICA DEL SUELO	RANGO
2 - 6	10
1 - 2	6
0.6 - 1	3
0.2 - 0.6	1

El índice PATHS se evalúa de acuerdo a la Ecuación 3, y se clasifica de acuerdo a los rangos dados por la metodología, (ver Tabla 20).

**Tabla 20. Evaluación de la Vulnerabilidad Según el Índice PATHS.**

PATHS	Vulnerabilidad
< 100	Baja
100 – 120	Moderada
120 – 140	Alta
> 140	Extrema

En la aplicación de las metodologías DRASTIC, GOD y PATHS existen parámetros comunes que pueden ser analizados en forma conjunta, aunque la calificación depende de cada una de las metodologías.

Los parámetros comunes en las tres metodologías son la profundidad del agua o nivel freático y la geología o litología. Para las metodologías DRASTIC y PATHS existen otros parámetros comunes como son la pendiente topográfica y el suelo.

La profundidad del nivel freático es uno de los parámetros con mayor peso en el resultado final de las metodologías de evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación, a continuación se presenta la forma en que se obtuvo este parámetro.

### **2.3 Evaluación de Información para Vulnerabilidad en la Zona Montañosa**

Se presenta la revisión de información de interés en la zona montañosa de los ríos de Oro, Frio y Tona, así como de la parte del Altiplano de Berlín, incluido en este trabajo.

#### **2.3.1 Marco Geológico y Estructural**

En esta zona afloran rocas desde el Precámbrico hasta el Cretácico inferior, cubiertas en algunas partes por depósitos sedimentarios de edad reciente y de origen diverso. Las rocas metamórficas están representadas por el Neis de Bucaramanga considerado de edad Proterozoica, la Formación Silgará de edad Paleozoica al igual que el Ortoneis de Berlín;



las rocas intrusivas son preferentemente cuarzomonzoníticas (La Corcova y Santa Bárbara) de edad Juratriásico y que cortan la secuencia metamórfica. El conjunto de rocas sedimentarias comprende la Formación Girón del Jurásico tardío y las formaciones cretácicas de Los Santos, Rosablanca, Paja y Tablazo. Los sedimentos recientes están representados por depósitos fluvio-glaciares, coluviales y aluviales. (Ward, Goldsmith, 1973).

A continuación se da un resumen de la información geológica y estructural presente en la parte alta de las cuencas del Río de Oro, Frio y Tona.

### **2.3.1.1 Rocas Metamórficas**

En la zona de estudio se encuentran rocas metamórficas como el Neis de Bucaramanga, Ortoneis de Berlín y Formación Silgara, las cuales se describen brevemente a continuación.

#### **Neis de Bucaramanga (pEb)**

Constituye la parte basal del Macizo de Santander, se identifican rocas metamórficas de alto grado y de origen sedimentario. En la zona de estudio muestra una gran extensión con marcadas variaciones en su topografía, sobresalen las pendientes abruptas (entre 25 - 35°) y un patrón de drenaje subdendrítico a subparalelo. Esta unidad se caracteriza por presentar variaciones composicionales (cuarzofeldespático, biotítico, anfibólico, migmatítico), que al momento de la meteorización (escala British Geological Survey) le imprime a cada uno de los tipos, diferencias en sus características hidrogeológicas, así, las rocas cuarzofeldespáticas muestran un grado medio de meteorización produciendo niveles arenosos, con tamaño de grano arena fina a muy gruesa, en una matriz limosa, formando perfiles de hasta 12 m de espesor. Los niveles superficiales de meteorización que se encuentran suprayaciendo a la roca fracturada, poseen porosidad primaria; estas dos particularidades son favorables a la hora de identificar zonas de interés hidrogeológico, en este caso someras donde se hallen este tipo de rocas.

En las zonas donde aparece el neis biotítico y anfibólico (NW del Macizo de Santander), la meteorización es de grado moderado a alto, exhibiendo un perfil de composición arcillosa de tipo caolinítico, con espesores aproximados entre 3 y 5m, son típicamente rojizos y pueden constituirse en zonas hidrogeológicas de baja capacidad de infiltración de agua. Estos neises se encuentran altamente diaclasados, lo cual favorece la porosidad secundaria y por lo tanto podrían constituir zonas de interés hidrogeológico.

#### **Ortoneis de Berlín (pDo)**

Es un neis cuarzo feldespático de textura granoblástica el cual se encuentra muy alterado, con alto grado de fracturamiento y oxidación en superficie, desarrollando perfiles de meteorización granulares con tamaños de grano de hasta 3 cm de diámetro y espesores de 4 a 6 m. Se presenta en la zona como un cuerpo alargado dispuesto en dirección NS y se



extiende hacia la cuenca del río Tona mostrando crestas afiladas de pendientes moderadas a altas. En el altiplano de Berlín constituye un relieve de colinas redondeadas y pendientes bajas a medias.

Cerca de la quebrada La Lúcura (parte alta de la cuenca del río Tona) se encuentra muy alterado y fracturado; en el sector de la finca El Limoncito al SW del municipio de Tona se aprecia como un neis de grano fino, rico en anfíboles verdes, intruído por diques ácidos, concordante con la foliación. En los sectores de mayor pendiente, el neis presenta alto grado de meteorización formando cárcavas, sin embargo este fenómeno se evidencia también en el altiplano de Berlín con espaciamiento hasta de un metro.

Debido a la meteorización y a la densidad de diaclasamiento, esta unidad metamórfica muestra importantes grados de porosidad primaria y secundaria, lo cual podría definir zonas de interés hidrogeológico en el altiplano de Berlín, donde es usual encontrar áreas de encharcamiento. Los niveles más profundos se encuentran meteorizados y fracturados.

### **Formación Silgará (pDs)**

Esta unidad se presenta en la parte central del área de estudio como fajas discontinuas con orientación NS entre el altiplano de Berlín y los valles de los ríos Oro, Frío y Tona. En general muestra una estructura esquistosa bien definida y muy fina, con variaciones a rocas de textura granoblástica de composición cuarcítica y marmórea, ubicadas hacia la parte alta de la cuenca del río Tona, las cuales se caracterizan por aparecer superficialmente muy oxidadas.

En la parte norte la formación está siendo afectada por fallas de rumbo con orientación aproximada E-W, las cuales podrían ser vías preferenciales del agua desde la zona alta del Macizo de Santander hacia las áreas más bajas de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta.

Geomorfológicamente se caracteriza por presentar un relieve ondulado, de pendientes moderadas, el cual contrasta con las crestas afiladas, de las rocas y escarpes de las unidades con las que se encuentra en contacto. Hacia la finca La Esperanza, en la quebrada Pírgua, al norte de la cuchilla La Quincha y en el Alto Peña Rica, la Formación Silgará se muestra muy meteorizada lo cual permite observar niveles arcillosos, de color naranja, especialmente en las zonas de mayor grado de alteración. En estos sectores la unidad se encuentra cortada por diques de composición máfica.

En la cuenca del río de Oro, en el sector de la quebrada El Rasgón, aparece altamente meteorizada, presentando perfiles de suelo con una textura fina y colores que varían de rojo a naranja.

Los niveles de meteorización de la Formación Silgará pueden alcanzar espesores de 2 m compuestos por minerales arcillosos, por lo tanto la zona superficial definida por estos



esquistos presenta muy baja permeabilidad y se pueden constituir como zonas de flujo lento de agua subterránea.

En general, se observa un fracturamiento bajo debido a la plasticidad de la roca, este factor desarrolla una porosidad secundaria incipiente. En los niveles arcillosos de la zona de máximo grado de meteorización es muy frecuente la presencia de deslizamientos y flujos de lodo.

### **2.3.1.2 Rocas Ígneas.**

#### **Cuarzomonzonita de La Corcova (JTRcg)**

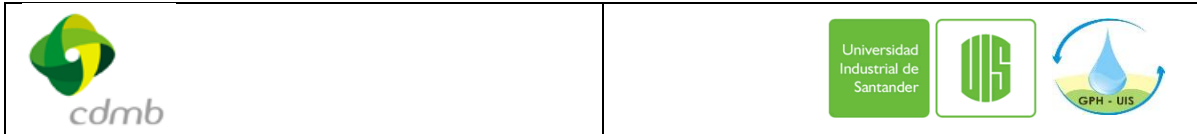
Esta unidad rocosa se presenta como dos cuerpos de forma alargada en la parte central del Macizo de Santander, con una orientación NS, y separados entre sí por efectos tectónicos con leves variaciones composicionales. Regionalmente se identifica como el Plutón de La Corcova y se aprecia sobre las vías Bucaramanga-Pamplona y Los Curos-Guaca.

En la zona de estudio se caracteriza por ser una roca de color gris a blanco, de grano fino a medio, textura fanerítica, con presencia de pátinas de oxidación. Hacia el sector Las Palmas al SW del municipio de Tona, esta unidad presenta un mayor porcentaje de feldespatos potásico, lo cual genera una variación de cuarzomonzonita a granito. Aflora como roca fresca cerca del río Tona, en el sector de Árbol Solo por la vía que conduce de Bucaramanga a Tona; en el cerro Ventanas se observa mayor alteración y en la vereda Guarumales aparecen sectores que varían su textura de porfírica a equigranular con alto contenido de minerales máficos, los cuales tienen un grado de meteorización medio. En el sector del Carrizal en la vía Tona - km 18 se aprecia una roca de composición granítica, con un mayor contenido de hornblenda equigranular, fresca.

La Cuarzomonzonita de La Corcova, aflora también en la vereda Granadillos del municipio de Piedecuesta, donde presenta una topografía de pendientes moderadas, se observan afloramientos de roca cuarzofeldespática de colores claros, con un alto grado de meteorización, lo que origina la formación de minerales de arcilla (caolinitas principalmente).

La unidad presenta niveles de alteración de hasta 12 m de espesor, los cuales se caracterizan por tener una textura arenosa con alta porosidad primaria; las geoformas desarrolladas como cárcavas amplias generan porosidad secundaria, que pueden dar origen a zonas de interés hidrogeológico.

Al sur del área de estudio se ubican rocas de la Cuarzomonzonita de La Corcova que tienen un mayor porcentaje de minerales máficos y con un grado de meteorización superior, los perfiles toman un color rosado y una textura arcillosa, factor que disminuye la porosidad primaria, aunque con una mayor densidad de diaclasas, por lo cual al sur del Macizo de



Santander los niveles superficiales de la Cuarzomonzonita de La Corcova pueden definir zonas de alguna importancia hidrogeológica.

### **Cuarzomonzonita de Santa Bárbara (Jcs)**

Estas rocas conforman el Batolito de Santa Bárbara y afloran al oriente del departamento, en los sectores de Los Curos, Santa Bárbara, Baraya y en los alrededores de Berlín y llega hasta el sector de Arenales. La cuarzomonzonita es de color rosado, rosado naranja a gris violáceo, equigranular, compuesta por feldespatos potásico, plagioclasa, cuarzo y biotita. El área presenta una morfología de colinas redondeadas y la unidad se extiende en forma alargada con una orientación NS.

Estas rocas presentan un alto grado de meteorización en la zona de estudio, los feldespatos son los minerales que evidencian el mayor grado de alteración generando la aparición de arcillas. El perfil de meteorización observado es de carácter arenoso y de color crema. Hacia la parte alta de la cuenca del río de Oro, sobre la zona límite con el páramo de Berlín, esta unidad de roca es afectada por meteorización esferoidal y desarrolla suelos residuales arcillo limosos espesos, lo cual define un aumento moderado en la porosidad primaria de este cuerpo ígneo en su superficie.

El perfil de meteorización que se observa hacia la zona del altiplano de Berlín es de textura arenosa y de color claro, donde se evidencian los cristales de cuarzo muy resistentes a la alteración. Las características texturales y composicionales de la roca ígnea le otorgan a los niveles de mayor alteración una porosidad primaria, que puede facilitar el almacenamiento y circulación del agua y por lo tanto puede llegar a constituir zonas de interés hidrogeológico.

#### **2.3.1.3 Rocas Sedimentarias**

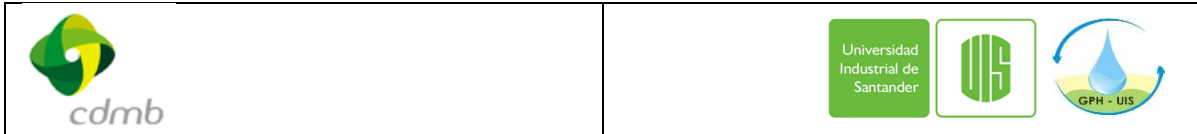
Dentro de las rocas sedimentarias se encuentran en la zona de estudio la Formación Girón, y Formación Los santos, a continuación se presenta un resumen de las formaciones.

#### **Formación Girón (Jg)**

En la zona de estudio se pueden distinguir dos sectores en los cuales aflora esta unidad, el primer sector se ubica hacia la zona de El Alto (divisoria cuenca río Tona-altiplano de Berlín), donde se compone de areniscas conglomeráticas violáceas de grano fino a medio, con una matriz arenosa, granos subredondeados, moderadamente calibrada, mal cementada.

El segundo sector se localiza hacia la parte alta de la cuenca del río de Oro, específicamente en El Picacho, sobre la vía que conduce a Bucaramanga. Aquí se encuentra constituida por areniscas de grano medio, subangulares a redondeados, mal calibradas y compactas, intercaladas con limolitas violáceas; presentan baja porosidad primaria.





Aunque en términos de área no ocupa gran extensión, por sus propiedades litológicas podría constituir zonas de interés hidrogeológico.

### **Formación Los Santos (Kils)**

En el Macizo de Santander esta formación se encuentra distribuida en la microcuenca de la quebrada Río Sucio y el alto El Picacho, donde aparece afectada por fallamiento. Está compuesta principalmente por cuarzoareniscas blancas, ligeramente gravosas y conglomeráticas de grano muy grueso a fino, muy compactas con superficies de oxidación en la zona intermedia. Hacia el techo, los niveles de areniscas están intercalados con lodolitas silíceas oxidadas, de colores naranja a rojizos.

Aflora en la carretera que conduce de Berlín al Gramal, en el sector de Cruz de Lata, en el Llanito y hacia Llano de Adentro.

Esta unidad debido a su porosidad primaria y grado de fracturamiento presenta gran interés hidrogeológico. En el sector de El Alto y en El Uvo se observa muy compacta disminuyendo su porosidad primaria, mientras que en el sector del Carrizal y la parte central de la cuenca de la quebrada Río Sucio se encuentra menos cementada, aumentando la porosidad primaria, por lo que podría constituir zonas locales de interés hidrogeológico.

Hacia el contacto con la Formación Rosablanca, los niveles finos de la Formación Los Santos la hacen menos permeable y actúa como zonas de tránsito lento de agua subterránea. En las pendientes estructurales generadas hacia El Picacho y la parte alta de la cuenca del río Tona, esta unidad se ve afectada por un alto grado de fracturamiento, factor que aumenta la porosidad secundaria y podría constituirse en zonas de interés hidrogeológico.

### **Formación Rosablanca (Kir)**

El rasgo geomorfológico más representativo de la Formación Rosablanca son los escarpes ubicados en la parte oriental del área de estudio, que muestran grandes paquetes de calizas micríticas de color gris en los sectores de alto El Peñón, alto Peña Alta, alto Las Cruces y alto El Picacho y en el sector de Llano de Adentro al centro oriente del área, llegando a tener un espesor acumulado de 240 m.

Las calizas de la Formación Rosablanca presentan niveles fosilíferos y venas de calcita, intercaladas con shales negros carbonosos hacia el techo, observados en la quebrada Los Arcos. Se aprecian zonas con alta disolución en las pendientes estructurales ubicadas hacia el alto El Peñón (parte alta de la cuenca del río Tona) y en la carretera que conduce de Bucaramanga – Cúcuta, sector del peaje.

Estas calizas presentan meteorización de grado medio-alto y se encuentran muy fracturadas como en el sector del Picacho, con presencia de diaclasas que en la mayoría de los casos se encuentran abiertas, favoreciendo de esta manera el flujo de agua a través de ellas, confiriéndoles mayor permeabilidad.



Cambios laterales de facies de estas rocas se presentan hacia el NE, donde si bien predominan los paquetes calcáreos, existen niveles con un porcentaje mayor de material terrígeno (margas), empobrecidas en fósiles y con un aumento de calcita recristalizada, que hacen que los procesos de disolución sean menores, lo cual se evidencia cerca de la zona de contacto entre las formaciones Los Santos y Paja.

La Formación Rosablanca puede definir zonas de interés hidrogeológico donde se encuentre fracturada.

### **Formación Paja (Kip)**

Esta unidad en el área del Macizo de Santander se caracteriza por definir pendientes suaves, compuesta por niveles delgados de limolitas, lodolitas y arcillolitas negras, con presencia de impresiones fósiles, restos de pequeñas conchas, concreciones y nódulos calcáreos; presenta como minerales accesorios moscovita y pirita. Los shales negros se hacen ligeramente carbonáceos y se encuentran intercalados con areniscas de grano muy fino, silíceas. Hacia los sectores de la quebrada Río Sucio y El Gramal el espesor aproximado es de 60 m.

Desde el punto de vista hidrogeológico tanto su porosidad primaria como secundaria son bajas, dependiendo de las condiciones estructurales y de fallamiento que actúen sobre ella, por lo tanto las zonas con presencia de shales de la Formación Paja se comportan como de poca importancia hidrogeológica.

### **Formación Tablazo (Kit)**

En el área del Macizo de Santander esta formación se encuentra distribuida en la parte alta de la cuenca del río Tona, conformando escarpes y pliegues amplios, con un espesor aproximado de 100 m. Composicionalmente se caracteriza por la presencia de niveles de cuarzoarenitas, limolitas fisiles, silíceas y calizas. Los horizontes arenosos están compuestos por areniscas de grano fino a medio, con oxidación en la superficie, se muestran poco a medianamente compactos y se disgregan fácilmente, desarrollando porosidad intergranular.

Las calizas en esta formación son de color negro, con venas de calcita y un alto aporte terrígeno. El afloramiento representativo en el área se encuentra ubicado en el sitio del pliegue de la quebrada Los Arcos; aparece también en la quebrada Los Pantanos y al NE de la zona en el sector del Alto, donde se observa un sinclinal en el cual la Formación Tablazo hace parte del núcleo de esta estructura.

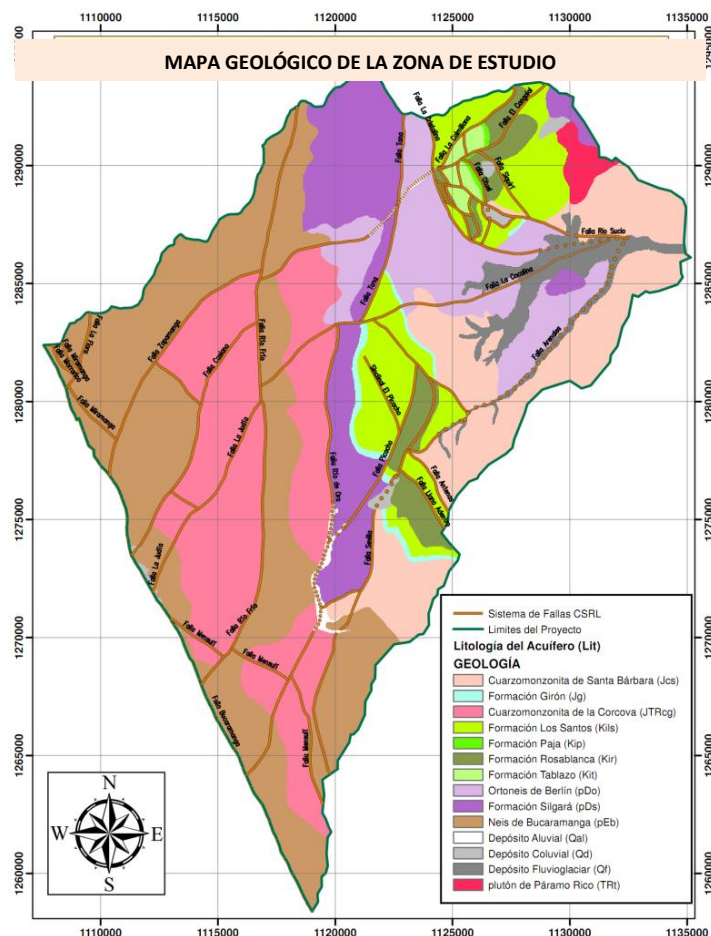
Las características de esta unidad la hacen favorable para almacenar y transmitir agua subterránea, no solo por la porosidad primaria de las areniscas como por los procesos de disolución en las calizas, los cuales son acelerados por las fallas reconocidas en el área, sin

embargo su limitada presencia en la zona disminuye el interés hidrogeológico de estas rocas.

### 2.3.1.4 Depósitos Recientes

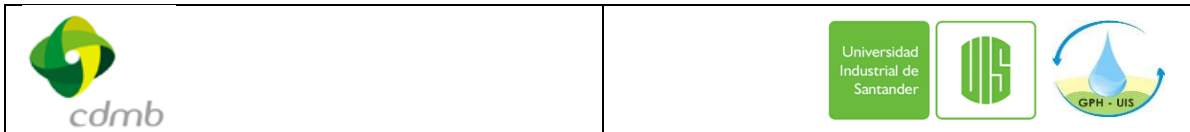
En el área se diferenciaron Depósitos Coluviales o de Ladera (Qd), Depósitos aluviales (Qal) y Depósitos Fluvioglaciares (Qf), compuestos por acumulaciones de bloques y cantos en una matriz limo arenosa, los cuales conforman superficies suavemente onduladas, de muy bajas pendientes, que de acuerdo a su forma de distribución en la región y espesor pueden llegar a tener importancia hidrogeológica.

A continuación se presenta la Figura 5, en la que se muestran las formaciones geológicas presentes en la parte alta de las cuencas de los ríos de Oro, Frio y Tona, además de una breve descripción de la Geología Estructural o Sistemas de Fallas presentes en la zona de estudio.



**Figura 5. Mapa Geológico en la parte alta de las cuencas del Río Tona, Río Frio y Río de Oro.**  
FUENTE: INGEOMINAS-UIS, 2009





En el Macizo de Santander son evidentes los lineamientos de dirección NS, que corresponden a las estructuras principales, debido a que se caracterizan por ser de tipo sinistral e inverso. A partir de la actividad de estas fallas se generan bloques estructurales que presentan fallas de rumbo con una orientación NE-SW y EW (Figura 6).

Las condiciones tectónicas en la región de estudio generan características especiales a las rocas presentes, como son la permeabilidad secundaria y diversos procesos de meteorización.

### **Falla de Bucaramanga**

Esta Falla es considerada un sistema de fallas de rumbo (Campbell, 1965; Vargas y Niño 1992), con movimiento sinistral, cuyo desplazamiento es calculado por Campbell (1965) y Tschanz, et al. (1969, 1974) en unos 100 a 110 km. Tiene una componente vertical importante, según Julivert (1958, 1961), Ward y Goldsmith (1973), Royero (1994), que hace que esta falla se comporte en algunos sectores como inversa y en su extremo meridional, aún de cabalgamiento (Boinet, 1985, Clavijo y Royero, 2001).

La Falla Bucaramanga en la zona de estudio se distingue a primera vista en fotografías aéreas e imágenes de satélite, y se hace evidente desde el punto de vista geomorfológico debido a que enfrenta dos litologías diferenciadas por su resistencia a la erosión, al E el Macizo de Santander y al W la zona de Abanicos de Bucaramanga y los valles del Río Frío, Oro, Tona, Quebradas Zapamanga y Aranzoque – Mensulí.

Los rasgos más importantes a la hora de definir el trazo del sistema de fallas, fueron los cerros desplazados hacia el SE sobre el Macizo (al E de la traza principal), y el predominio del cambio de drenaje hacia el SE sobre la traza de falla, escarpes de falla, sillas de falla y lomos de obturación como el observado en el cerro la Cumbre, lomos de presión como el observado en Lagos del Cacique y altos de Pan de Azúcar, lagunas de falla representadas en la zona por los lagos Miramanga y El Cacique.

En datos de campo se encuentran estrías de falla con componentes sinistral – inversa, con una dirección aproximada de N30°W, además se observa alta densidad de diaclasas en las zonas cercanas a la falla. A partir de los datos de diaclasas y análisis geoestadístico de las mismas, se obtiene una aproximación de la dirección del vector de esfuerzos que ha generado la falla de Bucaramanga y todo el fracturamiento característico de esta zona. (Figura 11). La dirección obtenida de este procedimiento resulta ser de 289° (Beltrán y Rey, 2002, Mora y Quintero, 2006), valor que se aproxima a la dirección EW propuesta en Toro y Osorio (2005)

La deflexión de drenajes en la zona es evidente, la mayoría de la quebradas toman un rumbo SE y en el área de la quebrada Zapamanga, el control tectónico es más evidente. Los ganchos de falla se pueden identificar en la parte montañosa ubicada detrás del cerro de la Cumbre y al E del Barrio San Carlos en Piedecuesta; la disposición de los cerros, indican el



movimiento sinistral de la falla Bucaramanga. En la parte oriental del sector El Limoncito se encuentran pequeños lomos aislados, dispuestos casi en forma paralela y continua, cerca al sistema montañoso del Macizo, además se observan valles lineales con trazo continuo hacia el E del Instituto Colombiano del Petróleo (I.C.P). Ver UIS-Ingeominas, 2007.

### **Falla Río Frío.**

La Falla Río Frío es una estructura inversa con componente sinistral con el bloque E levantado y pone en contacto las rocas metamórficas del Neis de Bucaramanga de edad Proterozoica con las rocas ígneas Jurásicas de la Cuarzomonzonita de La Corcova, esta falla se dispone con un rumbo aproximado de N5°W. En la carretera Bucaramanga- Cúcuta y en el cauce del Río Frío y sus afluentes, pueden verse estrías de falla y roca altamente fracturada, por lo general las estrías de falla de esta roca muestran direcciones promedio de 170/ 70 (Mora, Quintero, 2006).

Esta estructura se genera a partir de la falla Bucaramanga, sigue la orientación del lineamiento del río Lato y luego el curso del río Frío desde su nacimiento hasta La Corcova, lugar donde las quebradas de la cuenca del río Tona se alinean según la dirección de la falla, la cual continúa con dirección N20°E hasta la Microcuenca del Río Charta. La falla Río Frío se caracteriza por definir claramente un contacto fallado entre las rocas proterozoicas del Neis de Bucaramanga y las rocas jurásicas de la Cuarzomonzonita de La Corcova.

### **Falla Morrónico.**

Se encuentra paralela y hacia el NE de la Falla Bucaramanga presentando un desplazamiento sinistral; esta fallas ha sido descrita anteriormente por González y Quintero (1990), Beltrán y Rey (2002), Vergara (2003). Dentro de los rasgos intrínsecos, se observaron en campo espejos de fallas y estrías en los planos de las fallas, así como brechas de falla.

### **Falla Río de Oro.**

Es una falla de tipo inverso con el bloque E levantado, poniendo en contacto rocas metamórficas de edad Paleozoicas de la Formación Silgará con rocas ígneas Jurásicas de la Cuarzomonzonita de La Corcova. El lineamiento de esta falla es paralelo al trazo de la falla Río Frío y sigue el curso del Río de Oro, con una longitud aproximada de 21 Kms desde la falla Bucaramanga hasta chocar con la falla de rumbo dextral La Cocalina, hacia el norte de la zona de estudio.

### **Falla Sevilla.**

Esta estructura tiene una longitud aproximada de 20 Km. y una dirección N20°E. Se desprende de la Falla de Bucaramanga, en el sector comprendido entre Los Curos y Piedecuesta y sigue el curso de la quebrada Sevilla. Más al norte, sobre la margen izquierda



de Río de Oro, se evidencian saltos importantes de hasta 500 m con el bloque E levantado, afectando las calizas de la Formación Rosablanca y areniscas de la Formación Los Santos. La falla Sevilla (en la zona de estudio) en los alrededores del Picacho corta la Formación Rosa Blanca. En el sector de la quebrada Colepato define el contacto entre la Formación Silgará y la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara, comportándose como una falla verticalizada. Hacia el sur en los alrededores del corregimiento de Sevilla, la falla define el contacto entre el Neis de Bucaramanga y la Cuarzomonzonita de la Corcova, como una falla inversa con el bloque E levantado. Esta falla se aprecia especialmente por el contraste litológico, estrías y cambios en las direcciones de foliación en las rocas metamórficas.

### **Falla Zapamanga.**

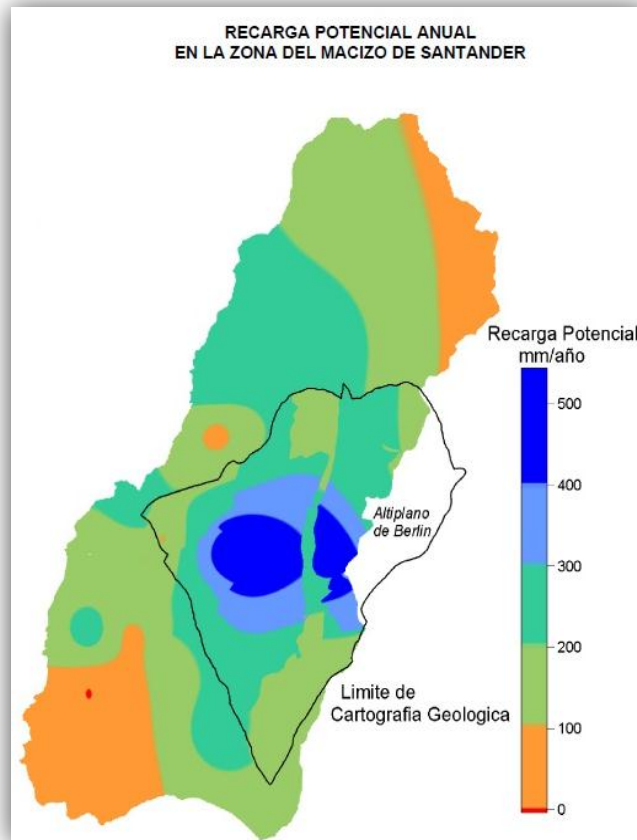
Se denomina a la estructura que se encuentra en la cuenca de la quebrada Zapamanga, tiene una dirección aproximada de  $120^\circ$  de azimut y se ubica hacia E de la falla Bucaramanga. Presenta un movimiento sinistral e inverso con el bloque SE levantándose sobre el bloque NW. Los criterios geomorfológicos para el trazo de estas fallas son los cambios de direcciones de las quebradas y la saliente de los cerros con litología del Neis de Bucaramanga hacia la zona de abanicos.

### **2.3.2 Unidades Hidrogeológicas**

En el caso de las rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias fracturadas, la capacidad de almacenar y transmitir agua está más ligada a porosidades secundarias que a la propia roca. Sus propiedades hidráulicas, dimensiones y límites no son continuos, debido a la heterogeneidad del medio. La conductividad hidráulica por ejemplo, puede presentar diferencias de varios órdenes de magnitud entre puntos situados a distancias relativamente pequeñas, salvo en los casos de una alta densidad de fracturamiento. (Gómez, Colegial, 2003 Y UIS, INGEOMINAS. 2007).

El macizo de Santander se caracteriza por presentar altos niveles de recarga potencial a los distintos sistemas de acuíferos presentes en las cuencas de estudio. Los sistemas acuíferos localizados en la zona aluvial y sedimentaria donde se localizan la ciudad de Bucaramanga y alrededores están recargados principalmente por la infiltración que ocurre entre las cotas 1500 y 2800 msnm (Gómez, Anaya, 2004). La realización de balances hídricos de largo plazo han tomado en cuenta las condiciones geológicas y de suelos que generan la infiltración y la escorrentía en la zona de estudio, y se estimaron recargas potenciales entre 200 y 500 mm/año (INGEOMINAS-UIS, 2007), como se observa en la Figura 7.

En la prospección geoelectrica realizada en la región del Páramo de Berlín, jurisdicción del municipio de Tona se concluyó que las resistividades encontradas en estas formaciones muestran que hay áreas potencialmente susceptibles para la explotación de aguas subterráneas. (INGEOMINAS, 2010).

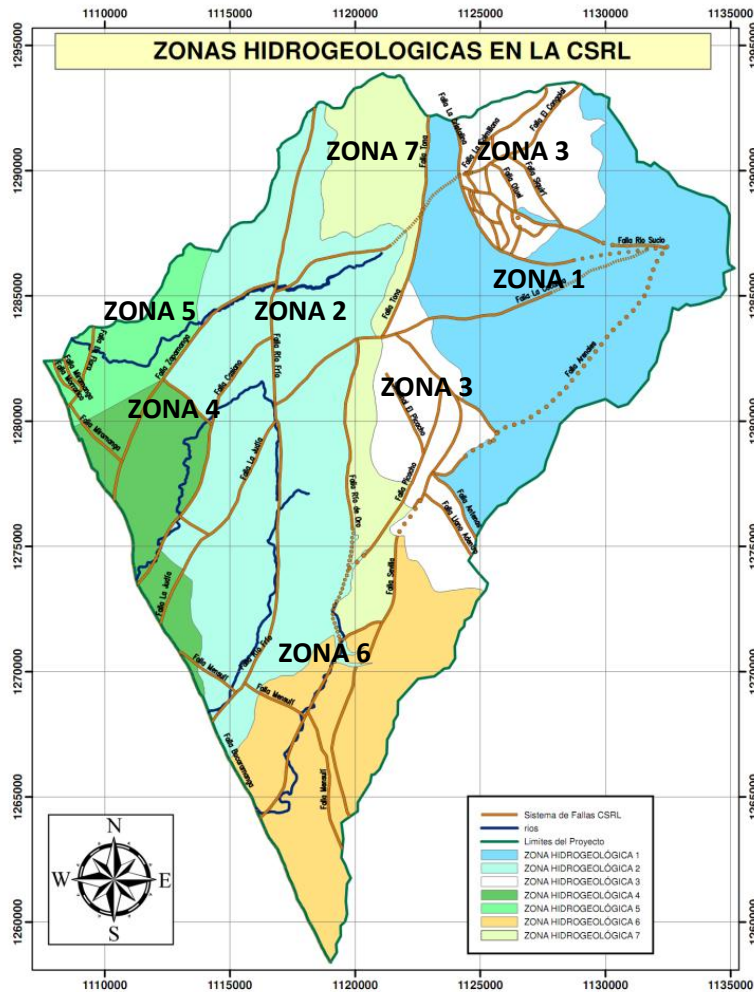


**Figura 7. Mapa de Recarga Potencial**

FUENTE: INGEOMINAS-UIS, 2007.

Las condiciones hidrogeológicas en las que se encuentra una parte de la zona de estudio presentan características de permeabilidad secundaria principalmente donde se encuentran perfiles de rocas meteorizadas de diferentes espesores, no determinados aun. En la Figura 8 se muestra el mapa hidrogeológico del macizo de Santander donde se plantean zonas de interés hidrogeológico (INGEOMINAS-UIS, 2007).





**Figura 8. Mapa Hidrogeológico, División de las Zonas Hidrogeológicas.**

FUENTE. INGEOMINAS-UIS, 2007.

Con el fin de identificar características hidrogeológicas que puedan aportar información sobre los parámetros que se requieren en la aplicación de las metodologías de Vulnerabilidad presentadas, en este capítulo se hace una revisión y resumen de las características de las zonas de interés hidrogeológico propuestas por INGEOMINAS-UIS, 2007. En estudios realizados con anterioridad se sugirió la división de la CSRL en siete zonas de importancia hidrogeológica, a continuación se describe hidrogeológicamente cada formación y su posterior agrupación de acuerdo a su relevancia y potencial como acuífero.

### **Zona de interés hidrogeológico 1:**

Zona conformada por un depósito fluvioglacial y rocas proterozoicas-jurásicas de tipo metamórfico e ígneo y de composición cuarzofeldespatica. El grado de fracturamiento es medio, con ángulos altos de buzamientos. Los niveles de meteorización de estas rocas son granulares con muy poca matriz, localmente cubiertos por sedimentos del depósito fluvioglacial. El depósito está constituido por bloques y granos subangulares, heterométricos inmersos en una incipiente matriz limo-arenosa. La geomorfología de esta zona está conformada por pendientes moderadas-bajas, con colinas redondeadas. Porosidad primaria (niveles de roca meteorizada) y secundaria (roca cristalina fracturada).

Las unidades geológicas que componen esta zona son los depósitos fluvioglaciares, Ortogneis de Berlín, Cuarzomonzonita de Santa Bárbara y Plutón de Paramo Rico. Esta unidad se encuentra en la zona de estudio básicamente por encima de la cota 3200. Se encuentran localizadas en esta zona, el altiplano de Berlín., la producción hídrica de esta zona es muy buena, los nacimientos producen de 1 a 3 litros por segundo.

### **Zona de Interés Hidrogeológico 2:**

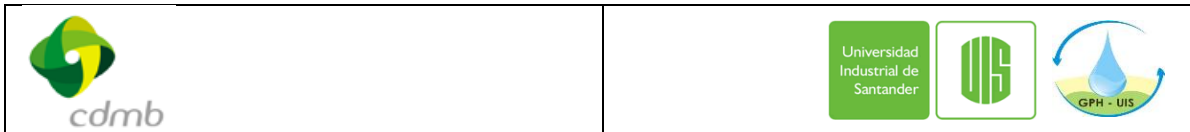
Zona conformada por rocas Proteozoicas-Jurasicas de tipo metamórfico e ígneo y composición cuarzofeldespatica. El grado de fracturamiento es medio con ángulos altos de buzamientos. Los niveles de meteorización de estas rocas se caracterizan por ser netamente arenosos y muy espesos. La geomorfología de esta zona es de pendientes altas, con crestas redondeadas y afiladas. La porosidad primaria presenta mayor importancia (niveles de roca meteorizada) que la porosidad secundaria (roca cristalina fracturada).

Las unidades geológicas que conforman esta zona son Cuarzomonzonita de la Corcova y Neis de Bucaramanga. En esta zona se pueden encontrar gran cantidad de manantiales hacia su parte norte, de productividad hídrica muy buena, en promedio los manantiales generan caudales de hasta 2.7 litros por segundo. En terreno presente en esta zona es muy escarpado, encontrándose entre las cotas 1600 hasta la 2800. Comprende la parte media de la cuenca montañosa del Rio Tona, la parte alta de la cuenca del Rio Frio y Rio Lato, donde se encuentran sus nacimientos.

### **Zona de Interés Hidrogeológico 3:**

Zona conformada por rocas Jurásicas-Cretácicas de tipo sedimentario, de composición silíceo y calcárea. El grado de fracturamiento es alto, con ángulos altos de buzamiento. Los niveles de meteorización de estas rocas son incipientes. Las rocas calcáreas presentan alto grado de disolución. La geomorfología de esta zona es de pendientes altas-moderadas, con pendientes estructurales y escarpes de origen estructural. Porosidad primaria (intergranular de rocas sedimentarias) y secundaria (rocas fracturadas y con disolución).

Las unidades geológicas que conforman esta zona son Formación Girón, Formación Los Santos, Formación Paja, Formación Tablazo y depósitos aluviales. Esta Zona Hidrogeológica se conforma por dos regiones separadas geográficamente, pero relacionadas



por la naturaleza de su composición (silíceo y calcáreo), la productividad hídrica es muy buena, criterio usado para la evaluación del nivel freático en la zona. Esta zona se encuentra entre las alturas que van desde los 2600 msnm hasta los 3200 msnm, los nacimientos que van a alimentar la cuenca del Rio Tona, y en menor medida el Rio de Oro se encuentra ubicados aquí.

#### **Zona de Interés Hidrogeológico 4:**

Zona conformada por rocas Proterozoicas de tipo metamórfico, de composición cuarzo-feldespática y mafica. Grado de fracturamiento medio con buzamientos variables. Los niveles de meteorización de estas rocas se caracterizan por ser arenosos. La geomorfología de esta zona es de pendientes altas, con crestas redondeadas y afiladas. La porosidad secundaria (roca cristalina fracturada) presenta mayor importancia que la porosidad primaria (niveles de roca fracturada).

Esta Zona Hidrogeológica se compone únicamente por el Neis de Bucaramanga, la diferencia con las otras zonas hidrogeológicas donde está presente el neis de Bucaramanga es el grado de meteorización, debido a su cercanía a la Falla de Bucaramanga, la producción hídrica de esta zona es somera, con caudales inferiores a 1 litro por segundo en los nacimientos que se presentan en esta zona.

#### **Zona de Interés Hidrogeológico 5:**

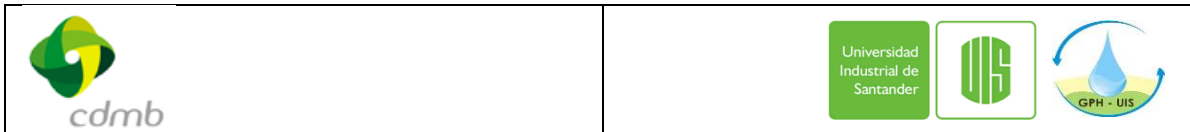
Zona conformada por rocas proterozoicas de tipo metamórfico y composición máfica. Rocas con alto grado de fracturamiento y ángulos de buzamiento variables. Los niveles de meteorización de estas rocas se caracterizan por ser areno-arcillosos de poco espesor. La geomorfología de esta zona es de pendientes altas y crestas afiladas. La porosidad secundaria (roca cristalina fracturada) presenta mayor importancia que la porosidad primaria (niveles de roca meteorizada).

Esta zona hidrogeológica está compuesta únicamente por el Neis de Bucaramanga, el criterio utilizado para su uso como hidrogeológica es el grado de meteorización; la meteorización tiene un grado de medio a bajo, debido a esto la producción hídrica de esta zona es somera, con caudales inferiores a 1 litro por segundo en los nacimientos presentes en esta zona.

#### **Zona de Interés Hidrogeológico 6:**

Zona conformada por rocas Proterozoicas-Jurásicas de tipo metamórfico e ígneo, de composición cuarzo-feldespática y mafica. Los niveles de meteorización de estas rocas se caracterizan por ser areno-arcillosos. La geomorfología de esta zona es de pendientes moderadas-altas, con crestas redondeadas y disectadas. Alguna porosidad primaria (niveles de roca meteorizada) y secundaria (niveles de roca fracturada).

Está compuesta por el neis de Bucaramanga, la Cuarzomonzonita de la Corcova y la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara, las zona hidrogeológicas 6 y 7 fueron clasificadas



como de baja producción hídrica baja, su bajo nivel de meteorización es una de las causas, aunque se pueden encontrar sitios donde el caudal puede superar una producción de 2.5 l/s, pero en general la zona presenta manantiales con caudales inferiores a un litro por segundo.

### **Zona de Interés Hidrogeológico 7:**

Zona conformada por rocas Paleozoicas tipo metamórfico y composición máfica. Grado bajo de fracturamiento con ángulos variables de buzamiento. Los niveles de meteorización de estas rocas se caracterizan por ser netamente arcillosos. La geomorfología de esta zona es de pendientes moderadas, con colinas redondeadas.

Alguna porosidad secundaria con grados de foliación, está compuesta íntegramente por la Cuarzomonzonita de la Corcova, esta zona se tiene como un caso particular en la zona de estudio, ya que puede llegar a considerarse impermeable, al igual que la zona hidrogeológica 6 fue clasificada como de baja producción hídrica, en general la zona presenta manantiales con caudales inferiores a un litro por segundo.

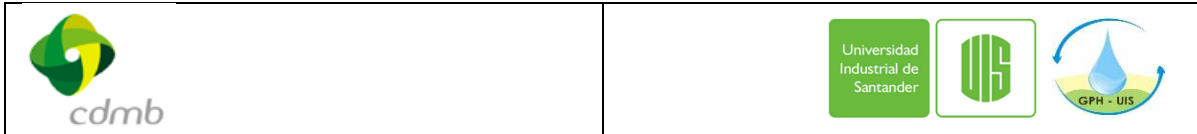
### **2.3.3 Aproximación de Profundidad del Nivel Freático.**

La información de niveles freáticos en la zona de investigación es casi nula, no existe registro de perforaciones que brinden datos puntuales de profundidad, sin embargo la parte montañosa de las cuencas del Rio de Oro, Frio, Lato y Tona, se caracterizan por presentar un numero grande de nacimientos de aguas subterráneas, llamados manantiales, los cuales son considerados en este trabajo como puntos de agua subterránea. La información registrada de estos puntos será considerada información de agua subterránea que aparece en superficie, por tanto se procesa y analiza como un valor de nivel freático igual a la cota del terreno.

#### **2.3.3.1 Inventarios de Puntos de Agua.**

En el año 2007, Ingeominas en conjunto con la universidad industrial de Santander UIS, realizo un estudio llamado INFORME HIDROGEOLOGICO DEL MACIZO DE SANTANDER, en el cual se realizó un inventario de puntos de agua que incluye manantiales y algunos puntos superficiales de agua, en el mes de enero de los años 2010 y 2011 el Grupo en Predicción y Modelamiento Hidroclimático GPH realiza un inventario de puntos de agua para este trabajo.

El estudio realizado por INGEOMINAS-UIS en el área correspondiente al Macizo de Santander realizó un inventario de 126 puntos de agua, correspondientes a manantiales y algunas fuentes superficiales, distribuidos en las unidades geológicas que se describen en este trabajo, formaciones que dan origen a los drenajes superficiales que alimentan las cuencas de los ríos Tona y de Oro. El inventario fue realizado en los meses de junio, julio y principios de diciembre de 2006, coincidiendo con épocas de bajas lluvias. En cada punto se tomaron los datos de las coordenadas, altura, nombre del sitio, características del punto y unidad geológica captada, propiedades del agua (temperatura, pH, conductividad



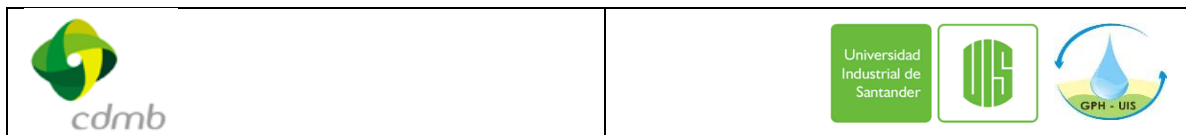
eléctrica, alcalinidad) y caudal de salida, con cierto grado de imprecisión debido a los caudales bajos y las condiciones de aforo y salida del manantial.

El grupo GPH-UIS realizó en el área correspondiente al Macizo de Santander un inventario de 68 puntos de agua de nacimientos, 13 puntos corresponden al inventario realizado en enero del 2010 y 42 puntos corresponden al inventario realizado durante los últimos días del mes de enero del año 2011, ambos realizados en épocas secas. En cada punto se tomaron los datos de las coordenadas, altura, nombre del sitio y características del punto, propiedades del agua (temperatura, pH, conductividad eléctrica) y caudal de extracción. Todos los detalles del inventario de puntos realizado en este trabajo se pueden encontrar en el Anexo 2.

A continuación se presenta como resultados de los inventarios de manantiales o nacimientos de agua, donde se puede clasificar los puntos de agua por ubicación, por formación geológica y distribución espacial de acuerdo a un rango de alturas.

Se realizó una distribución de manantiales por alturas y formación geológica, encontrándose que los manantiales se concentran preferencialmente entre cotas 1800 y 2200 metros, y en alturas superiores a 3200 metros. (Ver Tablas 21, 22 y 23).

El mayor número de nacimientos se encuentra en formaciones graníticas como son las cuarzomonzonitas de la Corcova y Santa Bárbara, un número importante se localiza sobre el Neis de Bucaramanga y otro se encuentra localizado en el Ortoneis de Berlín y en la formación Los Santos.



**Tabla 21. Inventario de Puntos de Agua UIS-INGEOMINAS 2007**

UIS-INGEOMINAS		Intervalo de Cotas		DISTRIBUCIÓN DE MANANTIALES ENTRE LAS COTAS (msnm)														
	UNIDADES GEOLÓGICAS	Cantidad de Puntos	Mínima	Máxima	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600
					1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800
					Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d
1	Cuarzomonzonita de La Corcova (JTReg)	20	1394	2610		1	3	1	8	5	1		1					
2	Cuarzomonzonita de Santa Bárbara (Jcs)	17	2640	3544								1	2			4	10	
3	Deposito Aluvial (Qal)	2	2140	2744						1			1					
4	Deposito Fluvioglaciario (Qf)	6	3210	3419												5	1	
5	Fm. Girón (Jg)	2	2039	2680						1			1					
6	Fm. Los Santos (Kils)	18	2600	3570									4	3	1	8	2	
7	Fm. Paja (Kip)	4	2234	2491							2	2						
8	Fm. Rosablanca (Kir)	9	2726	3463									1	2	2	3	1	
9	Fm. Tablazo (Kit)	4	2120	2400						1	3							
10	Formación Silgará (pDs)	5	1884	3318					2	1	1					1		
11	Neis de Bucaramanga (pEb)	20	1371	2716		1	3	3	10	1	1		1					
12	Neis de Bucaramanga (pEb)-Formación Silgará (pDs)	1	1781						1									
13	Ortoneis de Berlín (pDo)	15	1597	3487			1		5	2						5	2	
14	Plutón de Páramo Rico (TRt)	3	3512	3570													3	
<b>TOTAL</b>		<b>126</b>																
<b>Suma de puntos por rango de cota</b>						<b>2</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	

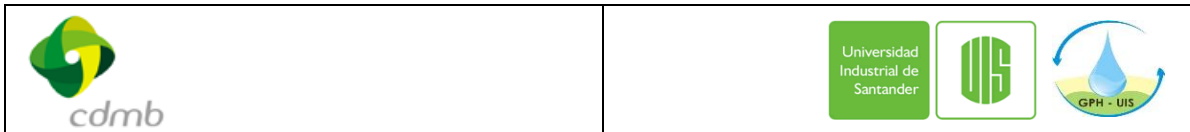


**Tabla 22. Inventario de Puntos de Agua UIS-GPH Enero de 2010**

UIS-GPH ENERO 2010		Intervalo de Cotas		DISTRIBUCIÓN DE MANANTIALES ENTRE LAS COTAS (msnm)													
UNIDADES GEOLÓGICAS	Cantidad de Puntos	Mínima	Máxima	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600
				Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d	Cantida d
1	Cuarzomonzonita de La Corcova (JTRcg)	6	1274.37	2333.27		1			2	1	2						
2	Fm. Los Santos (Kils)	1	3412.94														1
3	Fm. Rosablanca (Kir)	2	3406.3	3418.02													2
4	Neis de Bucaramanga (pEb)	4	1101.58	1836.48	1	1		1	1								
	<b>TOTAL</b>	<b>13</b>															
Suma de puntos por rango de cota				1	2	0	1	3	1	2	0	0	0	0	0	3	

**Tabla 23. Inventario de Puntos de Agua UIS-GPH Enero de 2011**

UIS-GPH ENERO 2011		Intervalo de Cotas		DISTRIBUCIÓN DE MANANTIALES ENTRE LAS COTAS (msnm)											
UNIDADES GEOLÓGICAS	Cantidad de Puntos	Mínima	Máxima	1400	1600	1600	1800	1800	2000	2000	2200	2200	2400	2400	2600
				Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad			
1	Cuarzomonzonita de La Corcova (JTRcg)	15	1963	2385			1	7	3		1		3		
2	Neis de Bucaramanga (pEb)	24	1650	2241	5	3	11	2		3					
3	Cuarzomonzonita de Santa Bárbara (Jcs)	1	2382								1				
4	Deposito Aluvial (Qal)	2	2363	2370							2				
	<b>TOTAL</b>	<b>42</b>													
Suma de puntos por rango de cota				5	4	18	5	7	3						

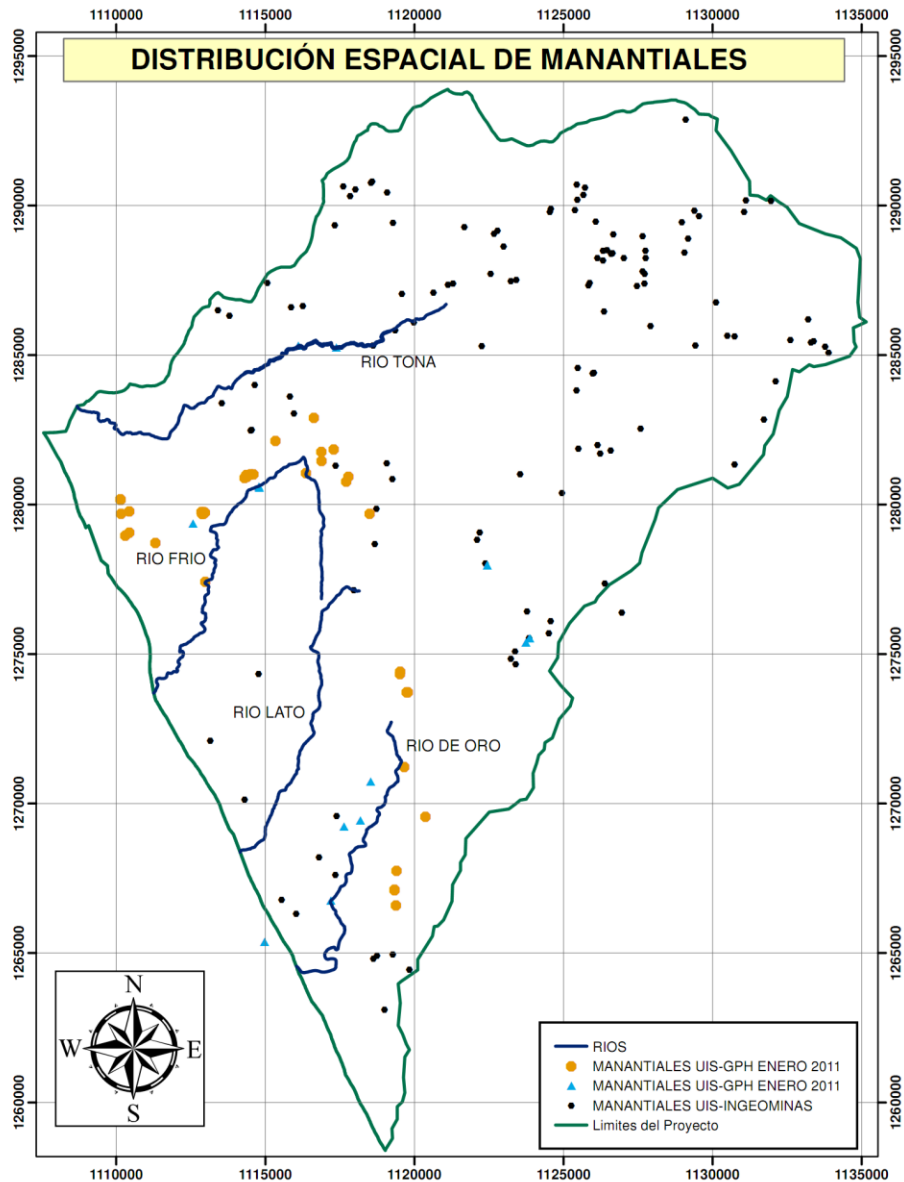


En la determinación de la profundidad del agua subterránea generalmente se hace uso de la información brindada por pozos profundos, piezómetros, cisternas, pero en el caso del Macizo de Santander, donde el estudio de los acuíferos apenas se ha iniciado y se carece de este tipo de información, para efectos de estimar los niveles de agua se hace una proyección teniendo en cuenta la información de manantiales, a continuación se presenta la distribución espacial de los manantiales en la zona de estudio.

La localización de los manantiales identificados en los inventarios anteriores se muestra en la Figura 9. Con base en la localización de los manantiales y la distribución por cotas mostradas en las tablas anteriores, se identifican rangos de altura con mayor número de puntos, generando 4 rangos de cotas así:

- Rango 1: Comprende regiones localizadas a alturas mayores a 3200 msnm, donde se encuentran localizados cerca de 48 manantiales identificados y muestreados. En esta zona se encuentra el altiplano de Berlín.
- Rango 2: Comprende la región enmarcada entre las cotas 2200 y 3200, donde se encuentran localizados 42 manantiales identificados y muestreados.
- Rango 3: Comprende la región enmarcada entre las cotas 1800 y 2200, en total se muestrearon 63 manantiales, de estos, 38 manantiales fueron muestreados por INGEOMINAS más 25 manantiales muestreados por el GPH.
- Rango 4: En este rango se obtuvieron 13 manantiales muestreados por INGEOMINAS más 11 manantiales muestreados por el GPH, esta región se encuentra enmarcada entre la falla de Bucaramanga y la cota 1800.

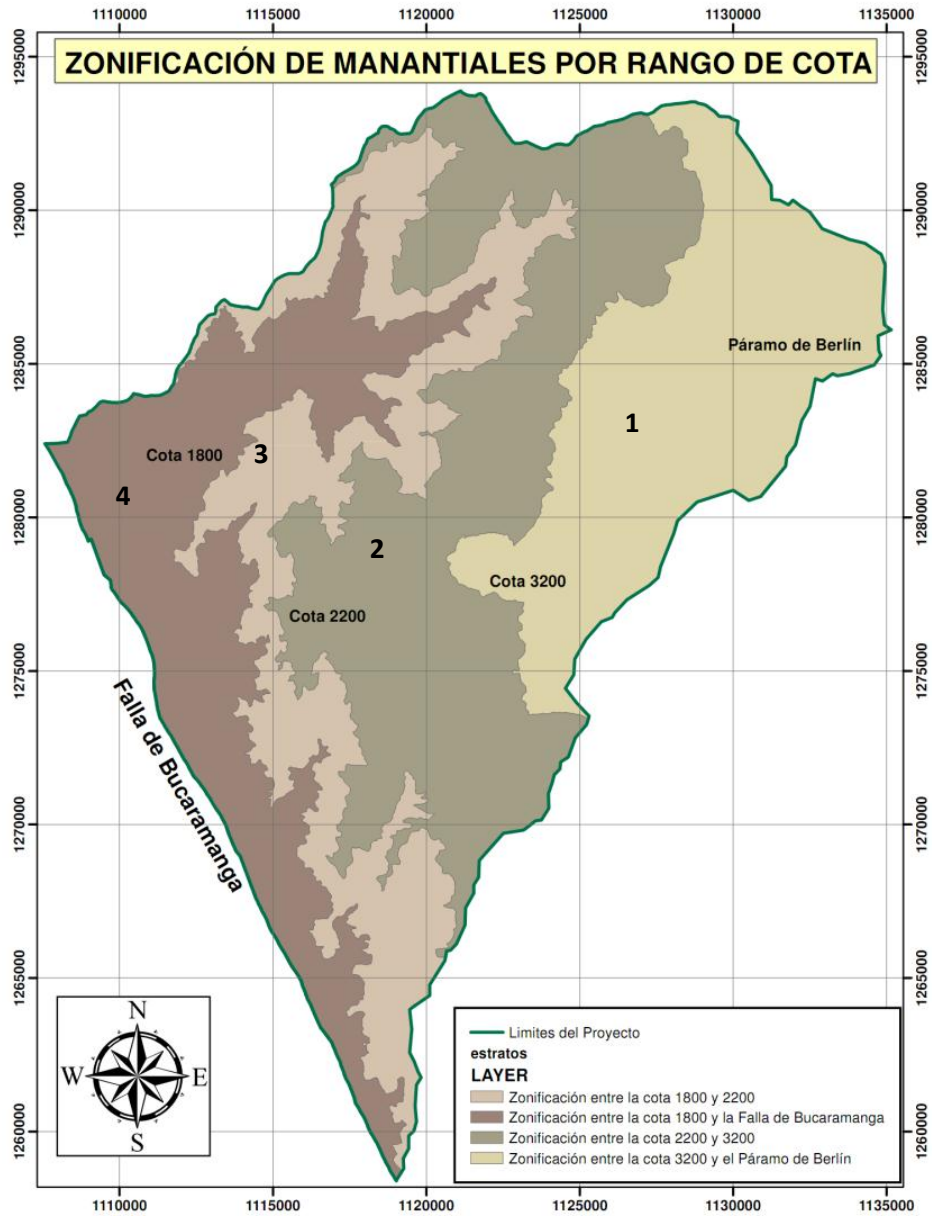




**Figura 9. Distribución Espacial de Manantiales en la Parte Alta de las Cuencas del Rio Tona, Rio Frio y Rio de Oro.**

Este procedimiento se realizó teniendo en cuenta cada una de las unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio, con la particularidad de que no todas las unidades presentan información suficiente (tipo de porosidad y espesores meteorizados) para identificar un comportamiento general de la profundidad del nivel freático. La información que se tiene

se analizó y trabajó para cada unidad hidrogeológica, obteniéndose una distribución de manantiales de acuerdo a la cota y rangos como se observa en la Figura 10.



**Figura 10. Distribución De Manantiales Por Rango de Cotas**



### 2.3.3.2 Propuesta de Modelo Conceptual Preliminar

El análisis de los sistemas de flujo existentes en la zona de estudio permite estimar profundidades de niveles freáticos, condiciones de zonas no saturadas y tipo de acuíferos. Se plantea una primera aproximación de modelo conceptual a partir del conocimiento hidrogeológico actual y de la información disponible, con el fin de iniciar el estudio de la vulnerabilidad de las formaciones acuíferas en la zona de montaña.

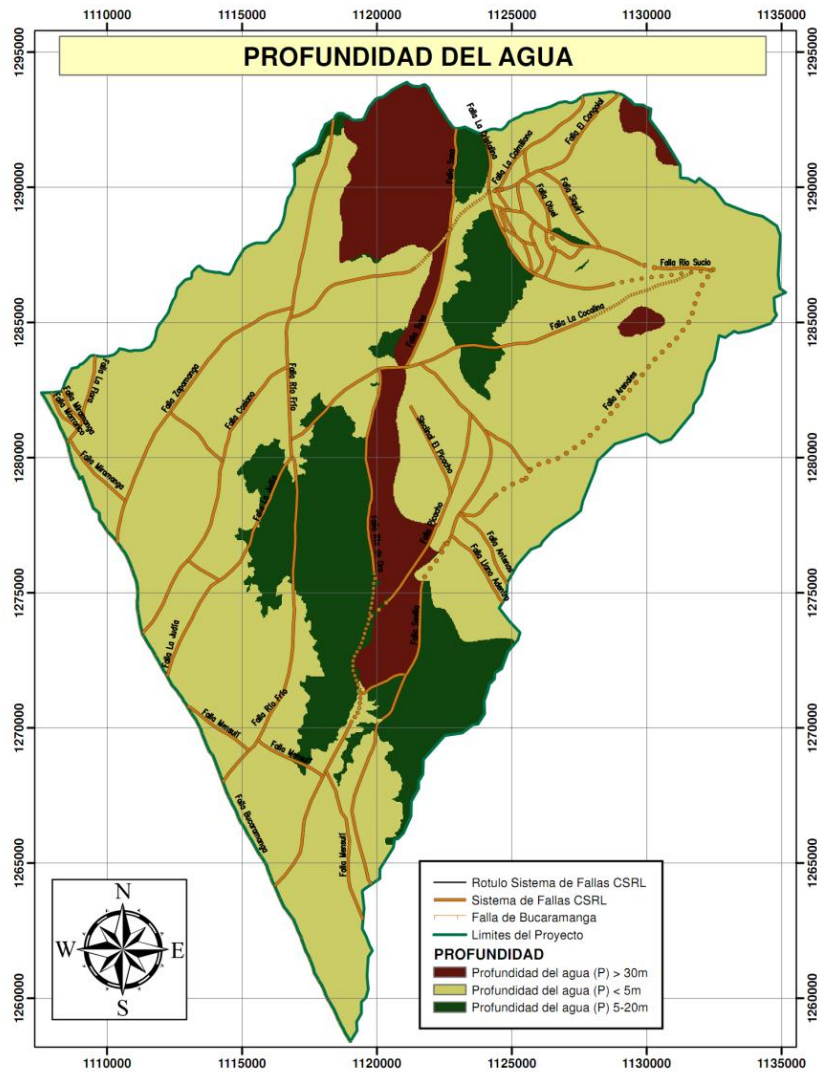
Teóricamente el agua que se infiltra entre las cotas 3200 y 2200 corresponde a flujos de agua que ocurren a través de espesores meteorizados mayores (donde los niveles freáticos podrían alcanzar entre 5 y 20 metros de profundidad), generalmente las cumbres de los cerros, aquí se localizan partes de las zonas de interés hidrogeológico 2, 3 y 6. Estos flujos de agua afloran posteriormente en cotas inferiores, especialmente entre los 2200 metros hasta los 1800 metros o inclusive hasta alturas correspondientes a la Falla de Bucaramanga, generando flujos locales a regionales. (Ver localización de recarga y flujo de larga distancia en Gómez, Colegial, 2003).

Entre estas cotas se encuentran parte de las zonas hidrogeológicas 4, 5, 6 y la mayor parte de la zona 2. Se considera que en alturas inferiores a los 2200 m, en las laderas de las montañas (donde afloran una gran cantidad de manantiales) el espesor meteorizado tiende a ser menor y se encuentra casi saturado, por lo tanto los niveles freáticos podrían encontrarse entre 0 y 5 metros.

Aunque la zona de interés hidrogeológico 7 correspondiente a la formación geológica Silgará se encuentra dentro del rango de cotas 3200 y 2200, esta formación es considerada de muy bajo interés hidrogeológico (baja permeabilidad) y por lo tanto, se considera que las profundidades de los niveles freáticos toman valores mayores, en este caso se suponen mayores a 30 metros. Sin embargo no se descarta algún tipo de flujo a través de esta formación. El inventario muestra 5 puntos de manantiales localizados en esta formación y algunos más hacia el borde occidental de ella.

La zona del Altiplano de Berlín ha sido considerada de alto interés hidrogeológico (INGEOMINAS, UIS, 2007) y ha sido considerada que los depósitos cuaternarios y la parte meteorizada del Ortoneis de Berlín están conformadas por materiales con porosidad primaria y puede constituirse en potenciales acuíferos. (INGEOMINAS, 2009). Dada la topografía plana a ondulada y la existencia de un número grande de nacimientos, se ha dado a esta zona valores de niveles freáticos superficiales (entre 0 y 5 metros).

A partir de este modelo conceptual muy preliminar se ha realizado una aproximación de las profundidades de niveles freáticos en las rocas que constituyen el Macizo de Santander en la zona montañosa, las cuales se encuentran fracturadas y meteorizadas. Las profundidades propuestas se pueden observar en la Figura 11, donde se manejan tres rangos.

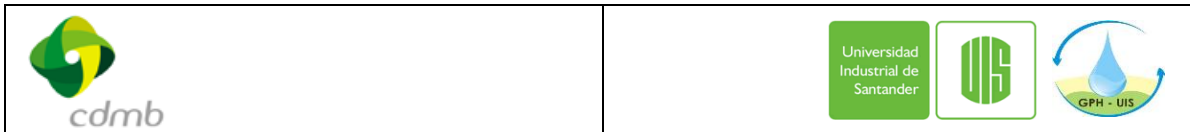


**Figura 11. Profundidad del agua o del nivel freático.**

El mapa de profundidades de nivel freático utilizado se obtuvo combinando los mapas de rangos de cotas (Figura 10), de zonas hidrogeológicas (Figura 8) y de un modelo preliminar de flujo general para la zona de estudio.

Se identificaron tres zonas o rangos de profundidades de nivel freático así:

- La zona de Berlín junto con la zona 3 y el Neis de Bucaramanga (Entre la falla de Bucaramanga y la cota 2200) con una profundidad del nivel freático que varía entre los 0 y 5 metros.



- Zona comprendida entre las cotas 2200 y 3200 (quitando la formación Silgara y la zona 3) con una profundidad del nivel freático que varía entre los 5 y 20 metros.
- Formación Silgará con una profundidad del nivel freático mayor a 30m.

### **2.3.4 Valoración del Parámetro Litología en la Zona de Estudio**

La geología define básicamente el grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada, en parte evalúa la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. Dado que la información relacionada con la mayoría de estos parámetros no está generalmente disponible, para desarrollar el mapeo de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos de una forma práctica, es inevitable realizar una simplificación de esta lista.

Se procuró hacer un análisis detallado de las distintas formaciones geológicas que se presentan en la zona de estudio, pero estas se ven afectadas en menor o mayor grado por la presencia de fallas geológicas y otros factores, razón por la cual se presentan diferentes grados de meteorización. Para realizar la evaluación de la litología se analizaron detenidamente las condiciones hidrogeológicas de las rocas presentes, un resumen de la clasificación utilizada para la valoración del parámetro litología en este trabajo, se presenta en el Anexo 1.

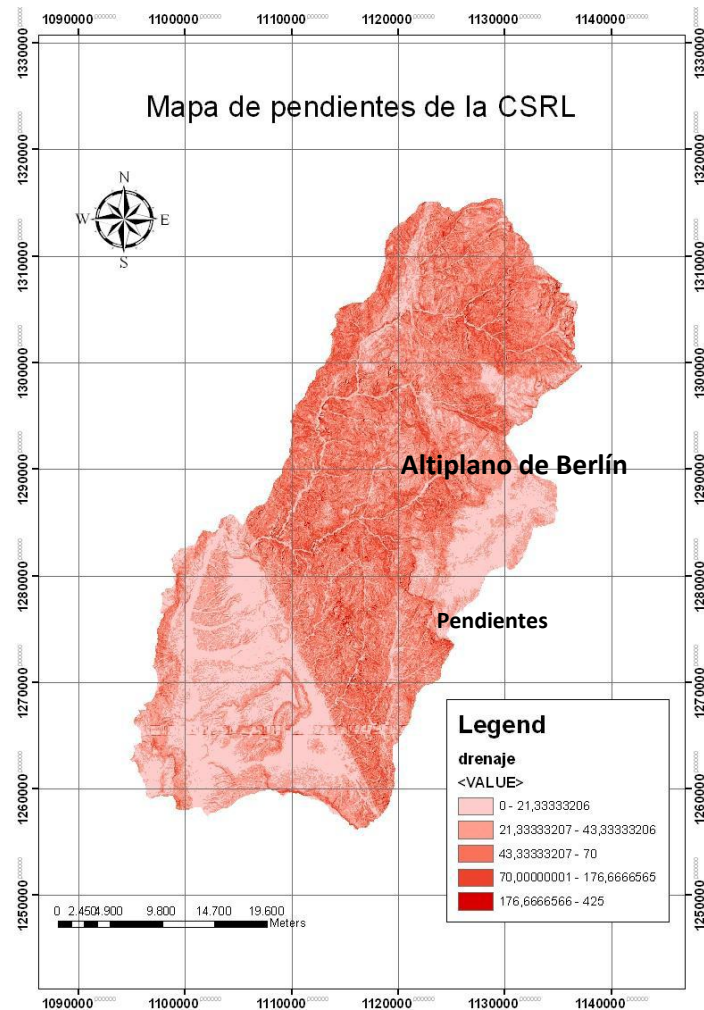
### **2.3.5 Evaluación de la Pendiente Topográfica**

La modelación hidrológica simula los procesos físicos que ocurren en un sistema hidrológico. Estos modelos necesitan información fisiográfica, la cual era obtenida tradicionalmente de mapas elaborados a través de procedimientos gráficos o de mediciones de campo, en la actualidad debido al avance tecnológico, esta información ha comenzado a extraerse de Modelos Digitales de Elevación e Imágenes Satelitales. En este trabajo se utiliza el modelo de elevaciones presentado en el Capítulo 1 de donde se obtiene la información necesaria para evaluar la pendiente topográfica.

El macizo de Santander se caracteriza por presentar un terreno montañoso a escarpado, las pendientes que se presentan van desde moderadas a altas, la cuenca se caracteriza por tener pendientes que en promedio están sobre el 40%. El altiplano de Berlín, ubicado al noreste de la zona de estudio es la región que presenta las pendientes más bajas, con pendientes que pueden ir en promedio desde el 0% hasta el 21%, aunque las metodologías DRASTIC y PATHS, utilizan rangos donde la pendiente es máxima a partir del 18% y del 10% respectivamente.

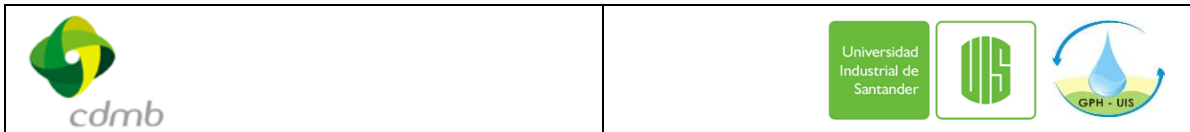
Debido a las características de pendientes muy altas, se decidió no modificar los rangos (aumentar los rangos de pendientes) propios de las metodologías, ya que la pendiente es inversamente proporcional a la vulnerabilidad. A continuación en la Figura 12 se presenta

un mapa de pendientes, donde se puede apreciar la distribución de pendientes en la zona de estudio.



**Figura 12. Mapa de pendientes generado a partir del MDE.**

A partir del MDE se evaluaron los diferentes rangos de acuerdo a los requerimientos de cada metodología.



### 2.3.6 Realización de Mapas de Vulnerabilidad

Los mapas de vulnerabilidad DRASTIC, GOD y PATHS fueron realizados mediante Arcgis 9.3, a partir de los datos obtenidos de cada parámetro. Las capas para aplicar las metodologías fueron generadas en formato Raster, con un tamaño de pixel de 30 x 30 metros. Se procedió de la siguiente manera:

Los valores puntuales como precipitación (Pp – Metodología PATHS) fueron interpolados en el software Surfer 9 con el método Kriging el cual se ajustaba mejor a los datos, con objetivo de generar una superficie continua.

Los parámetros como litología del acuífero, zona no saturada, conductividad, recarga y suelos, que se encontraban inicialmente como polígonos en AutoCad fueron manejados en Arcgis 9.3 en formato vectorial y luego transformados a formato Raster para poder realizar el álgebra de mapas.

Todas las capas de información fueron reclasificadas según los intervalos que sugieren las metodologías GOD y DRASTIC. Teniendo las variables reclasificadas y en formato Raster se procedió a realizar el álgebra de mapas. Los sistemas de información geográfica (SIG) son muy importantes en este paso, ya que brindan la posibilidad de multiplicar y sumar las capas; para esto se utilizó la extensión Spatial Analyst de Arcgis 9.3.

## 2.4 Evaluación de Vulnerabilidad en la Zona Montañosa

La evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación tiene por objeto establecer el grado de defensa del acuífero ante la alteración potencial de la calidad del agua subterránea, basándose en la determinación de las propiedades físicas del medio no saturado, que lo convierten en una herramienta de protección del recurso.

### 2.4.1 Metodología DRASTIC

**D**= Profundidad desde la superficie hasta el nivel freático

**R**=Recarga neta

**A**= Tipo de acuífero

**S**= Tipo de suelo (litología del acuífero)

**T**= Topografía, pendiente

**I**= Zona no saturada

**C**= Conductividad hidráulica

A continuación se hace una valoración de los parámetros utilizados por esta metodología. En las Figuras 13, 14 y 15 se presentan los resultados finales de las valoraciones finales de



estos parámetros, y en la Figura 16 se presenta el mapa final de evaluación de la vulnerabilidad por este método. En la leyenda de las categorías de vulnerabilidad de la metodología Drastic, se presenta un paralelo con las leyendas de las metodologías God y Paths, con el fin de poder comparar los resultados.

#### **2.4.1.1 Profundidad del Agua (D)**

La carencia de información en la zona de estudio de perforaciones de pozos, no permite contar con mediciones de niveles freático, por lo tanto se tuvo que hacer una aproximación de un modelo de flujo preliminar a partir de los inventario de nacimientos y manantiales. Al brotar el agua en el suelo por alguna condición hidrogeológica, esta toma la misma altura que la cota del terreno.

La zona no saturada es aquella donde el contenido de agua es menor que la porosidad. Su espesor se obtiene como la diferencia entre el nivel topográfico y el nivel al que se encuentra el material saturado, que coincide con el nivel freático cuando el acuífero es libre o con el de techo del acuífero cuando es confinado.

Es de gran importancia ya que es la primera defensa natural del acuífero contra los contaminantes. Además es un medio donde el flujo es más lento y generalmente es aerobio y alcalino, lo cual hace mayor el potencial para intercepción, sorción y eliminación de bacterias y virus, atenuación de metales pesados y otros químicos a través de precipitación, sorción o intercambio de cationes y sorción y biodegradación de muchos hidrocarburos y compuestos orgánicos sintéticos.

Cuanto mayor es el espesor de la zona no saturada, los contaminantes tienen más tiempo de contacto con el medio, sometiéndose a los procesos de atenuación por un lapso más prolongado. Además tienen mayor oportunidad de oxidarse con el oxígeno atmosférico que está presente en toda esta zona. Por lo tanto, un acuífero presenta mayor vulnerabilidad en los puntos en que la zona no saturada es más fina y menor donde es más gruesa.

La metodología asigna puntajes crecientes para rangos de profundidad cada vez menores, los cuales están asociados a grados de vulnerabilidad. En la Tabla 5 del presente informe se muestra el criterio con el que fue evaluado este parámetro para la aplicación de la metodología DRASTIC. En profundidades mayores a 30 m se le asigna el peso más bajo.



### 2.4.1.2 Recarga Neta (R)

La recarga es el volumen de agua por unidad de área que ingresa al acuífero durante un período de tiempo, para lo cual debe atravesar la superficie y la zona no saturada. En su camino el agua arrastra consigo muchas sustancias, siendo el principal vehículo para la lixiviación y el transporte de contaminantes líquidos y sólidos.

Por esto, cuanto más grande sea la recarga mayor oportunidad tendrán los contaminantes de llegar al acuífero. Además, será menor el tiempo de recorrido en la zona no saturada, sufriendo las sustancias los procesos de atenuación por un período más corto.

En la zona de estudio no se cuenta con estimaciones de valores de recarga efectiva, debido a esto se tomaron los valores de recarga potencial obtenidos INGEOMINAS-UIS, 2007. Se tomaron dos rangos o valores de recarga, como representativos para la zona de estudio, considerando la condición desfavorable de que a mayor recarga mayor índice de vulnerabilidad.

La metodología define rangos de recarga donde se puede determinar las respectivas calificaciones para cada uno de ellos. La calificación de este parámetro se realiza ubicando el valor de recarga en la zona dentro de los rangos establecidos por la metodología.

De esta manera, DRASTIC asigna mayores puntajes cuanto mayor es el valor de la recarga neta, como se puede ver en la Tabla 6.

### 2.4.1.3 Tipo de Acuífero (A)

El tipo de material que compone el acuífero afecta directamente al flujo dentro del mismo. A la vez, la velocidad y el camino que sigue un contaminante está gobernado por el flujo. La velocidad determina el tiempo disponible para que los contaminantes desarrollen los procesos de atenuación y el camino se relaciona con el área de material con que entra en contacto.

En un medio granular, a mayor tamaño de grano se tiene mayor permeabilidad. Por lo tanto la capacidad de atenuación es menor cuanto mayor sea la granulometría. En un medio fracturado, la vulnerabilidad es función del grado de fracturación.

Al ser este parámetro difícilmente cuantificable, DRASTIC asocia rangos de puntajes a los distintos tipos de acuífero y sugiere un puntaje típico para cada uno.

Este parámetro es evaluado con los criterios tomados en el resumen de la geología presente y tipos de acuíferos planteados en la zona de estudio, los valores fueron evaluados mediante la Tabla 7.

#### 2.4.1.4 Tipo de Suelo (S)

El suelo es la porción más superficial de la zona no saturada y está caracterizada por una significativa actividad biológica. Tiene mayor contenido de materiales finos (limos y arcillas) por lo que es el primero en restringir la migración de contaminantes. La mayor cantidad de materia orgánica está contenida en la primera capa y decrece con la profundidad, y es también un importante factor en la atenuación de los mismos. Como resultado de su mayor contenido de arcilla y materia orgánica y de su población bacteriana mucho más grande, la mayoría de los procesos que protegen a las aguas subterráneas son mucho más activos en el suelo.

Dentro de los suelos, son los suelos arcillosos los que dan mayor protección al acuífero. Sin embargo, esto no es verdadero cuando se trata de arcillas expansivas que se contraen y expanden alternadamente en función de la humedad. Cuando el suelo se seca, se forman fisuras que luego se cierran al hidratarse, pero al inicio de la hidratación los contaminantes pueden moverse a través de las fisuras que aún no se cerraron. Por lo tanto, si las arcillas son expansivas no son una protección para el acuífero, ya que la permeabilidad secundaria creada por las fisuras de desecación hacen que el mismo resulte accesible para los contaminantes.

El suelo es importante en la función de atenuación, sobre todo cuando la fuente de contaminación es difusa (aplicación de fertilizantes y pesticidas o deposición ácida). Sin embargo, el suelo es muy vulnerable en sí mismo ya que puede ser fácilmente dañado en su función de retardador y degradador de los contaminantes cuando no está en condiciones naturales. También hay que tener en cuenta que si la carga contaminante es aplicada por debajo del suelo, éste no contribuye en nada a reducir la vulnerabilidad del acuífero.

La información se obtuvo de los Planes de Ordenamiento Ambiental hechos para la zona de estudio (Esquema de Ordenamiento Ambiental, Municipio de Tona), esta información fue analizada para la zona de estudio, llevándose a cabo su valoración con la Tabla 8 del presente informe, donde se muestran los valores asignados por DRASTIC a los distintos tipos de suelos.

#### 2.4.1.5 Topografía (T)

El agua que llega a la superficie del suelo y no se evapora, tiene principalmente dos caminos: escurrir o infiltrarse. El comportamiento que tenga depende en gran medida de la pendiente del terreno. Si la pendiente es grande, el agua escurre superficialmente llevándose consigo parte de las sustancias contaminantes. En cambio, si es pequeña, el agua tiende a encharcarse permaneciendo en la superficie lo suficiente para infiltrar y llevar con ella sustancias al acuífero.



Este parámetro fue evaluado con anterioridad en el numeral 2.3.5, ya que es un parámetro común con la metodología PATHS y valorado con los criterios asociados por la metodología DRASTIC que aparecen en la Tabla 9 del presente informe.

#### **2.4.1.6 Zona no Saturada (I)**

El tiempo que demora el agua en recorrer el camino hasta la zona saturada no sólo depende de la longitud, sino también del tipo de material con que se encuentra. De esta manera, el medio controla el tiempo en que los contaminantes están sometidos a los procesos de atenuación.

Por ser muchos de estos procesos de carácter superficial, la atenuación es mucho más importante si el agua encuentra material granular de pequeña granulometría, ya que el contaminante tiene mayor área efectiva de sólido con quien entrar en contacto. Por lo tanto, cuanto mayor sea el contenido de arcilla y limo presente en la zona no saturada, mayor será el tiempo de recorrido y más tortuoso será el camino para el agua, teniendo el acuífero mayor potencial para protegerse.

En parámetro se refiere a la zona no saturada, que de una manera genérica se ubica en la parte meteorizada de la roca, es así como el criterio de evaluación de este parámetro se basó en la información consignada en el numeral 2.3.3.2, teniendo en cuenta los efectos de la meteorización sobre la roca, al igual que con el tipo de acuífero, se asignan rangos a los distintos tipos de material y se dan valores típicos, estos valores se presentan en la Tabla 10 del presente informe.

#### **2.4.1.7 Conductividad Hidráulica (C)**

La conductividad hidráulica se refiere a la capacidad de los materiales del acuífero para transmitir agua, lo cual controla el flujo y la velocidad a la que se mueven los contaminantes desde que ingresan al acuífero. Por ello, DRASTIC asocia valores de alta vulnerabilidad a conductividades altas. La Tabla 11 muestra los puntajes relativos asignados.

Este parámetro está gobernado por las interconexiones y la cantidad de espacios vacíos. En medios porosos, esto se traduce en la porosidad efectiva. Debido a que no se cuenta con datos de conductividad hidráulica medidos en campo (pruebas de bombeo), la valoración de este parámetro tuvo que hacerse en base a tablas brindadas por la literatura (Custodio – Llamas, 1996).

### 2.4.1.8 Interacción entre Parámetros.

La profundidad al acuífero y el impacto de la zona no saturada se complementan, porque uno afecta la cantidad y el otro la naturaleza del material que el contaminante tiene que atravesar. La recarga neta, que influye sobre el transporte, dispersión y dilución del líquido contaminado, comparte dicha influencia con la profundidad al acuífero y el impacto de la zona no saturada.

A la vez, la topografía y el tipo de suelo afectan a la recarga, pero además poseen otros modos de ser decisivos para la vulnerabilidad del acuífero. El suelo ejerce impacto para la atenuación a través de la sorción, el largo y dirección de la ruta y el tiempo disponible para penetrar, en tanto que la topografía está a su vez relacionada con el espesor y desarrollo del perfil del suelo, y también puede tener relación con el gradiente hidráulico.

La parte superior de la zona no saturada influye sobre el tipo de suelo, y ambos son los responsables de los procesos biológicos. La conductividad hidráulica conjuntamente con el gradiente son determinantes de la velocidad y la dirección del movimiento, y también son afectados por el tamaño de grano, la estratificación, la fracturación y la tortuosidad. Todos los factores que se toman como parámetros para este método, son variables dependientes e interactuantes.

**Tabla 24. Categorías de Vulnerabilidad DRASTIC**

GRADO DE VULNERABILIDAD	DRASTIC
Vulnerabilidad Muy baja	< 119
Vulnerabilidad Baja	120 -139
Vulnerabilidad Moderada	140 -159
Vulnerabilidad Alta	-199
Vulnerabilidad Extrema	>200

Combinando los resultados de las calificaciones de los parámetros anteriores se obtienen valores para definir el grado de vulnerabilidad (Tabla 24). A continuación se presentan los mapas con los valores de los respectivos parámetros (Figuras 13, 14 y 15 ) y el mapa final de Vulnerabilidad por Metodología Drastic se observa en la Figura 16.

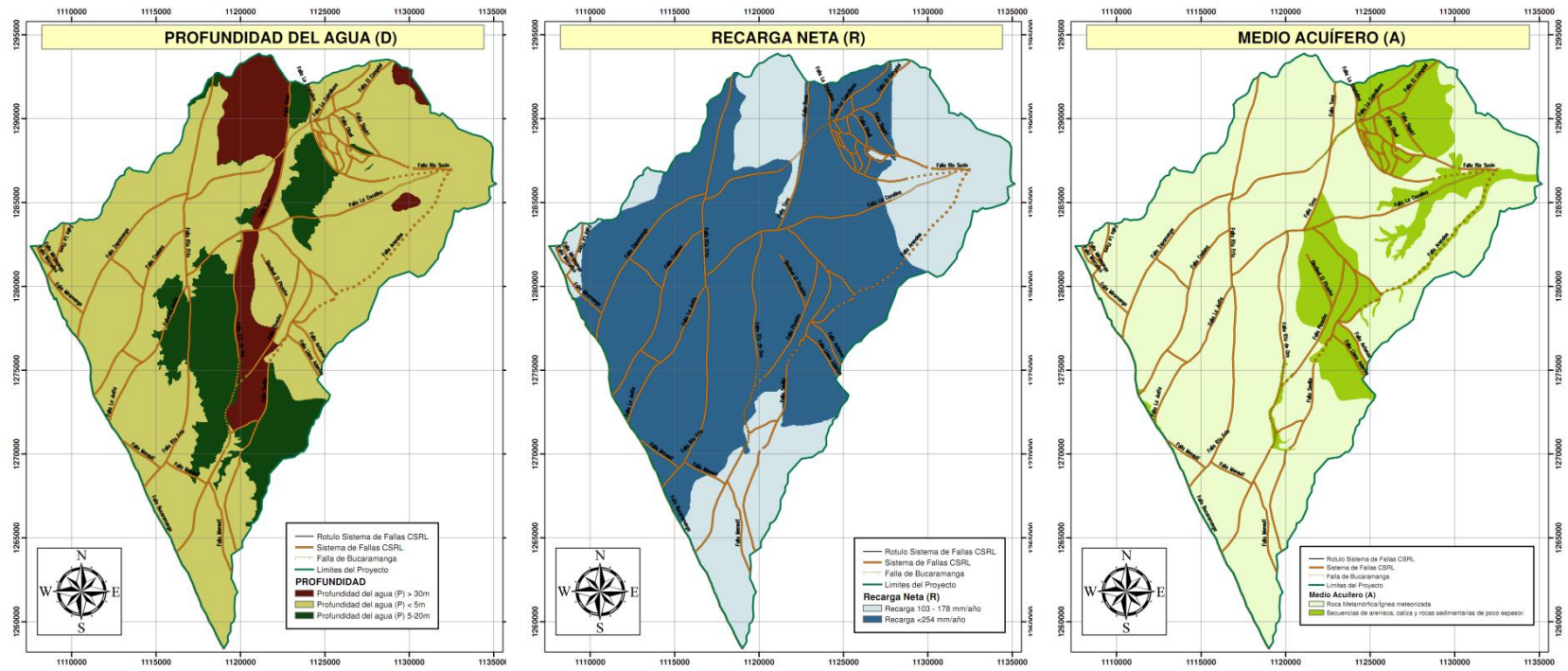


Figura 13. Parámetros (D.R.A) Metodología DRASTIC

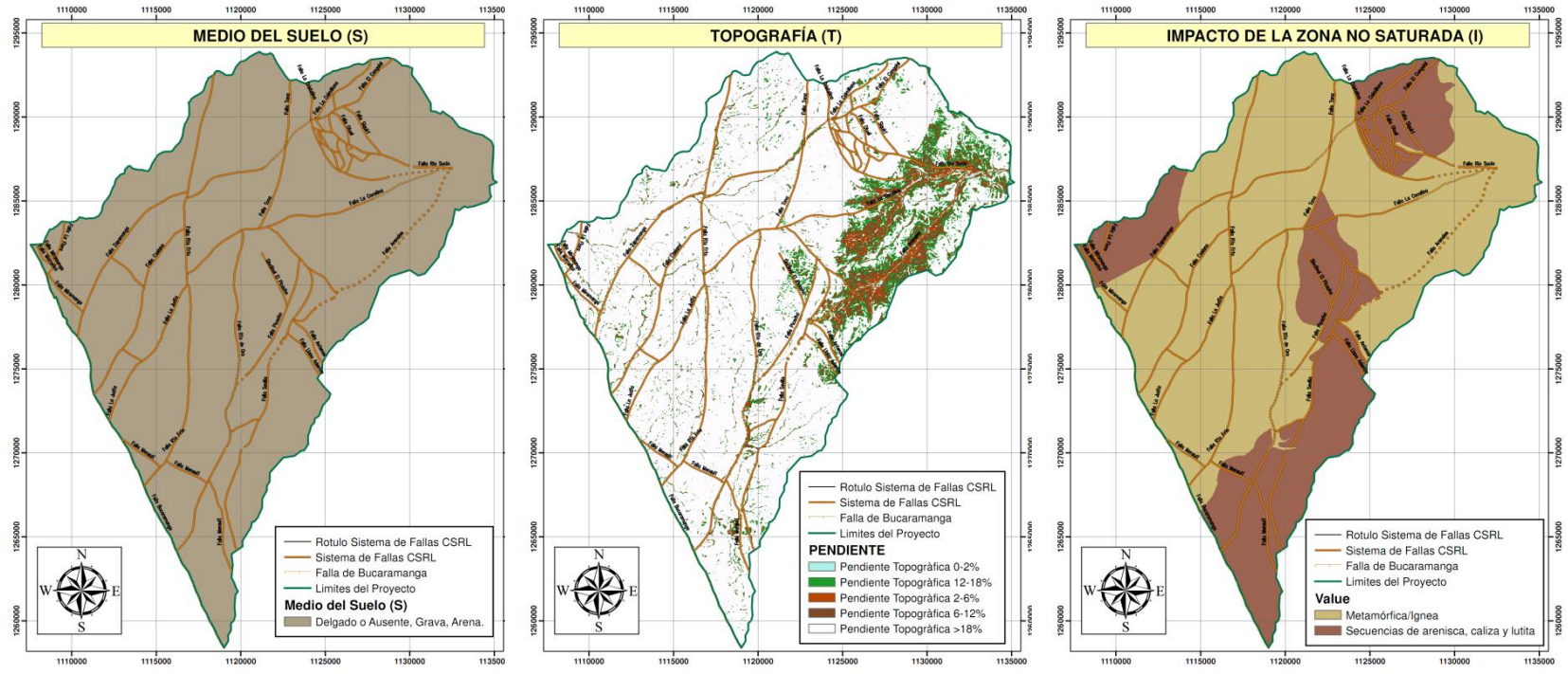
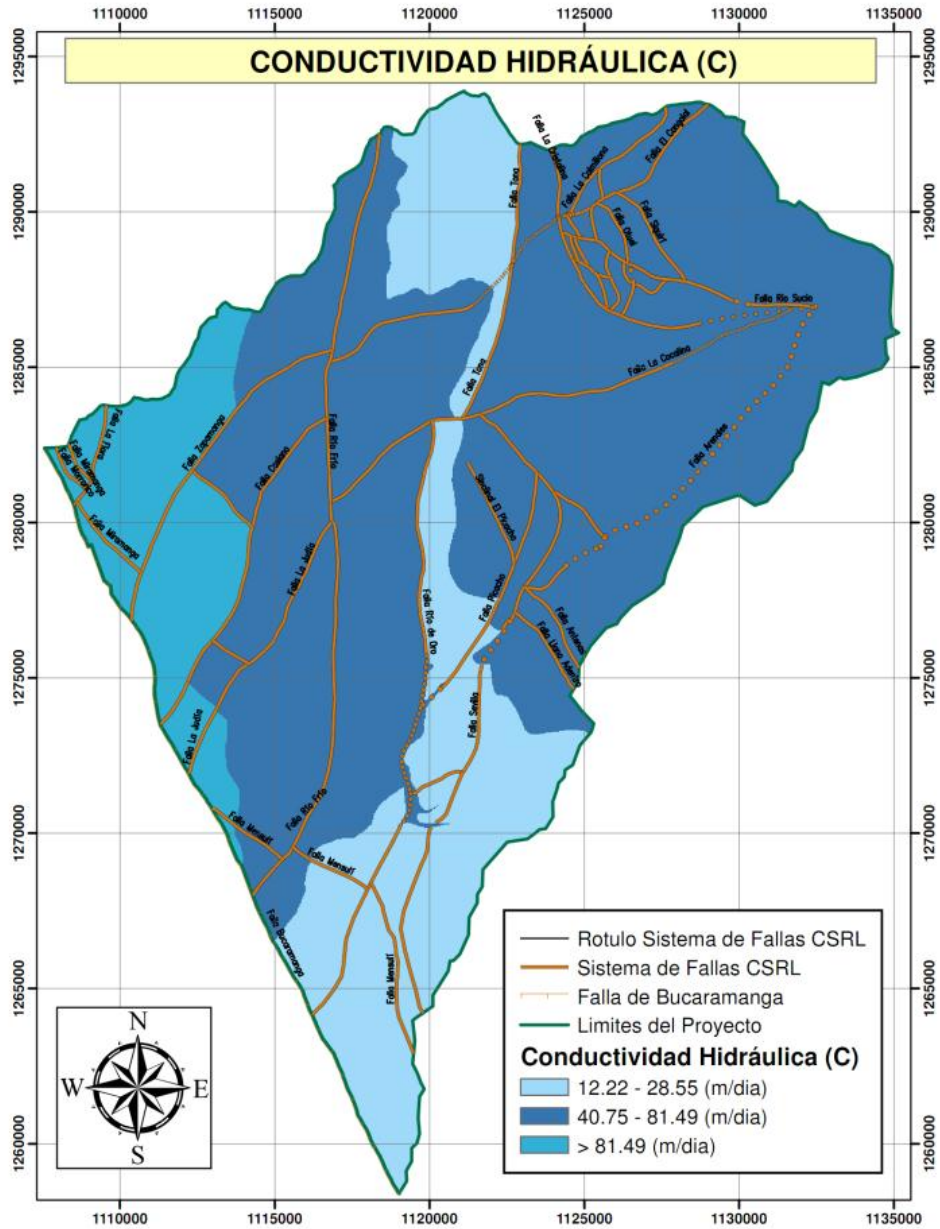
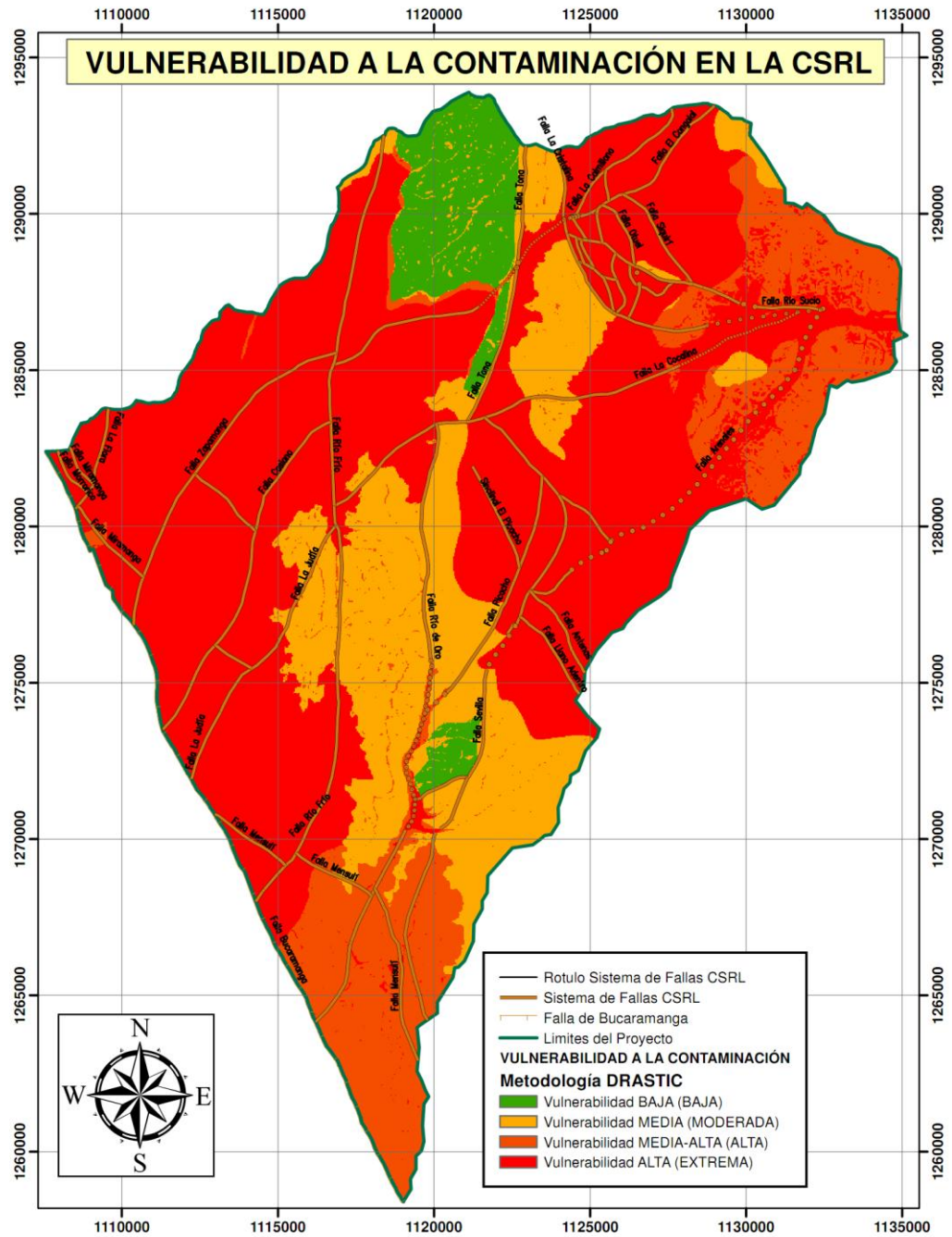


Figura 14. Parámetros (S.T.I) Metodología DRASTIC



**Figura 15. Parámetro Conductividad Hidráulica Metodología DRASTIC**



**Figura 16. Vulnerabilidad Metodología DRASTIC.**



## 2.4.2 Metodología GOD

Se determinan las calificaciones respectivas para cada parámetro en la metodología GOD, como se indicó en el numeral 2.2. A continuación se explica la forma como se evaluaron los parámetros de esta metodología de acuerdo con la información disponible en la región. En la Figura 4 se presentan las calificaciones dadas por la metodología a los tres parámetros involucrados.

### Ocurrencia del Agua Subterránea (G)

La condición del acuífero no fue posible establecerla mediante pruebas de bombeo, la determinación de confinamiento del acuífero se estableció con los información de los manantiales muestreados y con un modelo conceptual de flujo muy preliminar presentado en el numeral 2.3.3.2. Los valores asignados de acuerdo a la formación geológica y tipo de acuífero se observa en la tabla 25.

### Substrato Litológico (O)

Este parámetro es evaluado a partir del grado de consolidación de las rocas y de las características litológicas, se hace una evaluación de los medios no saturados en cada unidad hidrogeológica, además teniendo presente las condiciones de fracturamiento por los sistemas de fallas, disminuyendo la capacidad de atenuación a los posibles contaminantes, lo que implica asignar una calificación mayor. Los valores asignados de acuerdo a la formación geológica y tipo de substrato litológico se observa en la tabla 26.

### Profundidad (D)

Las profundidades del nivel freático se obtuvieron a partir de información de los manantiales muestreados en los diferentes inventarios realizados (cerca de 200 puntos de agua) y a partir de un modelo conceptual de flujo muy preliminar (numeral 2.3.3.2) que tuvo en cuenta la geología y la geomorfología de la zona de montaña. Ver figura 17.

**Tabla 25. Ocurrencia del Agua Subterránea (G)**

<b>NOMBRE ACUÍFERO</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA</b>	<b>TIPO DE ACUÍFERO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
ZONA 1	Qf	Deposito fluvio-glaciario	No Confinado	1
	pDo	Ortogneis de Berlín	No Confinado	1
	Jcs	Cuarzomonzonita de Santa Bárbara	No Confinado	1
		Tonalita	No Confinado	1
	pDs	Formación Silgara	No Confinado	1
ZONA 2	JTRcg	Cuarzomonzonita de La Corcova	No Confinado	1
	pEb	Neis de Bucaramanga	No Confinado	1
ZONA 3	Jg	Formación Girón	No Confinado	1
	Kils	Formación Los Santos	No Confinado	1
	Kir	Formación Rosablanca	No Confinado	1
	Kip	Formación Paja	No Confinado	1
	Kit	Formación Tablazo	No Confinado	1
	Qal	Deposito Aluvial	No Confinado	1
ZONA 4	pEb	Neis de Bucaramanga	No Confinado	1
ZONA 5	pEb	Neis de Bucaramanga	No Confinado	1
ZONA 6	pEb	Neis de Bucaramanga	No Confinado	1
	JTRcg	Cuarzomonzonita de La Corcova	No Confinado	1
	Jcs	Cuarzomonzonita de Santa Bárbara	No Confinado	1
ZONA 7	pDs	Formación Silgara	No Confinado	1

**Tabla 26. Substrato Litológico (O)**

NOMBRE ACUÍFERO	DENOMINACIÓN	ERA	PERIODO	FORMACIÓN GEOLÓGICA	SUBSTRATO	CALIFICACIÓN
ZONA 1	Qf	Cenozoico	Cuaternario	Deposito fluvio-glaciario	Depósitos recientes	1
	pDo	Paleozoico	Cámbrico	Ortogneis de Berlín	Rocas Metamórficas	
	Jcs	Mesozoico	Jurásico	Cuarzomonzonita de Santa Bárbara	Rocas ígneas	
	pDs	Paleozoico	Cámbrico	Tonalita (Plutón de Paramo Rico) Formación Silgara	Rocas ígneas Rocas Metamórficas	
ZONA 2	JTRcg	Mesozoico	Triásico-Jurásico	Cuarzomonzonita de La Corcova	Rocas ígneas	0.9
	pEb	Proterozoico		Neis de Bucaramanga	Rocas Metamórficas	
ZONA 3	Jg	Mesozoico	Jurásico	Formación Girón	Rocas sedimentarias	0.8
	Kils	Mesozoico	Cretácico	Formación Los Santos	Rocas sedimentarias	
	Kir	Mesozoico	Cretácico	Formación Rosablanca	Rocas sedimentarias calcáreas	
	Kip	Mesozoico	Cretácico	Formación Paja	Rocas sedimentarias calcáreas	
	Kit	Mesozoico	Cretácico	Formación Tablazo	Rocas sedimentarias calcáreas	
	Qal	Cenozoico	Cuaternario	Deposito Aluvial	Depósitos recientes	
ZONA 4	pEb	Proterozoico		Neis de Bucaramanga	Rocas Metamórficas	0.7
ZONA 5	pEb	Proterozoico		Neis de Bucaramanga	Rocas Metamórficas	0.5
ZONA 6	pEb	Proterozoico		Neis de Bucaramanga	Rocas Metamórficas	0.2
	JTRcg	Mesozoico	Triásico-Jurásico	Cuarzomonzonita de La Corcova	Rocas ígneas	
	Jcs	Mesozoico	Jurásico	Cuarzomonzonita de Santa Bárbara	Rocas ígneas	
ZONA 7	pDs	Paleozoico	Cámbrico	Formación Silgara	Rocas Metamórficas	0.1

En la Figura 17, se muestran los resultados obtenidos para la zona de estudio, evaluadas por la metodología GOD y a continuación se presentan los valores y argumentos utilizados para la estimación de la profundidad del agua.



- Berlín junto con la zona 3 y el Neis de Bucaramanga (Entre la falla de Bucaramanga y la cota 2200) con un nivel freático que varía entre los 0 y 5 metros y una clasificación según la metodología GOD de 0.9.
- Zona comprendida entre las cotas 2200 y 3200 (restando la formación Silgara y la zona 3) con un nivel freático que varía entre los 5 y 20 metros y una clasificación según la metodología GOD de 0.8.

Los valores obtenidos de profundidad del agua son valores aproximados. Se requiere en trabajos futuros hacer mediciones en campo de niveles freáticos mediante construcción de pozos de observación e investigar sobre un modelo conceptual de flujo basado en mediciones de campo.

Después de hacer las operaciones de todas las variables en forma distribuida y aplicar la metodología se obtuvo el mapa de vulnerabilidad. En la Figuras 18 se presenta el resultado final de las valoraciones de estos parámetros, y en la Figura 19 se presenta el mapa final de evaluación de la vulnerabilidad por este método.

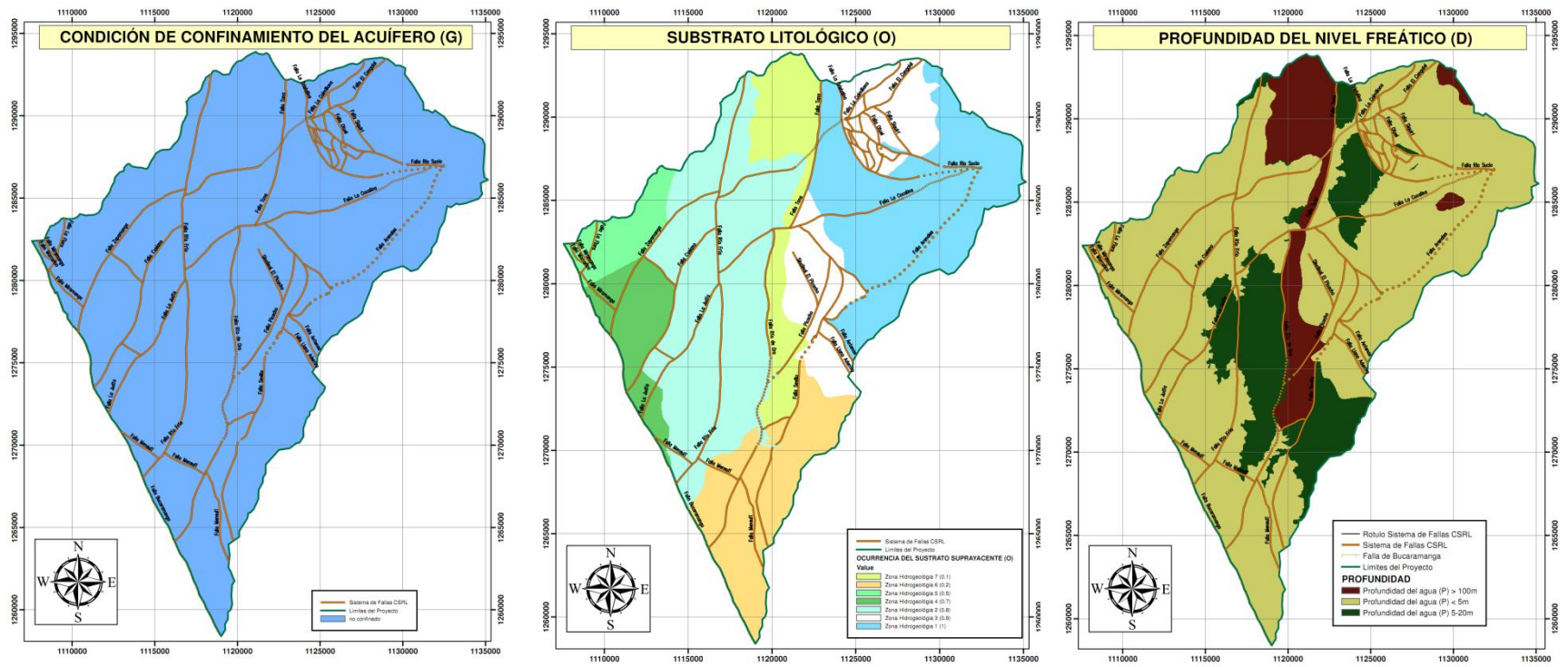


Figura 18. Parámetros Metodología GOD.



### 2.4.3 Metodología PATHS.

A continuación se hace una valoración de los parámetros utilizados por la metodología PATHS y se explican los criterios y valores que toman los distintos parámetros utilizados en esta metodología y presentados en el numeral 2.2.3 de este capítulo.

El criterio de evaluación en la metodología PATHS de este parámetro es el mismo que se siguió en las metodologías GOD Y DRASTIC; el análisis de la información disponible para determinar la profundidad del nivel freático fue descrito en el numeral 2.2.3.2, siendo evaluados y valorados con los requerimientos de la metodología dados por la Tabla 14.

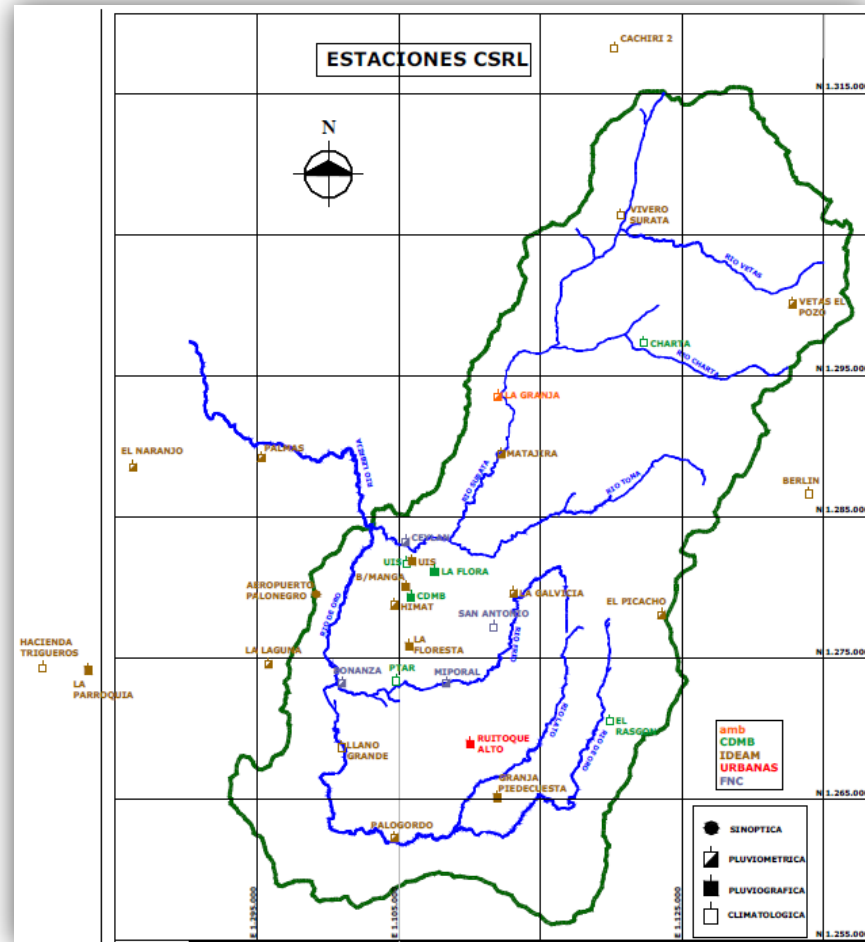
#### 2.4.3.1 Precipitaciones (Pp)

La precipitación es la componente de entrada en el volumen de control utilizado para aplicar el balance hídrico. La cantidad, frecuencia, la distribución espacial y temporal de las precipitaciones es muy variable, razón por la cual sus mediciones son parte fundamental en las investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de los recursos hídricos.

La precipitación en la CSRL se encuentra influenciada principalmente por su ubicación geográfica en el trópico, y definida por las oscilaciones de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la influencia de los vientos alisios, la orografía local y regional (entre baja y muy altas pendientes), así como los frentes húmedos provenientes de los océanos Atlántico y la región Amazónica conforman los principales factores en el proceso de formación de la precipitación.

Se han utilizado datos, tomados en 32 estaciones, distribuidas en la Cuenca Superior del río Lebrija y en cercanía a ella, aunque el área de estudio es más pequeña, se utilizan las correlaciones espaciales de toda la cuenca. Las estaciones utilizadas cumplen con características de resolución temporal y periodo de registro común (18 años). La información que se manejó en este trabajo corresponde a las precipitaciones promedias anuales. En el área de estudio el IDEAM opera veintidós estaciones, CENICAFE cuatro estaciones, la CDMB cinco estaciones, el AMB maneja algunas estaciones y en este estudio se incluyó solamente una estación debido a la limitada calidad de la información. A continuación se muestra la localización de las estaciones en la región.





**Figura 20. Localización espacial de las estaciones pluviométricas.**

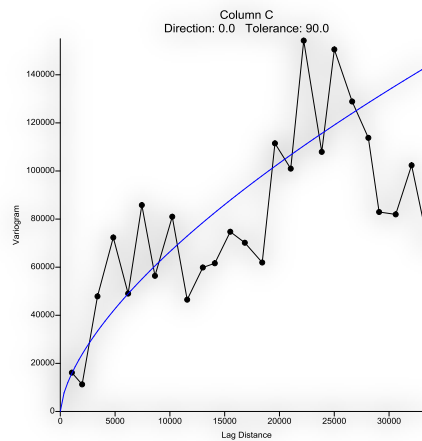
Mediante el programa de interpolación SURFER 9.0 se halló la distribución espacial de las precipitaciones promedio anuales en la Cuenca Superior del río Lebrija y en cercanía a ella.

Para realizar este mapa de precipitaciones se utilizó el kriging que es un método geoestadístico de estimación de puntos que utiliza un modelo de variograma para la interpolación (Journel, A. G. and Huijbregts, 1978).

Es importante destacar que la estimación a través del kriging, se hace buscando y utilizando las características de continuidad espacial del fenómeno estudiado; y el variograma es una herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área

definida, obteniendo como resultado la influencia de los datos a diferentes distancias, (Clark, Isobel, 1984); en este caso se escogieron cuatro modelos de variogramas, con el fin de comparar las diferentes espacializaciones generadas, con los datos de precipitación de cada estación; los modelos de variogramas utilizados fueron: Logarithmic, Rational Quadratic, Wave, y Power.

Se escogió el modelo de variograma Power al mostrar la mejor tendencia de datos, este se muestra en la Figura 21.



**Figura 21. Ajuste de datos utilizando el modelo de Variograma Power.**

Este desarrolla un buen ajuste a las variables y proporciona datos reales de precipitación a las diferentes estaciones distribuidas en la CSRL y fuera de ella.

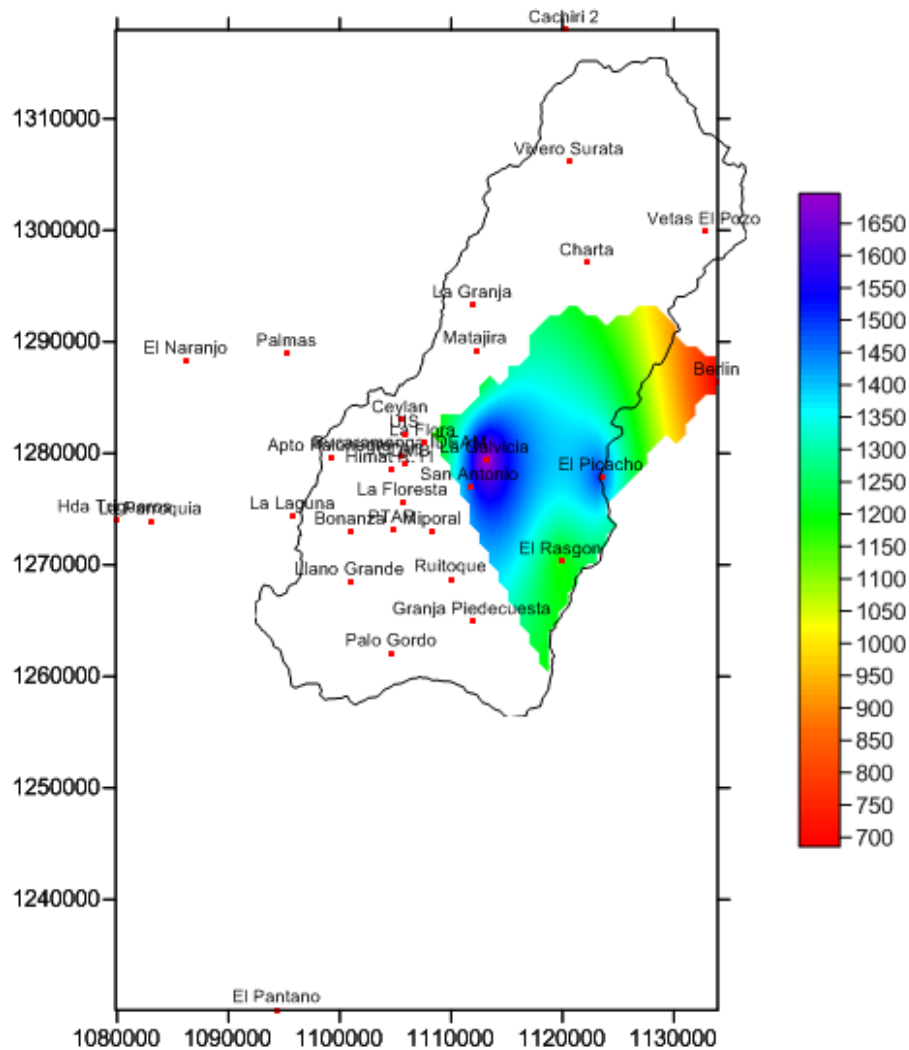
A continuación se muestran los treinta y dos datos de precipitaciones promedias anuales en mm/año, tomados en las distintas estaciones que se encuentran distribuidas en la cuenca y en cercanía a ella, para posteriormente poderlo comparar con la distribución espacial generada con el variograma Power.

**Tabla 27. Precipitación Multianual de las estaciones de la CSRL y en cercanía a ella, en mm/año.**

ESTACIONES	ESTE	NORTE	PRECIPITACIONES MM/AÑO	ESTACIONES	ESTE	NORTE	PRECIPITACIONES, MM/AÑO
Apto Palonegro	1099190	1279557	1107	La Floresta	1105735	1275607	1265.23
Berlín	1133945	1286396	656.83	La Galvicia	1113124	1279371	1825.17
Bonanza	1101014	1272986	1645.78	La Granja	1112019	1293287	1452.23
Bucaramanga IDEAM	1105512	1279816	1221.22	La Laguna	1095824	1274328	1027.52
Cachiri 2	1120243	1317948	1044.74	La Parroquia	1083087	1273906	1659.51
CDMB	1105857	1279070	994.96	Llano Grande	1100961	1268438	869.37
Ceylan	1105505	1282998	1392.68	Matajira	1112243	1289201	900.63
Charta	1122280	1297072	1128.16	Miporal	1108381	1273001	1202
El Naranjo	1086255	1288290	1828.9	Palmas	1095305	1288951	1314.71
El Pantano	1094399	1230084	974.05	Palo Gordo	1104708	1262055	987.73
El Picacho	1123563	1277828	1542.21	PTAR	1104803	1273129	1029.41
El Rasgón	1119914	1270294	1143.42	Ruitoque	1110038	1268702	1271.56
Granja Piedecuesta	1111958	1264897	1385.71	San Antonio	1111733	1276956	1459.48
Hda Trigueros	1079864	1274085	1704.99	UIS	1105937	1281629	1193.08
Himat R.11	1104686	1278524	1110.52	Vetas El Pozo	1132805	1299852	806.43
La Flora	1107543	1280894	1028.57	Vivero Surata	1120671	1306120	1083.15

En la Figura 22 finalmente se muestra la distribución espacial obtenida para la precipitación multianual en mm/año, en todo el territorio donde se encuentran localizadas las estaciones:





**Figura 23. Distribución de la Precipitación Multianual en la Zona de Estudio, en mm/año**

Los valores de precipitación multianual encontrados en la zona montañosa de las cuencas del Río Tona, Río Frío, Río de Oro y parte del altiplano de Berlín van desde los 700 a los 1800 mm/año. Las mayores precipitaciones se encuentran en la zona alrededor de la estación La Galvicia con 1800 mm/año que se encuentra próxima a las cotas 1800 a 2000 msnm y las menores precipitaciones se observan en la zona de la estación de Berlín con 700 mm/año a una altura mayor a 3000 msnm.

Si se trabajara con otro modelo de variograma, los datos de precipitación no hubieran concordado en todo el espacio, con los datos proporcionados por las diferentes estaciones distribuidas en la CSRL y en cercanía a ella.

En el estudio de la vulnerabilidad a la contaminación de las cuencas altas de los ríos de Oro, Frio y Lato, se tuvo a la precipitación como parámetro de evaluación para la metodología PATHS; como se citó anteriormente, el variograma utilizado fue el que mejor se ajustó a los datos y a las distribución de precipitaciones que se tienen en la zona de estudio, la precipitación tiene un peso o factor multiplicador de 4, siendo el mayor valor asignado de 5 y el menor 1, por lo tanto cualquier modificación en la distribución de las precipitaciones en la zona de estudio, modificaría considerablemente el resultado final.

En la Tabla 15 del presente informe, se observa el criterio y rangos tomados para la evaluación del parámetro precipitación en la metodología PATHS.

#### **2.4.3.2 Litología del acuífero (Lit)**

Este parámetro fue establecido según la formación geológica y/o zona hidrogeológica; debido a la presencia de formaciones particulares (Formación Silgara, Formación Paja, en general formaciones sanas y calcáreas.), las cuales están presentes en una o varias zonas hidrogeológicas. Se realizó la evaluación del parámetro litología según los criterios de este numeral, pero se valoró según la metodología PATHS, estos valores se encuentran en la Tabla 16 del presente informe.

#### **2.4.3.3 Tectónica (T)**

Criterio para su selección en la metodología: La zona del macizo de Santander se ve afectada por una cantidad importante de fallas (Ver Figura 6), unas de mayor impacto en la zona que otras, es así como se decidió dividir el sistema de fallas en primarias y secundaria y evaluarlas según el siguiente criterio en:

##### **Fallas primarias**

Con un rango de influencia asignado de 4km a lado y lado de la falla, es la clasificación que afecta en mayor grado a la zona, según la clasificación de la geología estructural son las fallas con orientación NS (Ver numeral 2.3.1.4)

##### **Fallas secundarias**

Con un rango de influencia asignado de 1 km a lado y lado de la falla, esta clasificación tiene igual relevancia debido a la densidad de fallas presentes en la región, según la clasificación de la geología estructural son las fallas con orientación EW (Ver numeral 2.3.1.4)

Con ayuda del programa de ArcGis 9.3, se le asignó el rango de influencia en la zona de estudio a la Falla, valorando este parámetro con el criterio dado en la Tabla 17 del presente informe.

#### **2.4.3.4 Pendiente Topográfica (PendTop)**

Se calculó la pendiente (en porcentaje) a partir del Modelo Digital de Elevaciones de la Cuenca Superior Rio Lebrija (Ver modelo de elevaciones en el numeral 1.5.2) con ayuda del software Arcgis 9.3 con la extensión Spatial Analyst. La clasificación se realizó ubicando los valores de pendientes en los rangos establecidos por la metodología según la Tabla 18. La región del macizo de Santander se caracteriza por sus pendientes escarpadas que van desde moderadas (Altiplano de Berlín) hasta Altas (Alto del Picacho).

#### **2.4.3.5 Resistencia Hidráulica del Suelo (RH)**

Criterio para su selección en la metodología: este parámetro cuantifica la resistencia que hace el suelo a la infiltración de un contaminante expresando la inaccesibilidad hidráulica al acuífero.

En el mapa de suelos disponible se presenta el espesor de suelos en rangos del 1 al 6 donde:

- 1: suelos con espesores mayores de 100 cm.
- 2: suelos con espesores entre 61 y 100 cm.
- 3: suelos con espesores entre 41 y 60 cm.
- 4: suelos con espesores entre 21 y 40 cm.
- 5: suelos con espesores entre 11 y 20 cm.
- 6: suelos con espesores menores de 10 cm.

Y el drenaje se presenta en rangos del 1 al 5 definiendo:

- 1: suelos excesivamente drenados.
- 2: suelos bien drenados.
- 3: suelos drenados.
- 4: suelos mal drenados.
- 5: suelos muy mal drenados.

Valorando este parámetro con el criterio dado en la Tabla 19.

En las Figuras 24 y 25 se presentan los resultados finales de las valoraciones de estos parámetros, y en la Figura 26 se presenta el mapa final de evaluación de la vulnerabilidad por este método.

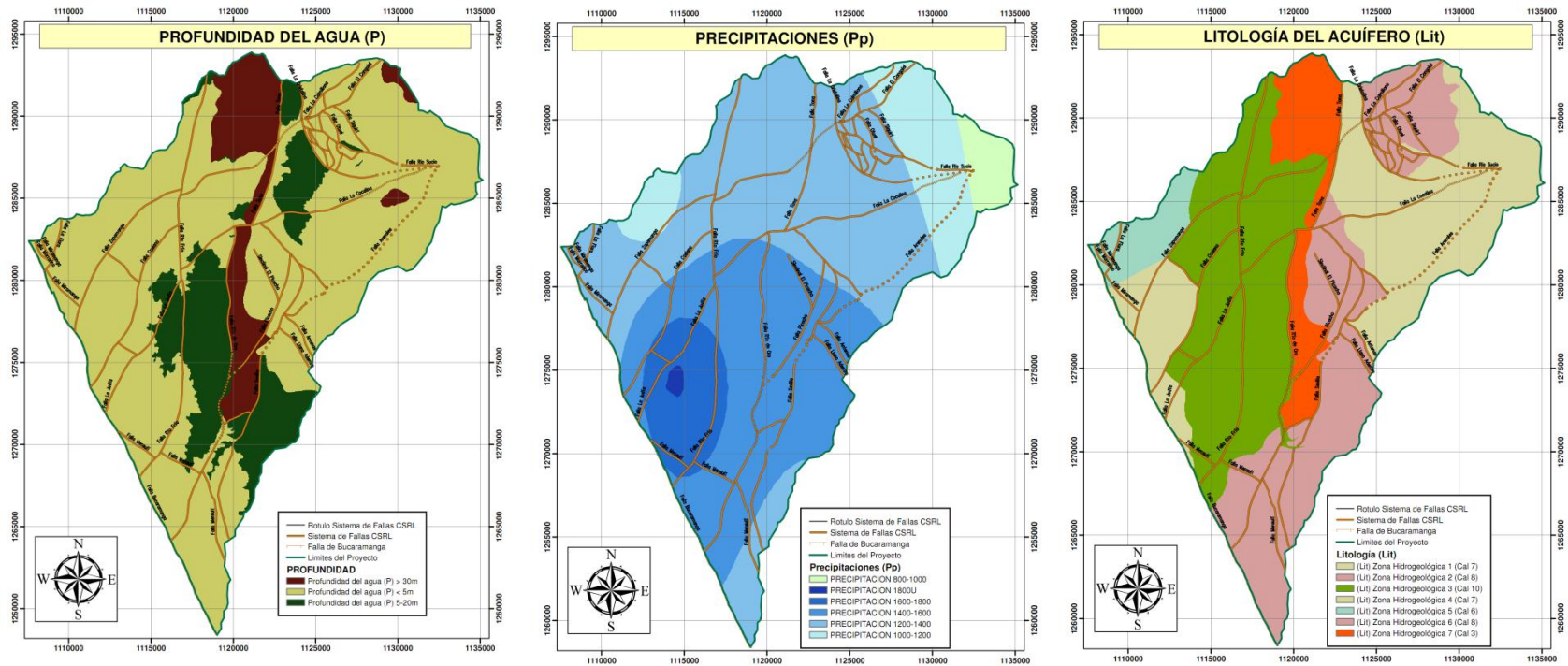
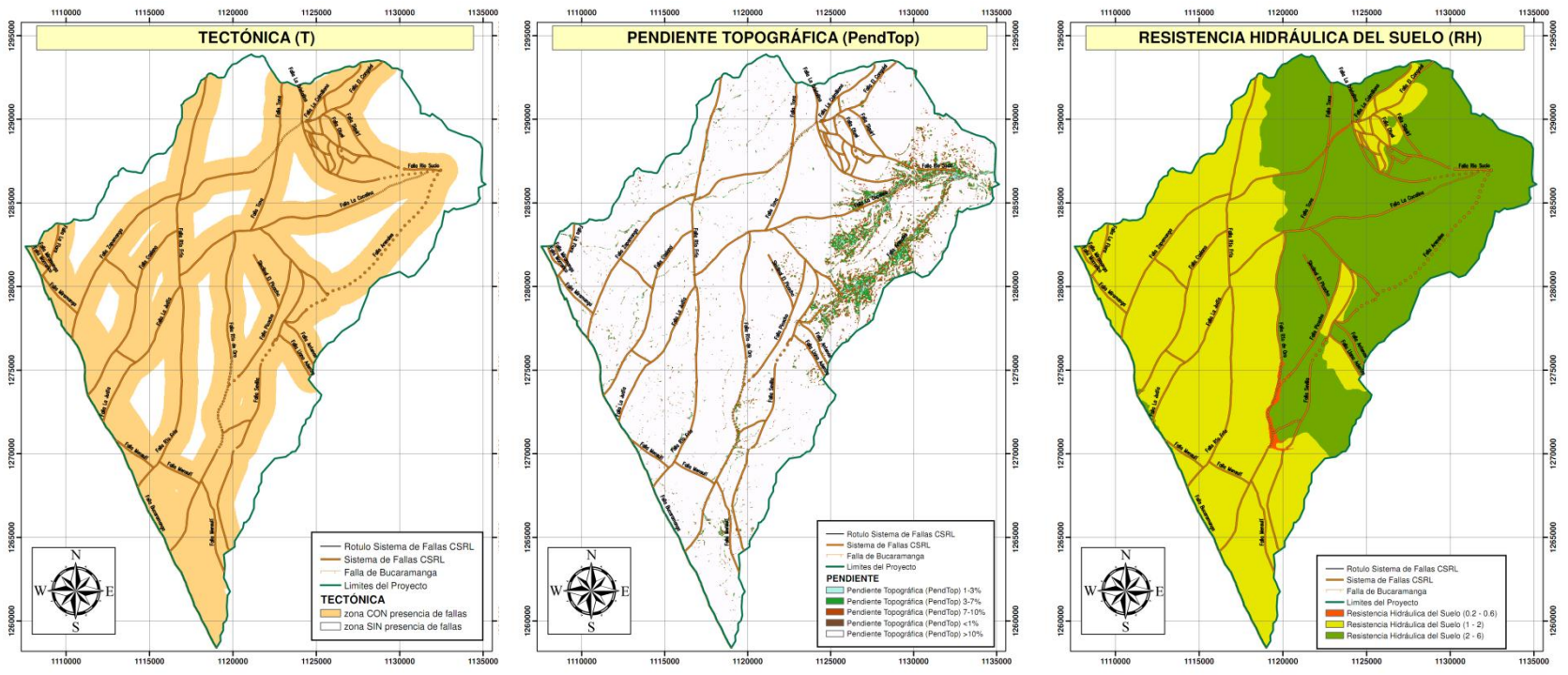


Figura 24. Parámetros (P, Pp, Lit) Metodología PATHS





**Figura 25. Parámetros (Tectónica, Pendiente Top, Resistencia Hidráulica) Metodología PATHS**

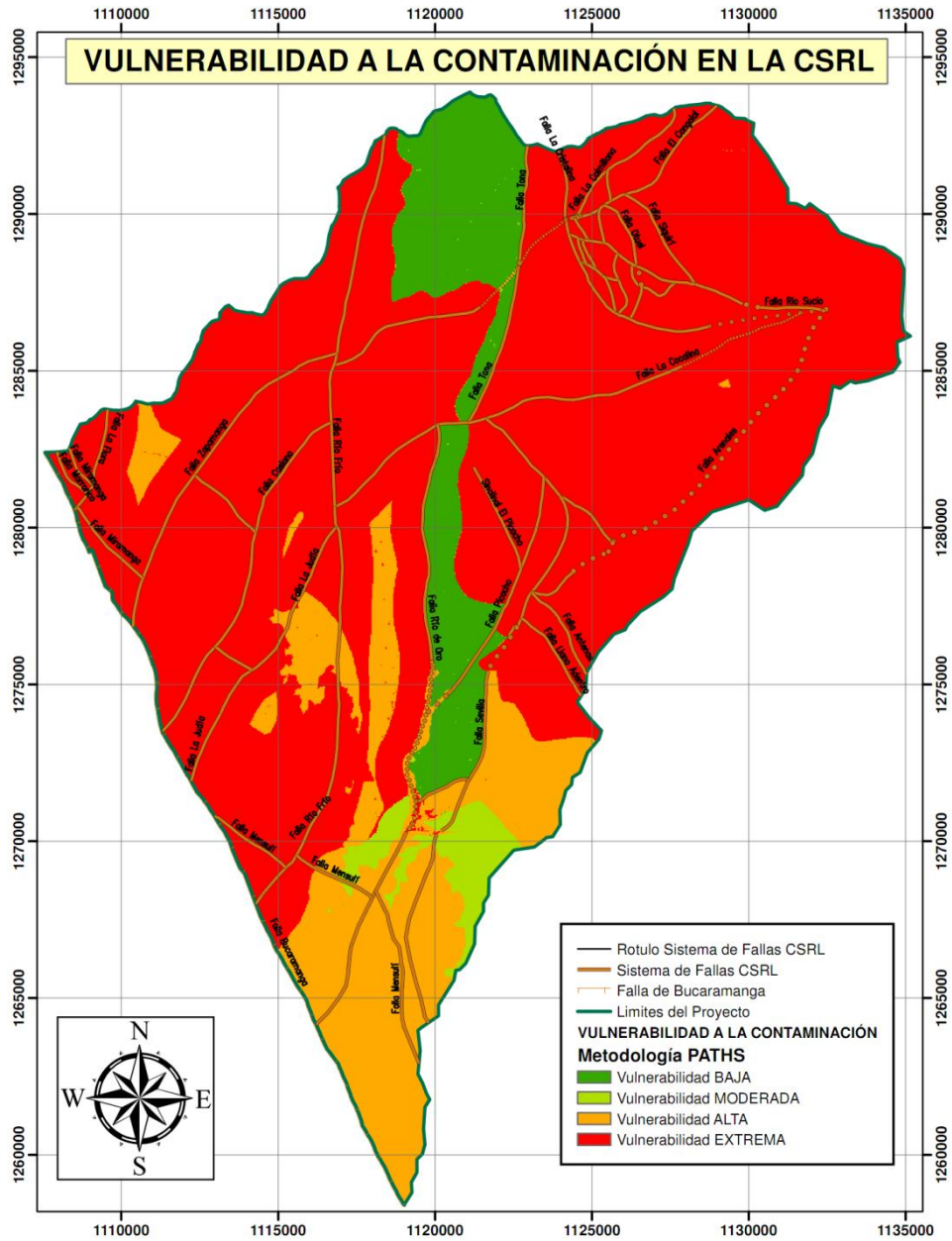


Figura 26. Vulnerabilidad Metodología PATHS.



## 2.5 Resultados de Vulnerabilidad en la Zona Montañosa

En la zona de la montaña se aplican tres metodologías utilizadas para evaluar la vulnerabilidad de acuíferos. Drastic y GOD, los cuales han sido utilizados especialmente en zonas con acuíferos aluviales y topografías onduladas a planas. En este caso, la zona presenta altas pendientes y sobre todo una componente geológica y estructural muy importante como son los sistemas de fallas asociados a la gran Falla de Bucaramanga-Santa Marta, lo cual dá a la zona de estudio una característica muy importante como es la parte tectónica y permeabilidad secundaria. Por esta razón se utilizó la metodología Paths la cual incluye estas componentes.

### 2.5.1 Resultados de Metodologías

Se realizara la interpretación de los resultados para cada metodología tratando de indicar el porqué de los determinados índices obtenidos.

#### Metodología DRASTIC

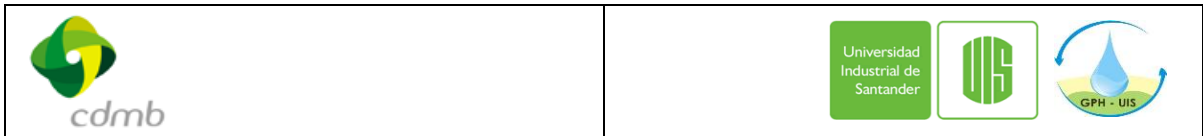
Esta metodología da resultados más conservadores, presenta las cuatro categoría de vulnerabilidad (Baja, Moderada, Alta y Extrema), la vulnerabilidad extrema tiene un valor alto en comparación con las otras categorías, especialmente en zonas con bajas pendiente como lo es el Páramo de Berlín, y suelos de espesor bajo que se presentan en las partes altas de los ríos Tona, Lato Frio y Oro, la vulnerabilidad alta y moderada son comparables en términos de área evaluada (Ver Tabla 28), se ve en esta categoría la gran influencia que tiene el parámetro profundidad, además del parámetro recarga neta, los cuales delinear en forma general el contorno de estas categorías.

La vulnerabilidad baja es casi nula en la zona, se evidencia las zonas donde el nivel freático se encuentra a una profundidad importante (Formación Silagara) la cual en comparación con las otras metodologías se reduce casi en un 50% del área con esta categoría de vulnerabilidad, esto se debe en parte a parámetros como el espesor del suelo y el parámetro Recarga Neta, abarca tan solo el 5.56% de la totalidad de la zona.

#### Metodología GOD

La metodología GOD alcanzó tres de las cuatro categorías de vulnerabilidad (Moderada, Alta y Extrema) en la zona de estudio. Una gran porción del área presenta vulnerabilidad extrema (Ver Tabla 29), como lo son el Altiplano de Berlín y las zona cercanas a la falla de Bucaramanga (Ver Figura 19), correspondiendo a las partes en las que la profundidad del nivel freático es poco profunda (menor a los 5 m) y sitios de afloramientos de aguas, cabe recordar que toda la zona de estudio se clasificó como acuífero libre.

La categoría de vulnerabilidad alta se evidencia con el paso de la profundidad a un valor mayor de los asumidos por la vulnerabilidad extrema (5 a 20m), estas profundidades se



encuentra entre las alturas 2200 y 3200 teniendo un porcentaje relativamente bajo con la vulnerabilidad de aproximadamente el 16% de la zona de estudio.

La vulnerabilidad moderada para la zona de estudio abarca un porcentaje muy pequeño de la zona, en este resultado los parámetros de mayor influencia son la condición de acuífero libre y el substrato litológico ya que el área donde se presenta vulnerabilidad baja es en la Formación Silgará considerada como impermeable.

### **Metodología PATHS**

Esta metodología presenta resultados que modelan mejor las condiciones de la zona, se presentan las cuatro categorías de vulnerabilidad (Baja, Moderada, Alta y Extrema), la vulnerabilidad extrema tiene un valor similar al obtenido en la metodología GOD, abarcando casi tres cuartas partes de la zona de estudio (73.40%) (Ver Tabla 30) esto debido a la inclusión del parámetro tectónica, el cual evalúa las fallas presentes en la zona, además de la distribución espacial de la precipitación (menor precipitación), así como la influencia de las zonas hidrogeológicas 1, 2 y 3, que son las que tienen mejores condiciones de conductividad hidráulica, además se consideraron niveles freáticos más superficiales (entre 0 y 5 metros).

En el altiplano de Berlín, además influyo las bajas pendientes y la limitada precipitación. La cual delimita resulta evidente en el resultado final (Ver Figura 24), la vulnerabilidad alta y baja son comparables en términos de área evaluada, siendo la categoría de vulnerabilidad moderada la de más baja afectación en la zona de estudio con solo el 2.2% de la totalidad de la zona.

En la parte sur cerca de la Falla de Bucaramanga, se observa vulnerabilidad alta, debido a que se encuentra en la zona de interés hidrogeológico 6, la cual tiene bajas condiciones de permeabilidad y además tiene mayor influencia por factor tectónica de la Falla de Bucaramanga.

En la parte alta de la cuenca del río de Oro, se observan unas zonas con vulnerabilidad moderada, debido a las condiciones de baja permeabilidad de la zona de interés hidrogeológico 6, y a que en esa zona se presentan profundidades de niveles freáticos entre los 5 y 20 metros (crestas de los cerros, cuchillas cristales).

En la única parte donde se encontró vulnerabilidad baja es debido a la litología (Formación Silgara) de muy bajas condiciones de permeabilidad y a que debido a esto, en esa zona se consideraron las mayores profundidades de niveles freáticos.

Las áreas de vulnerabilidad alta, embebidas dentro de la gran zona de vulnerabilidad extrema, se deben al parámetro profundidad (5-20 m), además de presentar más alto valor de precipitación (ver forma de isoyeta) y la zona alargada se debe al factor tectónica entre



las Fallas rio de Oro y Falla rio Frio, Cocalina (área más alejada de las fallas), así como la zona comprendida entre fallas La Flora, Bucaramanga y Zapamanga.

## 2.5.2 Comparación de los Resultados de Metodologías

En la categoría GOD no se presenta la vulnerabilidad baja, para las metodologías DRASTIC y PATHS el parámetro que define esta categoría está ligado a la profundidad del nivel freático, la tendencia es que a mayor profundidad del nivel freático menor es la vulnerabilidad, la categoría de vulnerabilidad baja se presenta en la Formación Silgara, la cual tiene los niveles de freáticos más profundos.

Las metodologías DRASTIC y PATHS presentan resultados desde la menor clasificación de vulnerabilidad hasta la mayor a diferencia de la metodología GOD que se ve condicionada a los valores altos de la profundidad al nivel freático para presentar resultados en categorías menos susceptibles a la contaminación, se debe resaltar que la metodología GOD no tiene en cuenta la protección que puede ofrecer el suelo y/o la zona de raíces, evidenciándose en los resultados (Ver Tablas 28, 29 y 30).

Las metodologías DRASTIC y PATHS son más robustas que la metodología GOD, dado que utiliza mayor cantidad de parámetros, esto puede significar un problema cuando no se dispone de información de uno de ellos, en este caso lo ocurrido con los valores de conductividad para la metodología DRASTIC.

**Tabla 28. Resultados de Vulnerabilidad DRASTIC.**

ÍNDICE DRASTIC			
	RANGOS DE VULNERABILIDAD	ÁREA Km <sup>2</sup>	% DEL ÁREA TOTAL
<b>BAJA</b>	76 - 100	24.74	5.56
<b>MODERADA</b>	101 - 135	91.58	20.57
<b>ALTA</b>	136 - 160	69.72	15.66
<b>EXTREMA</b>	161 - 217	259.16	58.21
<b>NO DATA</b>	0	0	0
		<b>445 Km<sup>2</sup></b>	<b>100</b>

**Tabla 29. Resultados de Vulnerabilidad GOD.**

**ÍNDICE GOD**

	<b>RANGOS DE VULNERABILIDAD</b>	<b>ÁREA Km2</b>	<b>% DEL ÁREA TOTAL</b>
<b>BAJA</b>	0.1 - 0.3	0	0
<b>MODERADA</b>	0.3 - 0.5	45.33	10.18
<b>ALTA</b>	0.5 - 0.7	73.95	16.61
<b>EXTREMA</b>	0.7 - 1	325.82	73.18
<b>NO DATA</b>	0	0	
		<b>445 Km2</b>	<b>100</b>

**Tabla 30. Resultados de Vulnerabilidad PATHS.**

**ÍNDICE PATHS**

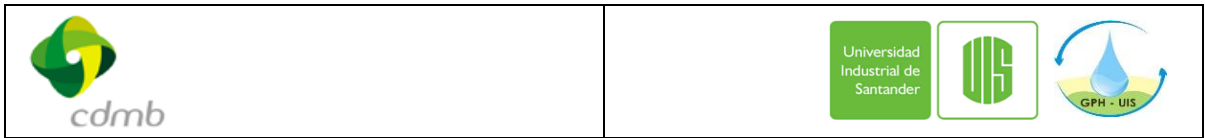
	<b>RANGOS DE VULNERABILIDAD</b>	<b>ÁREA Km2</b>	<b>% DEL ÁREA TOTAL</b>
<b>BAJA</b>	< 100	41.87	9.41
<b>MODERADA</b>	100 - 120	9.81	2.20
<b>ALTA</b>	120 - 140	66.74	14.99
<b>EXTREMA</b>	> 140	326.78	73.40
<b>NO DATA</b>	0	0	0
		<b>445 Km2</b>	<b>100</b>

**2.5.3 Conclusiones a partir de metodologías de Vulnerabilidad.**

Para la metodología GOD el parámetro profundidad es de mayor peso en la zona de estudio, comparado con las metodologías PATHS y DRASTIC, debido a la mayor cantidad de variables.

Debido a las condiciones locales de meteorización y fracturamiento, además de la información escasa, se sugiere que se utilicen los resultados obtenidos con la metodología PATHS para ser implementados en proyectos de manejo y protección del recurso hídrico subterráneo.

La información sobre geometría del acuífero, tipo de acuífero, pruebas de bombeo, profundidades del nivel freático, recarga, que son determinantes para la evaluación de estas metodologías, en la zona de estudio es nula y fue necesario hacer muchas aproximaciones,



especialmente en los temas de la profundidad al nivel freático y de la conductividad hidráulica.

La metodología PATHS al evaluar parámetros como la precipitación, fracturamiento (Fallas), pendiente, que son parámetros con información subjetivamente buena, modelando de una manera aceptable las condiciones de la zona de estudio, lo cual lleva a no hacer tantas aproximaciones como fue en el caso de la metodología DRASTIC.

Los resultados generados por la metodología GOD, son menos conservadores que los generados por las metodologías PATHS y DRASTIC, esto se debe en parte a que esta metodología no toma en cuenta la acción que tiene el suelo en la retención de posibles contaminantes, parámetro que si es evaluado y valorado en estas dos últimas metodologías.

## 2.6 Evaluación de Información en la Zona Aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga

Durante este trabajo se realizó la recopilación de los informes que contienen información hidrogeológica de la región de estudio, para la determinación de los parámetros requeridos por las metodologías de evaluación de vulnerabilidad. Se llevó a cabo la recolección de información en cuanto a piezómetros, pozos profundos construidos en la zona de estudio, cisternas, concesiones de agua subterránea, sondeos geoelectricos y prospecciones geofísicas.

También se revisó la información geológica existente que presenta relación con el comportamiento hidrogeológico de las diferentes formaciones presentes en el área de estudio. En la tabla 31 se hace el inventario de los pozos, cisternas y piezómetros encontrados en la zona, más detalles de estos puntos se presentan en el ANEXO 8. Se revisan y se obtienen valores de los parámetros que las metodologías Drastic y God, requieren para su aplicación.

**Tabla 31. Puntos de agua subterráneas en la zona de estudio.**

Puntos de medición de agua subterránea	Numero	Tipo de información	Entidad origen	Localización
Pozos profundos	19	Profundidad, caudal	Ingeniería Suelos (2002)	En mapa
Piezómetros	67	Niveles freáticos	CDMB, (Gómez, S.1990)	En mapa
Cisternas	10	Niveles freáticos	GPH, 2003	En mapa
Pozos con concesión de agua	75	Niveles por tomar	CDMB, 2010	En mapa
Listado de lavaderos de carros	49	Niveles por tomar	CDMB, 2004	

Una revisión y evaluación de la información de pozos de agua subterránea localizados en la región aluvial y sedimentaria de Bucaramanga, concluye que: La CDMB tiene un listado entregado en el año 2010 de 63 pozos con concesión legalizada, existe además un listado de lavaderos de carros que utilizan agua subterránea entregado en el año 2004 de 49 puntos, de los cuales 7 puntos aparecen en el listado del 2010, lo otros 42 puntos no aparecen. En este caso serían 105 puntos conocidos por la CDMB. Se revisaron los archivos de la Finca La Esperanza y se encontraron los expedientes de concesiones de agua subterránea de solo 46 puntos, los demás expedientes no fueron encontrados.

Se conocen algunos otros pozos que funcionan y que no aparecen en ninguno de los listados, por lo tanto a la fecha no se conoce el número total de puntos con pozos de agua subterránea.

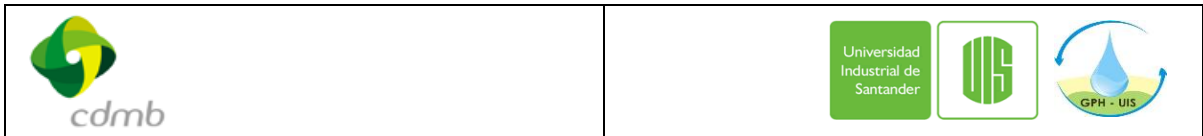
Para determinar el comportamiento general de los niveles freáticos, se modelan superficies freáticas con los datos existentes.



### 2.6.1 Información Técnica Consultada

Se consultaron los siguientes informes (González, Camargo, 2010) a partir de los cuales se extrajo la información de niveles freáticos, de perfiles hidrogeológicos, de localización de puntos de agua, y alguna muy poca información hidráulica:

- Asesoría de Prospección Geofísica y Estudio Hidrogeológico en la Zona del Sistema de Fallas Bucaramanga Santa Marta para AMB. GPH, Bucaramanga, Mayo de 2003
- Asesoría Geológica en el Área Metropolitana de Bucaramanga, Para la Exploración de Aguas Subterráneas. Zambrano, J. Rey, A. 2003
- Estudio Geoelectrico Realizado en el Área Metropolitana en el Proyecto “Modelo Hidrogeológico Básico de Bucaramanga”. Carlos M. Wandurraga B. Abril de 2003
- Estudio Hidrogeológico y Fortalecimiento Social Para la Vereda de Acapulco. UIS, Bucaramanga, diciembre de 2001.
- Estudio Técnico para la Declaración del Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables (DIM.) de Bucaramanga. CDMB, Ingeniería de Suelos, octubre de 1996.
- Informe Construcción Pozo Zona Norte. p & p Ltda. CDMB, febrero de 1992.
- Informe del Estado del Conocimiento en la Investigación de Aguas Subterráneas en la Terraza de Bucaramanga. Ingeniería de Suelos Ltda. Septiembre de 1991
- Interrelación entre Sistemas Hidrogeológicos para el Estudio del Fenómeno de Recarga en el Macizo de Santander e Identificación de Acuíferos, UIS – Gómez, S. Colciencias. Bucaramanga, noviembre de 2003
- Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander, INGEOMINAS, Bucaramanga, abril de 2007.
- Modelo Geológico-Geofísico para el Área Metropolitana de Bucaramanga. INGEOMINAS, Bermoudes, O. Vásquez, L.
- Modelo Hidrogeológico Básico de Bucaramanga. Ingeniería de Suelos Ltda. Octubre 17 de 2002
- Plan de Ordenamiento Ambiental de la Subcuenta del río de oro, tomo II Informe Final, CDMB, Bucaramanga, junio 2004.



- Predicción de Niveles Freáticos a Partir de la Precipitación y su Influencia en la Estabilidad de Taludes Caso de Aplicación: Meseta de Bucaramanga. Gómez, S. 1990
- Prospección Geoelectrica para evaluar las posibilidades acuíferas en la meseta de Hidrogeocol Ltda.
- Proyecto de Investigación Geológica e Hidrogeológica en la Región Central del Departamento de Santander Acuerdo Específico 002/05 - Tomo 1
- Zonificación Sismogeotecnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga. Ingeominas. 2001.

## **2.6.2 Unidades Hidrogeológicas y Acuíferos en la Zona de Estudio.**

A continuación se describen las principales unidades hidrogeológicas identificadas en estudios anteriores, corroborados con los sondeos eléctricos verticales realizados también en estudios anteriores. La recopilación y manejo de esta información, condujo a la definición mediante interpolación de las superficies freáticas presentes en cada una de las unidades (González, Camargo, 2010), de esta información se obtuvo el espesor de la capa no saturada, uno de los parámetros importantes de las metodologías aplicadas para la zonificación de la vulnerabilidad.

### **2.6.2.1 Acuífero profundo de Bucaramanga**

Esta unidad corresponde al acuífero profundo de la Formación Bucaramanga contenido en el miembro Órganos (Qbo), identificado en esta formación según indagación de SEV's distribuidos en la zona, los cuales brindan información aproximada de niveles saturados contenidos en los niveles más gruesos de este miembro.

El miembro Órganos presenta el mayor espesor dentro de la Formación Bucaramanga pudiéndose establecer valores entre los 220 y 300 m. La parte superior de este miembro con resistividades entre los 42 y 533 ohm-m corresponde a los niveles más gruesos y posiblemente saturados. Su espesor varía de 120 a 170 m aproximadamente. La parte inferior del miembro Órganos presenta resistividades entre los 7 y 29 ohm-m que corresponden al material fino poco permeable, con espesor variable entre los 40 y 140 m. (Ingeominas, 2004). En las tablas 32 y 33, se encuentran una descripción de las propiedades de este miembro.

**Tabla 32. Características Estratigráficas de la Formación Bucaramanga.**

Miembro	Litología	Espesor Estimado (m)
Limos Rojos ( Qblr)	Limos y arenas arcillosas y gravosas	Hasta 5m
Gravoso (Qbg)	Niveles gravosos, gravoarenosos y gravolodosos	8 a 30
Finos (Qbf)	Alternancia de niveles arcillosos y limosos en la base Niveles areno limosos hacia el techo	15
Órganos (Qbo)	Limos arenosos hacia la base -Gravas, en alternancia con capas y lentes limoarenosos hacia el techo	Más de 180

Fuente: Bermoudes, Vasquez, 2004

**Tabla 33. Permeabilidades de la Formación Bucaramanga**

Nivel	Permeabilidad			
	m/día		cm/s	
Conglomerado Superior *	0.35	1.73	$4 \times 10^{-4}$	$20 \times 10^{-4}$
Nivel de Finos	0.086	0.6	$1 \times 10^{-4}$	$7 \times 10^{-4}$
Conglomerado Inferior	0.086	0.9	$1 \times 10^{-4}$	$10 \times 10^{-4}$

Fuente: Ingeniería de Suelos (1991). Gómez, S. (1991)

Los valores anteriores son estimativos obtenidos desde sondeos geoelectricos para los espesores y ensayos de laboratorios y modelamiento numérico para los valores de conductividad. Algunas pruebas de bombeo reportan valores transmisividad entre 0.4 y 1.4 m<sup>2</sup>/dia.

Durante este trabajo se realizó una nueva prueba de bombeo en el pozo que tiene la CDMB en la escarpa norte de Bucaramanga y se confirmaron estos valores de transmisividad, en este caso el tipo de acuífero se encontró entre libre y semilibre (Caballero, Navas, 2011).

### 2.6.2.2 Acuífero de la Cumbre

Corresponde a los depósitos sedimentarios no consolidados porosos, permeables y con capacidad de almacenar agua. Esta unidad está representada por los sedimentos de edad cuaternaria de la Formación Bucaramanga como lo son los Miembros Limos Rojos (Qblr), Gravoso (Qbg) y Órganos (Qbo) los Miembros Limos Rojos y Gravosos con tendencia a desaparecer hacia esta zona.

Este acuífero se encuentra identificado por la presencia de cisternas y afloramientos de agua (UIS, 2003), mediante los cuales se logró la definición general de los niveles freáticos del acuífero. Esta unidad se encuentra sobre la Formación Jordán (Jj) que actúa como basamento, (Ingeniería de Suelos, 2001).

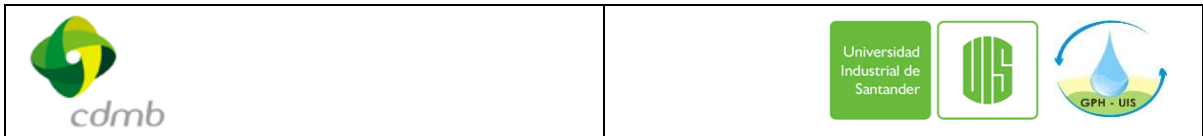
### 2.6.2.3 Acuífero Ígneo-Metamórfico Fracturado y Meteorizado

Esta unidad se encuentra localizada hacia el Este de la zona de estudio (constituye principalmente la zona en contacto con el Macizo de Santander). Para este estudio se ha considerado esta unidad como representativa de la zona a lo largo del Trazo de la Falla de Bucaramanga-Santa Marta, entre la terminación de las formaciones aluviales y sedimentarias que conforman las zonas urbanizadas y aproximadamente 1.5 kilómetros hacia el Este desde el trazo principal de la Falla.

Se encuentra compuesta principalmente por dos elementos litológicos principales: el Neis de Bucaramanga (PEb) y las intrusiones ígneas tipo granitos y Cuarzomonzonita (JRcl). Por su naturaleza, estas rocas poseen porosidades y permeabilidades primarias nulas a muy bajas, por lo que teóricamente no son consideradas como potenciales acuíferos, sin embargo dependiendo del estado de fracturamiento y/o meteorización, puede conformar buenos acuíferos (Gómez, S., Colegial, J. 2003).

Los trabajos de investigación realizados en la región, han encontrado que el potencial hidrogeológico de estas rocas aumenta en función de la intensidad del fracturamiento, el cual posibilita la interconexión entre ellas las discontinuidades y acelera el proceso de alteración de las rocas, conformando zonas arenizadas con alta capacidad de almacenamiento y circulación de aguas subterráneas (Gómez, S., Colegial, J. 2003).

En esta unidad se han encontrado densidades de diaclasamiento hasta de 25 diaclasas por metro cuadrado (Beltrán, R., Rey, A. 2002). El cuerpo intrusivo conformado por rocas cristalinas presentan alto fracturamiento especialmente en la zona de intersección del sistema de falla principal con la falla dextral La Flora. La meteorización en la zona ocurre en la zona en algunos lugares es intensa y profunda donde alcanzan profundidades superiores a los 80 m, evidenciada en las perforaciones realizadas sobre la zona de la Falla de Bucaramanga, en esta unidad.



En el sector de afloramiento de la Cuarzomonzonita (JRcg), se realizaron 8 SEV's (Vergara, 2003) de los cuales cuatro tienen información acerca de niveles saturados que varían desde 2 hasta 10 metros, los cuales fueron corroborados por las perforaciones realizadas en Pan de Azúcar con una profundidad de 72 m y Albania con profundidad de 70 m. En estas perforaciones no se encontró roca sana.

Para representar este acuífero, se consideró un nivel estático a los 8 metros de profundidad en el sector de Pan de Azúcar y se mantuvo hacia el norte, hacia el sur de esta unidad se realizó una transición de los 8 m hasta los 22m de profundidad hasta el sector del Pozo Cementerio Jardines la Colina donde se encuentra localizado un pozo de bombeo y desde allí se mantuvo este valor hacia el sur.

En una prueba de bombeo en el piezómetro de Pan de Azúcar, se ha estimado una conductividad hidráulica cercana a 1 m/d. (Gómez, S., Colegial, J. 2003). En el Neis de esta unidad se encuentra localizado un pozo de bombeo, construido en el parque Cementerio Jardines La Colina que tiene una profundidad de 74 m, (Ingeniería de Suelos, 2002) , presentando a los 20 m de profundidad zonas productoras de agua. No se encontró información de la prueba de bombeo del pozo. Se considera que el valor de conductividad es semejante a la anterior.

#### **2.6.2.4 Acuífero Bloque Sedimentario Fracturado de Palonegro**

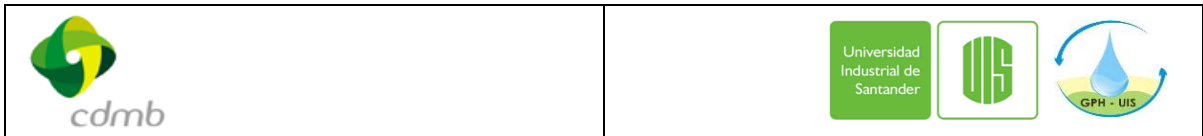
Esta unidad hidrogeológica es una franja de hasta 1.5 kilómetros de ancho, paralela a la Falla del Suárez a la margen izquierda del río de Oro y comprende los sectores de Cantalta, Corregidor y los moteles de la vía al aeropuerto. Está limitada al sur por el cerro de Cantalta y al norte por el río Suratá.

La zona está compuesta principalmente por rocas sedimentarias de la formación Girón, levantadas por acción de la Falla del Suárez y muy fracturadas. Sobre las rocas fracturadas de la Formación Girón se depositaron una gran cantidad de coluviones provenientes del escarpe de la Falla del Suárez. Adicionalmente aparecen depósitos de los miembros Finos y Órganos de la Formación de Bucaramanga.

La infiltración ocurre principalmente por la fracturación intensa que presentan las rocas. La interpretación de los niveles saturados se logró a partir de los SEV's encontrados en la unidad. Se interpretan saturaciones importantes a profundidades variables desde los 20 hasta 40 metros.

#### **2.6.2.5 Acuífero mesa sedimentaria de Lebrija**

Esta unidad hidrogeológica se encuentra al oriente de la zona de estudio adyacente a la unidad de Palonegro. Está compuesta principalmente por rocas sedimentarias de la Formación Girón (Jg) y de la Formación Tambor (Kita), esta ultima de buenas características de permeabilidad. La Formación Girón consta de areniscas y conglomerados,



de color amarillo-naranja alternando con capas de lodolitas rojas violáceas. En esta zona debido a la acción del sistema de Fallas del Suárez las rocas se encuentran muy fracturadas, presentándose densidades de fracturas de 3 a 4 por metro.

La infiltración ocurre principalmente a través del suelo residual, cavernas de infiltración y de hormigueros. Una vez infiltrada el agua es conducida siguiendo el plano de estratificación dentro de las areniscas y sobre las arcillolitas. El agua se acumula dentro del manto de areniscas de la Formación Girón.

No se encuentra información de estudios para la determinación de niveles saturados, se tiene conocimiento de pozos poco profundos para el abastecimiento de sitios comerciales que darían crédito de la presencia de saturación. Se propone un nivel constante de nivel freático, de profundidad de 40 m partiendo de la información geológica, y de las profundidades del Bloque sedimentario fracturado de Palonegro adyacentes, las cuales presentan un comportamiento de este tipo.

#### **2.6.2.6 Acuífero mesa sedimentaria de Ruitoque**

Esta unidad hidrogeológica está compuesta principalmente por rocas sedimentarias de la Formación Tambor (Kita) suprayaciendo a la formación Girón (Jg).

La Formación Tambor (Kita) presenta porosidad secundaria, por tal motivo la infiltración ocurre a través de la fracturación intensa que se presenta en la zona, presentándose densidad de fracturas de 3 por metro. La acumulación de agua en la Formación Tambor (Kita) es baja y al parecer se forman pequeños acuíferos colgados.

A partir de algunos SEVs realizados por Ingeniería de suelos (2003), del estudio hidrogeológico y fortalecimiento social para la vereda de Acapulco (UIS, 2002), se definieron dos niveles de acuíferos, uno con profundidades superiores a los 100 m de profundidad y otro más superficial aproximadamente a los 40 m en las cercanías de Acapulco, los cuales se generalizaron para esta unidad.

#### **2.6.2.7 Acuífero bloque sedimentario fracturado del piedemonte**

Esta unidad hidrogeológica es una franja de hasta 2 km de ancho paralela a la Falla Bucaramanga, hacia el norte tiende a integrarse con el Aluvial de Bucaramanga. Se encuentra compuesta principalmente por rocas sedimentarias del Paleozoico (Calizas de la Formación Diamante y Tiburón) y Jurásico (areniscas y limonitas de la formación Girón, y las arcillolitas de la formación Jordán), (Suárez, J., 2002).

El sistema de fallas juega un papel muy importante en sus características hidrogeológicas. Las fallas principales son las fallas paralelas a la Falla de Bucaramanga especialmente la Falla de Paramito-Floridablanca, la cual aparentemente se extiende hacia el norte hasta el río Suratá y una falla intermedia que es muy evidente en la meseta de La Cumbre, esta última de carácter compresivo. El resultado es un bloque comprimido y muy fracturado con

muy buenas condiciones de permeabilidad secundaria, pero donde predominan las rocas de grano fino de baja permeabilidad. La continuidad del sistema de fracturación no es muy buena y las estructuras principales desde el punto de vista hidrogeológico son las fallas.

Esta unidad se dividió en dos, un bloque hacia el sur desde la falla Ruitoque Sur. Se interpretan profundidades del nivel freático desde los 100 a 60 metros a partir de los pozos Ruitoque Condominio de una profundidad de 190 m y el pozo S.O.S. la Aldea con una profundidad de 70m (Ingeniería de Suelos, 2002). Los niveles freáticos se hacen variables ascendiendo a media que se avanza hacia Piedecuesta (pozo de Pretector con profundidad aproximada de 70m. El bloque hacia el norte tiene muy poca información, con los SEVs encontrados se definió un patrón de profundidades de 50 m.

#### **2.6.2.8 Acuífero bloque sedimentario fracturado de bajos de Ruitoque**

Corresponde a un bloque fracturado delimitado al sur por la Falla de Ruitoque, al norte por la falla de Ruitoque norte, al occidente por la falla del Suárez y al oriente por la falla de Paramito-Floridablanca. Su estructura debe ser muy similar a la mesa de Ruitoque. Con buzamientos mucho más fuertes hacia el norte y un mayor grado de fracturación. Los afloramientos muestran estratificaciones de areniscas, limolitas y arcillolitas de la Formación Girón.

La unidad posee muy buena conductividad debido a su fracturación y una importante capacidad de acumulación en acuíferos dentro de los mantos más permeables de la formación Girón y posiblemente de la formación Tambor. Esta unidad recibe recarga tanto de la mesa de Ruitoque como del macizo de Santander a través del bloque fracturado del Piedemonte, siguiendo las fallas de Río Frío y de Ruitoque y las fracturaciones asociadas con estas.

La información de aguas subterráneas es nula en esta unidad. Se definió una profundidad de nivel freático de 70 m.

#### **2.6.3 Información de Profundidades del Nivel Freático**

En la definición de la profundidad del nivel freático se reunió la información de Piezómetros, pozos profundos, cisternas, se identificaron zonas de afloramiento de agua subterránea, además de tener en cuenta todos los Sondeos Eléctricos encontrados en la Información Técnica Consultada que brindaran información de Niveles Freáticos.

Es de resaltar que la zona comprendida desde el Río de Oro en Piedecuesta hacia la Mesa de Los Santos no cuenta con información para definir o hacer una estimación del comportamiento de las profundidades a los niveles freáticos, por tal motivo no se define una zona acuífera en esta área.

#### **2.6.4 Recarga**

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta en la superficie e infiltrada en el agua subterránea por la precipitación. Basados en esta definición los valores de recarga aquí tomados son los correspondientes a la recarga local, aunque se conoce que en la región la recarga a los sistemas acuíferos de la meseta de Bucaramanga es principalmente producida por recarga lateral proveniente del Macizo de Santander, con escalas de circulación entre la zona de recarga y los acuíferos de 10 Km o más. (Gómez, S., Ulloa, A. 2007)

En la zona de estudio los valores de recarga fueron asumidos como valores de la recarga potencial (UIS-Ingeominas, 2007) debido a que no se cuenta con valores de recarga efectiva en la Zona.

#### **2.6.5 Suelos**

Este parámetro fue obtenido de la clasificación de suelos realizada en el informe Plan de Ordenamiento Ambiental de la Subcuenca del Río de Oro, Tomo II Informe Final, CDMB, Bucaramanga, junio 2004, página 114 de la Caracterización biofísica, quienes realizan una clasificación de los suelos llegando hasta el nivel de subgrupo utilizando el sistema taxonómico americano. Además para estos subgrupos presentan una descripción y perfil del suelo correspondientes a la clasificación del USDA (United States Department of Agriculture).

#### **2.6.6 Topografía - Pendiente**

Se obtuvieron los valores de pendiente a partir del modelo digital de Elevaciones para La cuenca Superior del Río Lebrija (Pérez, 2010) presentado en el numeral 1.5 de este trabajo y del cual se extrajo la zona correspondiente al área de estudio.

#### **2.6.7 Conductividad Hidráulica**

En la región se tiene muy limitada información de conductividades hidráulicas debido a que existen pocas pruebas de bombeo. Algunos valores de conductividad se tomaron con base en los informes de las pruebas de bombeo realizadas en los pozos profundos construidos en la zona como lo son:

Pozo zona Norte (P&P Ltda.1992), perforación Profunda de Metrocentro (ETA 1979), pruebas hidráulicas realizadas en las perforaciones de Pan de Azúcar, Parque la Flora y Albania. (Gómez, S. Colegial, J. 2003).

Esta información no es representativa para la totalidad de la zona de estudio, los valores se asignaron a cada unidad hidrogeológica en la que se encuentran ubicados dichos pozos. No



se cuenta con información de pruebas de bombeo en sectores como la Mesa de Ruitoque, Bloque Sedimentario Fracturado de Palonegro, Mesa Sedimentaria de Lebrija , por lo tanto en función de la roca constituyente de la unidad hidrogeológica se tomaron valores representativos de conductividad hidráulica.

### **2.6.8 Tipo de Acuífero**

La determinación del acuífero en condiciones de tipo libre o confinado, no fue posible obtenerla de pruebas de bombeo por lo tanto, se dedujo de la interpretación de la geología, de los mantos permeables y capas confinantes presentes en las formaciones geológicas distinguiendo la textura que se encontraba en los sondeos eléctricos. Igualmente desde el análisis de informes de los escasos pozos profundos.

- Pozo zona Norte (P&P Ltda.1992)
- Perforación Profunda de Metrocentro (ETA 1979)
- Pruebas hidráulicas realizadas en las perforaciones de Pan de Azúcar.

La presencia de pozos saltantes como el Pozo Palenque con caudales semi-permanentes de 5 litros por segundo y el Pozo Terpel-Chimitá con un caudal cercano a 1.5 litros por segundo, construidos en la Formación Girón (Jg), dan lugar a la interpretación de confinamiento del acuífero localizado en esta zona. Los depósitos aluviales que conforman los demás acuíferos de la zona, son considerados de tipo libre.

## **2.7 Evaluación de Vulnerabilidad en la Zona Aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga**

Se aplican las metodologías de vulnerabilidad a la zona de estudio de acuerdo a las condiciones hidrogeológicas que se presentan. Las unidades hidrogeológicas fueron superpuestas sobre el modelo de elevaciones de la zona en formato raster. La información de niveles freáticos fue procesada con ayuda del Software Surfer 9, escogiendo como método de interpolación el kriging por ser el que más se ajustaba a los datos. Esta información se superpone sobre el formato anterior, igual que la demás información requerida por las metodologías GOD y DRASTIC.

### **2.7.1 Ocurrencia del Agua Subterránea (G)**

En la tabla 34 se muestra la calificación y el tipo de confinamiento del acuífero y las condiciones hidrogeológicas presentes en la zona de estudio.

**Tabla 34. Calificación para la condición del acuífero GOD.**

NOMBRE DEL ACUÍFERO	FORMACIÓN GEOLÓGICA	TIPO ACUÍFERO	Calificac
Ígneo-metamórfico fracturado y meteorizado	Neis	No Confinado	1
	Cuarzomonzonita	No Confinado	1
Mesa sedimentaria de Lebrija	Formación Girón	No Confinado	1
Mesa sedimentaria de Ruitoque	Formación Girón	Confinado	0.2
	Formación Tambor	No confinado	1
Bloque sedimentario fracturado Del Piedemonte	Formación Jordán	Confinado	0.2
	Formación Girón	No Confinado	1
Bloque sedimentario fracturado de Palonegro	Formación Girón	No Confinado	1
	Formación Girón	Confinado	0.2
Plataforma sedimentaria de Bucaramanga	Formación Girón	No Confinado	1
Bloque sedimentario fracturado bajos de Ruitoque	Formación Girón	No Confinado	1
Abanico aluvial de Bucaramanga superior	Formación Bucaramanga Miembro Gravoso	No Confinado	1
La Cumbre	Formación Bucaramanga Miembro Órgano	No Confinado	1
Colgado del Norte	Formación Bucaramanga Miembro Órgano	No Confinado	1
Aluvial (Lagos del Cacique)	Formación Bucaramanga Miembro Gravoso	No Confinado	1
Oro Alto	Formación Girón	No Confinado	1
Profundo de Bucaramanga	Formación Bucaramanga Miembro Órgano	No Confinado	1
Valles aluviales de los Ríos de Oro y Frío	Aluvial	No Confinado	1
Q La Iglesia hasta Río Frío	Formación Girón	No Confinado	1

### 2.7.2 Substrato Litológico (O)

Este parámetro es evaluado a partir del grado de consolidación de las rocas y de las características litológicas, se hace una evaluación de los medios no saturados en cada unidad hidrogeológica, además teniendo presente las condiciones de fracturamiento por los

sistemas de fallas, disminuyendo la capacidad de atenuación a los posibles contaminantes, lo que implica asignar una calificación mayor.

En el numeral 2.2.2 se describen todos los parámetros utilizados en esta metodología. Los resultados para la zona aluvial y sedimentaria se presentan en la tabla 36.

### 2.7.3 Profundidad (D)

Para representar la profundidad del nivel freático en las diferentes unidades, se realizó un procedimiento que consiste en realizar una resta entre el modelo digital de elevación del terreno y las superficies generadas para el nivel freático obteniendo así los valores de profundidad de los niveles freáticos.

Para obtener la profundidad del nivel freático en el Acuífero Aluvial Superior de la Formación Bucaramanga, se trabajaron los datos correspondientes a una lista de piezómetros (Gómez, S. 1991). Además se tuvo presente las zonas de afloramientos de agua en las escarpas oriental y norte para definir las cotas del nivel freático igual a la cota de terreno. Este procedimiento se realizó para cada una de las unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio, con la particularidad de que no todas las unidades presentan información suficiente para definir un comportamiento adecuado de la profundidad del nivel freático.

La calificación de la profundidad del agua en los acuíferos, se asigna respecto a su valor ubicándola dentro de los rangos establecidos por la metodología, ver tabla 35.

**Tabla 35. Calificación para profundidades del agua GOD en la zona de estudio**

Profundidad (m)	Calificación
< 5	0.9
5.1 - 20	0.7
20.1 - 100	0.5
> 100	0.3

**Tabla 36. Calificación para el Substrato Litológico GOD.**

<b>NOMBRE DEL ACUÍFERO</b>	<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA</b>	<b>SUBSTRATO LITOLÓGICO</b>	<b>Calificación</b>
Ígneo-metamórfico fracturado y meteorizado	Neis	Ígneas Metamórficas	1
	Cuarzomonzonita	Ígneas Metamórficas	1
Mesa sedimentaria de Lebrija	Formación Girón	Arenisca	0.9
Mesa sedimentaria de Ruitoque	Formación Girón	Limonitas	0.7
	Formación Tambor	Arenisca	0.9
Bloque sedimentario fracturado Del Piedemonte	Formación Jordán	Jordán (Jj)	0.6
	Formación Girón	Arenisca,	0.9
Bloque sedimentario fracturado de Palonegro	Formación Girón	Limo	0.8
	Formación Girón	Limonitas	0.7
Plataforma sedimentaria de Bucaramanga	Formación Girón	Arenisca	0.9
Bloque sedimentario fracturado bajos de Ruitoque	Formación Girón	gravas y arenas	0.9
Abanico aluvial de Bucaramanga superior	Formación Bucaramanga Miembro Gravoso	gravas y arenas	0.9
La Cumbre	Formación Bucaramanga Miembro Órgano	gravas y arenas	0.9
Colgado del Norte	Formación Bucaramanga Miembro Órgano	gravas y arenas	0.9
Aluvial (Lagos del Cacique)	Formación Bucaramanga Miembro Gravoso	Arenisca	0.9
Oro Alto	Formación Girón	Arenisca	0.9
Profundo de Bucaramanga	Formación Bucaramanga Miembro Órgano	gravas y arenas	0.9
Valles aluviales de Los Ríos de Oro y Frío	Aluvial	gravas y arenas	0.9
Q La Iglesia hasta Río Frío	Formación Girón	Arenisca	0.9

En este caso la calificación va desde 0.9 hasta 0.3 para profundidades mayores de 100. En la región se tienen profundidades que califican en el rango de 20 a 100 (por ejemplo, 30, 40, 50 m), a las cuales se les da una calificación de 0.5.

A continuación se presentan los parámetros encontrados en la zona de estudio, Figura 27 y el mapa de vulnerabilidad para región de estudio según la metodología GOD, Figura 28.

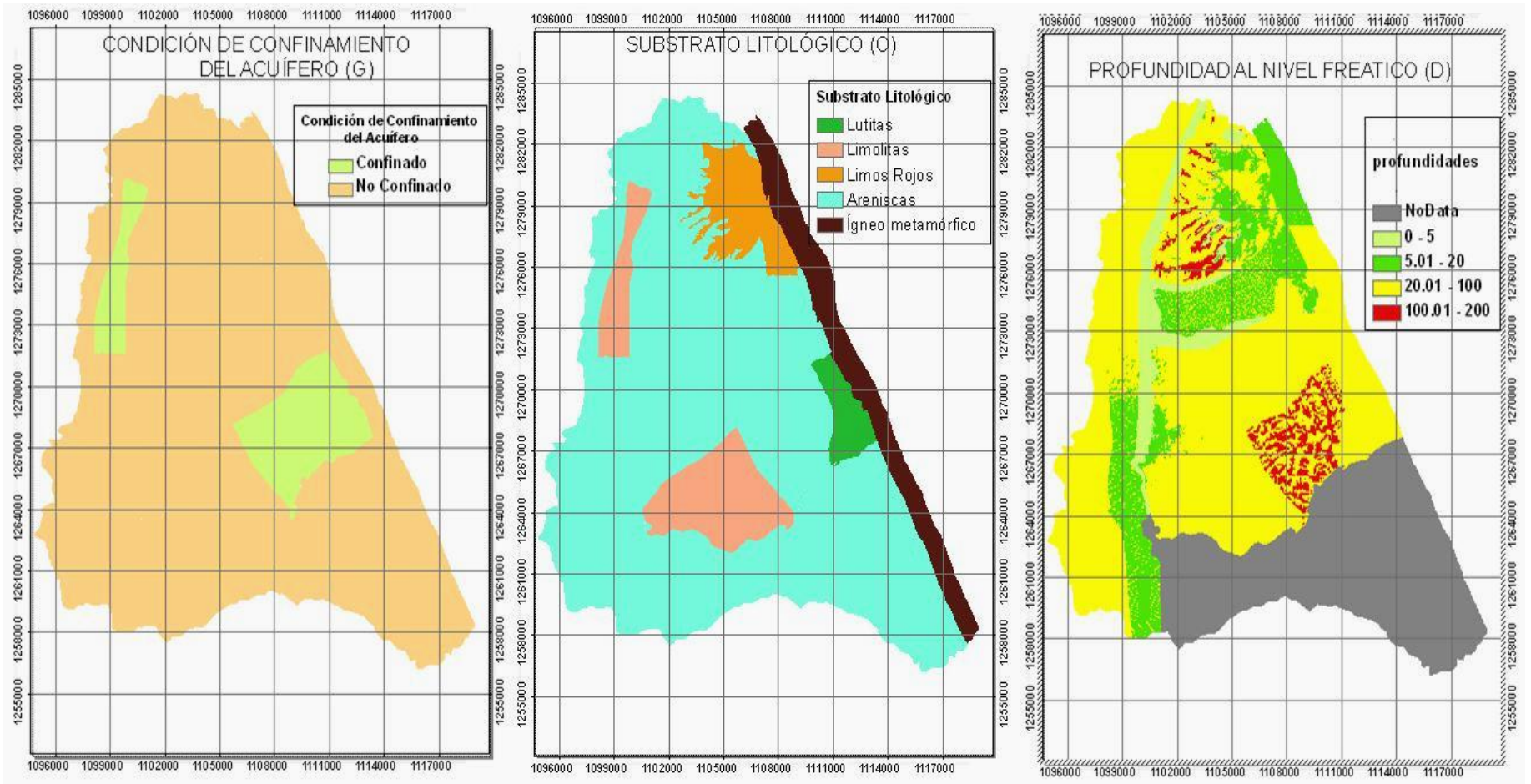


Figura 27. Parámetros Metodología GOD

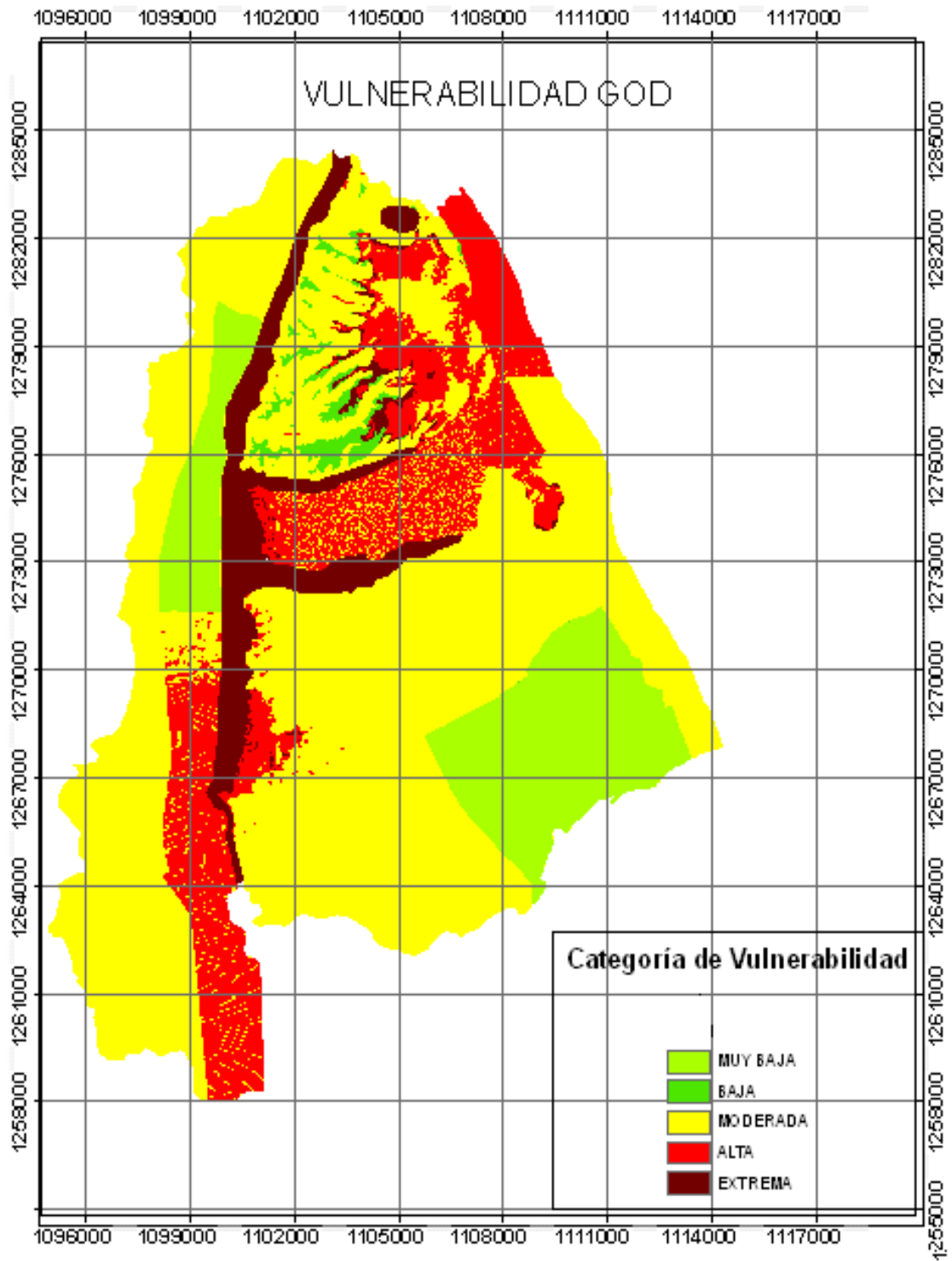


Figura 28. Vulnerabilidad Metodología GOD

## 2.8 Resultados de Vulnerabilidad En La Zona Aluvial Y Sedimentaria

En el área de estudio (incluye Bucaramanga y su área metropolitana) la metodología GOD para evaluación de la contaminación del agua subterránea, abarco todas las categorías de vulnerabilidad, así.

- **Vulnerabilidad extrema:** Se encuentran en esta categoría de vulnerabilidad los valles aluviales de los ríos de Oro y Frío, y Quebrada La Iglesia, el acuífero colgado de la zona norte y parte de las escarpas occidental y norte de la meseta de Bucaramanga, áreas donde la profundidad del nivel freático es poco profunda (menor a los 5 m), esto corresponde a los sitios de afloramientos de aguas (zonas de drenes). También se presentan algunas zonas de vulnerabilidad extrema en el acuífero de la Cumbre. Estas zonas corresponden a acuíferos de condición libre. Estos acuíferos resultan vulnerables a la mayoría de los contaminantes con un impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.
- **Vulnerabilidad alta:** Se evidencia con el paso de la profundidad del nivel freático a un valor mayor de los asumidos por la vulnerabilidad extrema, asimismo combinado con la condición de acuífero libre, esta vulnerabilidad se observa en las áreas del acuífero superior de Bucaramanga, en el paso de la escarpa hacia el área central del acuífero (parte central de la ciudad). Hacia el oriente de la ciudad, en las zonas cercanas al nacimiento de la Quebrada la Iglesia y hacia la zona meteorizada y fracturada de la Falla de Bucaramanga. Los acuíferos de la Cumbre, el Reposo y el área comprendida entre la Q. La Iglesia y el Río Frío. Se incluye aquí una franja hacia el sur occidente, donde se encuentran localizados algunos barrios cercanos a Girón, zona de Palogordo, Llanogrande y demás. Estos acuíferos resultan vulnerables a muchos contaminantes en muchos escenarios de contaminación.
- **Vulnerabilidad moderada:** En la zona de estudio abarca la mayor parte del área, los parámetros de mayor influencia son la condición de acuífero libre y el substrato litológico ya que este último para estas zonas presenta características de buena permeabilidad primaria (Acuífero profundo de Bucaramanga) y permeabilidad secundaria (Ígneo metamórfico Fracturado y meteorizado de Santander, Bloque sedimentario Fracturado bajos de Ruitoque, Bloque sedimentario fracturado de Palonegro, Bloque sedimentario Fracturado del Piedemonte), la categoría de vulnerabilidad moderada, no es exclusiva en algunos casos para todas las unidades mencionadas. Estos acuíferos resultan vulnerables a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados.
- **Vulnerabilidad baja:** El factor predominante es la alta profundidad que presenta el agua subterránea en el acuífero profundo de Bucaramanga, lo cual aparentemente la protege de la contaminación, sin embargo aquí podría estar influyendo también la presencia de algunos paleocanales que pueden facilitar flujos más superficiales, pero que no han sido estudiados con detalle. Estos acuíferos son solo vulnerables a



contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo.

- **Vulnerabilidad muy baja:** El factor que predomina es la condición de acuífero confinado, el cual se presentan en algunas zonas de la formación Girón y Jordán. Sector occidental y sector sur oriental. Sin embargo, esta condición debe ser analizada con cuidado debido a que cuenta con muy poca información.



### 3 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA O CARGA CONTAMINANTE.

En este trabajo se presenta la metodología planteada por Foster e Hirata (1988), para la caracterización de la carga contaminante, como una vía para llegar a la evaluación del peligro a la contaminación del agua subterránea. Esta metodología ha sido recomendada por la Unesco y ha sido utilizada en programas de protección de la calidad del Agua Subterránea tanto en países de Sur América y como en diferentes regiones de Colombia.

Para la aplicación de esta metodología, se utilizará la información recolectada de todas las actividades potencialmente generadoras de carga contaminante en el agua subterránea, la información utilizada fue obtenida a través de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), principalmente desde los Planes de Ordenamiento; sin embargo se recolectó otro tipo de información en entidades como el EMPAS, DANE, INGEOMINAS, así como también se obtuvo información de observaciones de campo. En el desarrollo de la metodología se tendrán también en cuenta las características que se presentan en la zona, por encontrarse en un sector montañoso y/o en zonas urbanizadas, lo cual puede presentar ciertas características especiales, raramente incluidas en otros estudios realizados en el mundo.

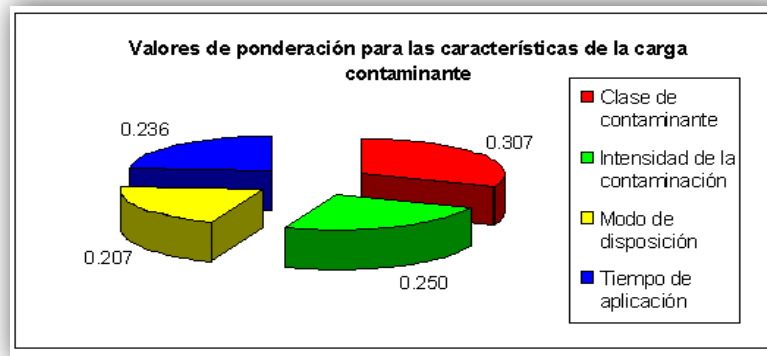
#### 3.1 Metodología para Obtener el Índice de Carga Contaminante.

Teóricamente al aplicar una carga contaminante al subsuelo, generada por una actividad antrópica, esta tiene cuatro características fundamentales: la clase, la intensidad, el modo de descarga y la duración. Idealmente se requiere información detallada sobre cada una de las características anteriores, para todas las actividades potencialmente contaminantes. Por ejemplo estimar concentraciones reales y volúmenes de descarga de contaminante al subsuelo; sin embargo, debido a la gran complejidad, la alta densidad con que se encuentran las fuentes de contaminación, no es fácil obtener concentraciones reales.

La suma de estas características da un valor de índice de carga contaminante (ICC), ver Ecuación (4). Con este índice se evaluara el rango de AMENAZA que genera cada una de las actividades contaminantes. A continuación se relacionan los factores que contribuyen a los productos de la suma.

$$ICC = VRC * CIFC + VRI * CIFI + VRM * CIFM + VRT * CIFT \quad (4)$$

- VRC:** Valor relativo asignado a la clase de contaminante.
- CIFC:** Coeficiente de importancia del factor clase de contaminante.
- VRI:** Valor relativo asignado a la intensidad de contaminación.
- CIFI:** Coeficiente de importancia del factor intensidad del contaminante.
- VRM:** Valor relativo asignado al modo de disposición.
- CIFM:** Coeficiente de importancia del factor modo de disposición. cual la clase de contaminante sera la que presente mayor importancia para el calculo de este índice.



**Figura 29. Valores de ponderación para las características de la carga contaminante.**

FUENTE: Rueda y Ángel, 2004.

Para la clasificación del índice de carga contaminante, se ha decidido tomar la sugerida por Corantioquia (2004), debido a que sus valores numéricos parecen ser razonables. El índice de carga se expresa en rangos de elevado, moderado o reducido, cuyos valores se presentan a continuación.

**Tabla 37. Rangos de Amenaza.**

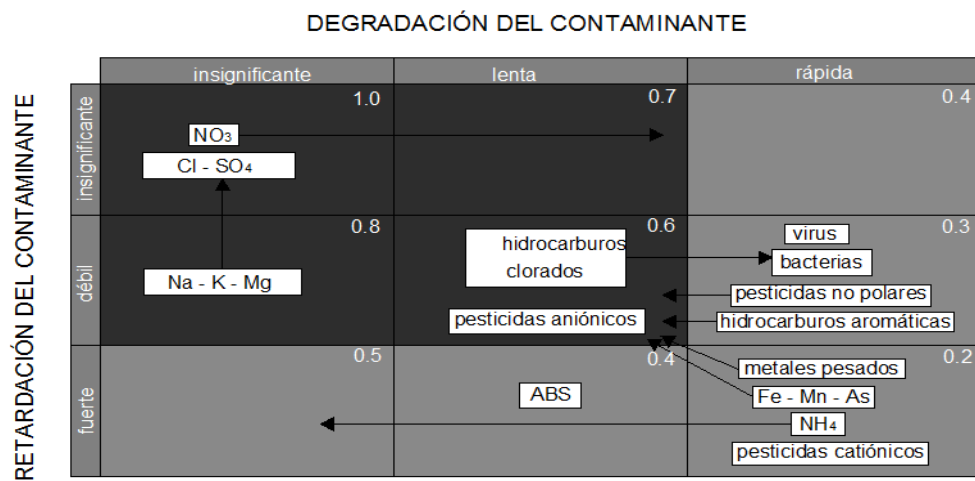
ICC	Elevado	Moderado	Reducido
Rangos	1.0 – 0.61	0.60 – 0.31	0.3 - 0

FUENTE: Corantioquia, 2002.

A continuación se definen las características presentes en las cargas contaminantes, expuestas en la metodología de Foster e Hirata, 1988.

### 3.1.1 La Clase de Contaminante.

Esta puede ser definida por su tendencia hacia la degradación o transformación in-situ, como resultado de actividad bacteriológica o reacción química, y su tendencia hacia el retardo, respecto al flujo de agua subterránea, como resultado de procesos de intercambio de cationes, sorción, etc. (Foster e Hirata, 1988). Como se muestra en la Figura 30, en donde se observa la clase del contaminante, según la degradación (desde insignificante, es decir no se degrada hasta una degradación rápida) y retardación (desde insignificante, es decir actúa rápidamente, hasta una retardación fuerte o actuación lenta) que sufren los diferentes tipos de contaminantes.

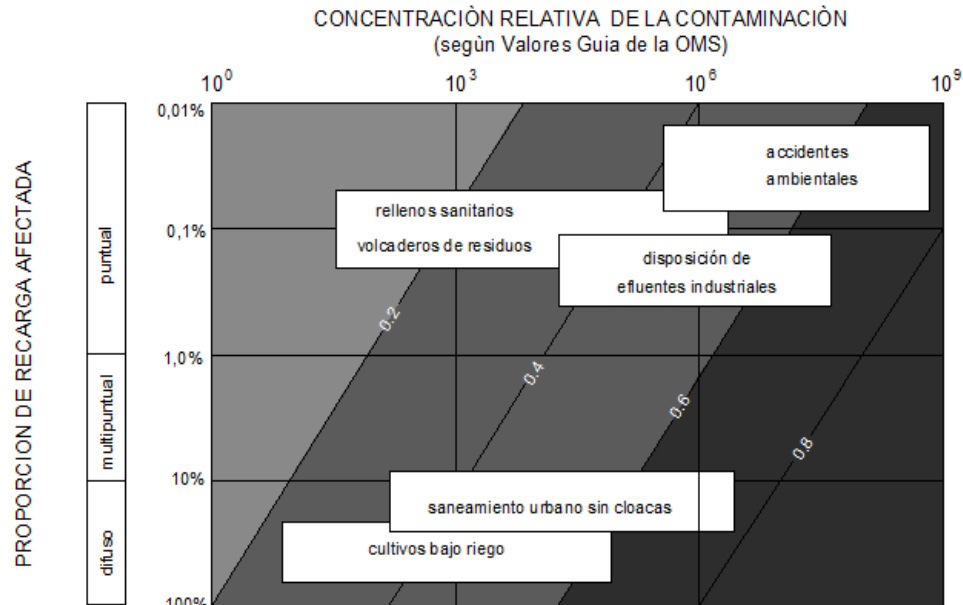


**Figura 30. Clase de contaminante**

FUENTE: Foster e Hirata, 1988.

### 3.1.2 La Intensidad del Contaminante.

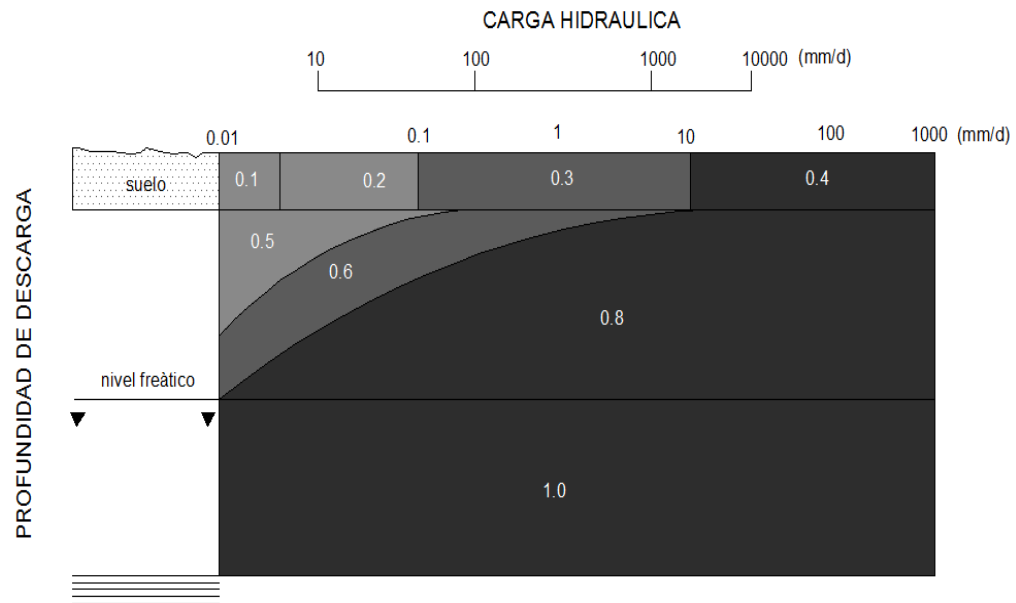
Esta se puede llegar a definir como la concentración relativa de cada contaminante involucrado, por medio de los valores recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud) para la calidad del agua potable, y la proporción de la recarga local del agua subterránea afectada por la contaminación. (Foster e Hirata, 1988). En la figura 31 se ve la relación de la concentración (Valores dados por la OMS) y la proporción de la recarga local del agua subterránea afectada por la contaminación la cual se divide en; contaminación puntual (puntos de contaminación definido y más concentradas), multipuntual (varias fuentes puntuales cercanas entre sí, provocando que la contaminación tienda a realizarse en un área del acuífero) y difusa (afecta un área del acuífero).



FUENTE: Foster e Hirata, 1988.

### 3.1.3 El modo de disposición del contaminante al subsuelo.

Está definida por la carga hidráulica que produce el contaminante, incluyendo infiltración natural de precipitación y la profundidad bajo superficie a la que el efluente es descargado o donde la lixiviación de residuos sólidos ocurre. (Foster e Hirata, 1988). La figura 32. Muestra la relación entre la carga hidráulica y la profundidad de aplicación del contaminante en relación al nivel freático y la zona no saturada. En este caso debe conocerse la profundidad en el suelo a la cual el contaminante se descarga, con relación al nivel freático.

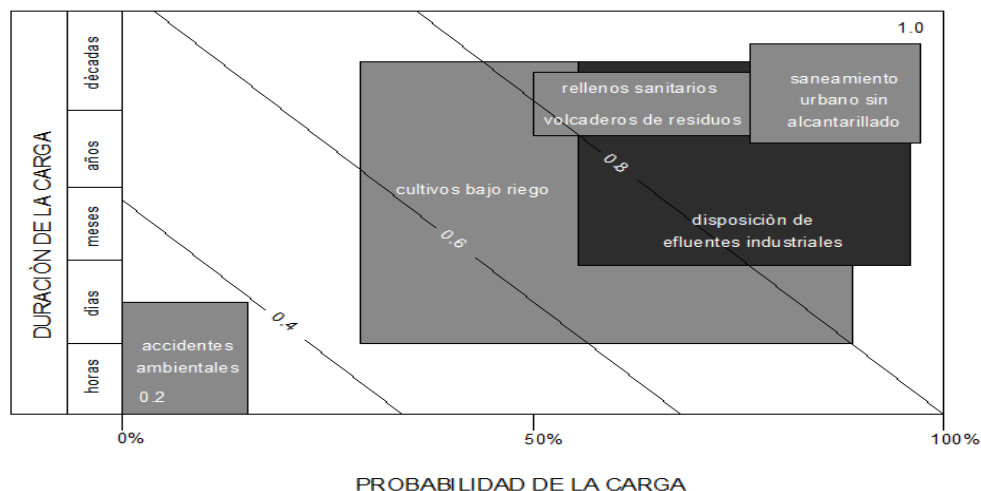


**Figura 32. Modo de disposición del contaminante.**

FUENTE: Foster e Hirata, 1988.

### 3.1.4 Duración de la aplicación de la carga contaminante.

Este se puede definir como la probabilidad de que el contaminante sea descargado al subsuelo, y el periodo de tiempo durante el cual se aplica esta carga. (Foster e Hirata, 1988). En la Figura 33, se presenta un esquema sobre la interacción entre la probabilidad del contaminante de 0% la mínima, a 100% la máxima, y la duración de aplicación del contaminante presentada desde horas hasta décadas.



**Figura 33. Duración de aplicación de la carga contaminante.**

FUENTE: Foster e Hirata, 1988.

Los cuadros de cada una de las características de los contaminantes presentados anteriormente, nos dan el valor relativo para cada una de estas, los cuales se utilizan en la Ecuación (4) para así calcular el Índice de Carga Contaminante (ICC). Este valor se calcula para cada una de las actividades que se presenten en la zona las cuales puedan ser una fuente potencial de contaminación para el recurso hídrico subterráneo, de tal manera es indispensable conocer e identificar todo este tipo de actividades que se puedan encontrar en la zona de estudio.

### 3.2 Discusión y Análisis de la información para evaluación de Amenaza en zona montañosa.

La información de las actividades potencialmente generadoras de contaminación de aguas subterráneas, fue suministrada por entes gubernamentales como la CDMB, Ingeominas, DANE, entre otros. Cabe aclarar que la información analizada en este numeral ha sido obtenida anteriormente para otros estudios como, planes de ordenamiento territorial, estudios hidrogeológicos y otros proyectos que tienen las diferentes entidades, y no directamente con el objetivo de realizar estudios de amenaza a la contaminación del agua subterránea. Sin embargo puede extraerse información importante para este tema y luego correlacionar con observaciones específicas de campo o de otros estudios.

En la Tabla 38 se presentan las primeras actividades contaminantes identificadas a partir de la información disponible, relacionándolas con las descritas en la metodología de Foster e Hirata (1988), como fuentes potenciales de contaminación al agua subterránea. En la tabla se presenta también la fuente de donde se obtuvo dicha información.

**Tabla 38. Actividades generadoras de contaminación puntual en el macizo de Santander.**

ACTIVIDAD	CANTIDAD	FUENTE
POZOS SÉPTICOS	70	Listado de Solicitudes de Pozos Sépticos CDMB, correspondiente a la zona de estudio.
GRANJAS AVÍCOLAS	16	Listado de Solicitudes de Granjas Avícolas CDMB.
GRANJAS PORCÍCOLAS	14	Listado de Solicitudes de Granjas Porcícolas CDMB.
CONCESIÓN SUPERFICIAL USO HUMANO	100	Listado de Solicitudes de Concesiones de Aguas CDMB.
ALMACENAMIENTO O VENTA ILEGAL DE COMBUSTIBLE EN SUPERFICIE		Artículos de Periódico, Vanguardia Liberal, El Tiempo.
GANADERÍA	141	Listado de Solicitudes de Concesiones de Aguas CDMB
MANANTIALES	125	INGEOMINAS-GRUPO GPH (UIS)
CEMENTERIOS	1	Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipio Tona CDMB
VERTIMIENTOS	5	Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) CDMB
ESTACIONES DE SERVICIO	1	Estaciones de Servicio Automotriz Certificadas Ministerio de Minas y Energía

La información disponible fue revisada y analizada para su aplicación en la metodología de evaluación de amenaza en las aguas subterráneas, sin embargo a partir de la revisión de información y salidas de campo se espera identificar y/o complementar información de otras actividades que podrían ser generadoras de contaminación y no han sido identificadas en estudios anteriores.

### 3.2.1 Revisión de la información de Pozos sépticos:

Dentro de la zona de estudio, se encontraron identificados 70 pozos sépticos en la zona rural en el listado otorgado por la CDMB, los cuales se localizan alrededor de la zona de la Falla de Bucaramanga, (cerca de la ciudad de Bucaramanga). Esta información es parcial debido a que, hasta el momento no se tiene información de pozos sépticos en otras zonas rurales del área de estudio. El estudio de inventario de pozos sépticos para toda la zona, se encuentra aún en desarrollo por parte de esta entidad, por este motivo se debe buscar otras formas de incluir esta información. Los pozos sépticos hacen parte del tema de saneamiento de aguas residuales y se deben considerar en este proyecto, debido a que generan nitratos y bacterias que contaminan el suelo y finalmente el agua subterránea.

### 3.2.2 Revisión de la Información Presente de Granjas Avícolas y Porcícolas

Los residuos generados por la cría de aves y cerdos pueden producir lixiviados de excrementos de estos animales, los cuales generan nitratos en grandes cantidades, que son entregados en pequeñas corrientes de agua o directamente en el suelo, luego se infiltran y finalmente llegan a las aguas subterráneas contaminándolas.

La cantidad de residuos sólidos generada por un ave es de 2 kg/semana y la cantidad de residuo generada por un cerdo es de 40 kg/semana. Para comparar, con la ganadería, se considera que un cabeza de ganado produce 21 kg/semana.

**Tabla 39. Producción de estiércol por semana de las Aves, Cerdos y Ganado Vacuno.**

ANIMAL	PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL
Ave	2 Kg/Semana
Cerdo	40 Kg/semana
Ganado	21 Kg/semana

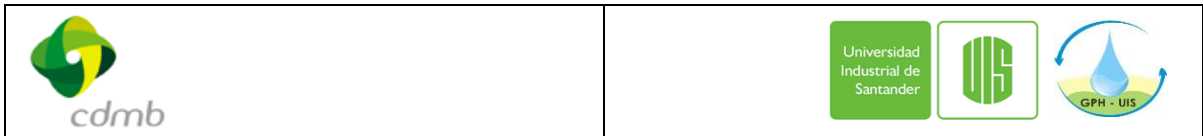
Fuente: [www.fao.org](http://www.fao.org)

En esta zona, la información de granjas avícolas y porcícolas entregada por la CDMB, no presenta localización exacta, ni cantidad de animales por granjas, ni forma de disposición. En este trabajo se localizaron puntos por zonas en las veredas donde se encontraban las granjas avícolas y porcícolas. No existe información de cantidad de animales que permita obtener volúmenes de excremento (nitrógeno producido) para estimar valores de concentración de la contaminación. De tal manera se utilizan valores de concentración estimados en otros proyectos de cargas contaminantes en los que se analiza la actividad ganadera como fuente potencial de contaminación (Gaviria, 2005) para ser utilizados en la evaluación de la amenaza.

### 3.2.3 Información analizada de Almacenamiento y venta ilegal de combustible dispuesto en superficie

En la ciudad de Bucaramanga, especialmente en sitios cercanos a la ciudad situados a lo largo de la carretera a Cúcuta y en algunos barrios de la ciudad, existe el fenómeno de venta de gasolina ilegal, la cual es almacenada en forma irregular y por tanto presenta potenciales filtraciones de este combustible en el suelo. Estos focos de contaminación no cuentan con una localización exacta, sin embargo en este estudio se encontraron posibles lugares en donde se presentan depósitos de combustibles almacenados en la superficie, lo cual se hizo a través de publicaciones de noticias hechas en periódicos tanto locales como nacionales (Vanguardia Liberal y El Tiempo). Esta actividad es considerada en este proyecto como Almacenamiento de Combustible en Superficie; el principal contaminante que afecta la calidad del agua subterránea son los hidrocarburos los cuales presentan una retardación





débil y degradación lenta. Esta actividad es poco estudiada en la zona, aunque si reconocida por todos, y se constituye en una fuente de contaminación que debe ser identificada, analizada y evaluado su efecto en profundidad.

### **3.2.4 Información analizada de Actividad de Ganadería Vacuna.**

La actividad ganadera es capaz de generar contaminación a través de la descarga directa de estiércol producido por los animales, el cual a través de procesos de lixiviación se infiltra en el suelo contaminando las aguas subterráneas. Los nitratos producidos por el excremento de estos animales es el contaminante que afecta la calidad del agua subterránea en esta actividad. Según su distribución espacial, la actividad ganadera presenta una proporción de recarga puntual y su concentración relativa dada por la OMS es de 16000 mg/l (miligramos/litro), considerando que un animal genera 21 Kg/semana.

Los sitios identificados con presencia de actividades ganaderas, se realizó mediante las concesiones de aguas superficiales entregados por la CDMB (Ver anexo 3), localizando aquellas concesiones que presentaran como uso de ganadería, esta información se corrobora y complemento a través de las visitas realizadas en campo. (Ver Numeral 3.2.8).

En la propuesta del parque natural y regional andino del rasgón (CDMB, 2009) dentro del capítulo de usos de suelo, se muestran 942.9 Has como zonas de pastizales naturales destinadas al uso de ganadería extensiva, sin embargo el uso de este tipo de ganadería para la zona se ha considerado nulo debido a las condiciones topográficas que se dan en esa región, lo cual se confirmó con las visitas realizadas a la zona. Se requiere mayor información para toda la zona montañosa en los lugares donde se presente este tipo de actividad.

### **3.2.5 Revisión de Información de Saneamiento de aguas residuales.**

Se considera que en la zona de estudio existen viviendas de tipo rural que no disponen de sistemas de alcantarillados y por tanto se realizan descargas de aguas residuales directamente al suelo, generando contaminación causada por los nitratos afectando el suelo y por tanto a las aguas subterráneas. Sin embargo existen viviendas aglutinadas en pequeñas veredas o corregimientos, algunas de las cuales poseen sistemas de alcantarillado y saneamiento.

Según información encontrada por el DANE en el censo del 2005 en las zonas montañosas de los municipios de Floridablanca, Piedecuesta, Bucaramanga y Tona existen alrededor de 11202 viviendas en zonas rurales, las cuales según observaciones de salidas de campo realizadas, las viviendas presentan aguas residuales descargadas directamente al terreno.

En la vereda de Sevilla existen aproximadamente 60 casas, las cuales presentan un pequeño acueducto con dotación para 120 familias, 60 en el centro poblado y 60 en las zonas más rurales. El agua llega por tubería a cada una de las casas y estas no presentan un sistema de alcantarillado (POT Piedecuesta, CDMB, 2003 e Informe de visita, ver anexo 5), las aguas

residuales en estas casas son descargadas al terreno o a pequeños caños los cuales llegan a la quebrada Sevilla.

El número de viviendas rurales suministrado por el DANE, 2005, para los municipios de Tona, Piedecuesta, Floridablanca y Bucaramanga, se utilizó para obtener un número aproximado de viviendas rurales que descargan sus aguas negras directamente al terreno. Se utilizó la aproximación de que, el 80% de la población rural de estos municipios se encuentra en la zona de estudio, y poder referenciarlas espacialmente por municipios para un posterior análisis (ver numeral 3.3.1). En la tabla 4 se presenta el número de viviendas tomadas en cada uno de estos municipios.

**Tabla 40. Población de los Municipios de la Zona de Estudio**

POBLACIÓN-MUNICIPIOS

MUNICIPIO	URBANA	RURAL	TOTAL
Bucaramanga	517286	6826	524112
Floridablanca	250980	10162	261142
Piedecuesta	106960	25720	132680
Girón	130695	19836	150531
Tona	535	6350	6885

Censo 2005, DANE

El municipio de Tona y los corregimientos de Berlín y la Corcova, presentan redes de alcantarillado, los cuales puede ser generadoras de contaminación difusa, debido a posibles fugas en sus tuberías causadas por el deterioro a lo largo de los años y por procesos de percolación de las aguas residuales que pueden llegar hasta los acuíferos. Los nitratos que generan las aguas residuales son la principal amenaza de contaminación dada por este tipo de actividad.

Las redes de alcantarillado que se encuentran en estos municipios, presentan puntos de vertimientos los cuales causan contaminación puntual en los sitios de entrega, en ninguno de estos sitios se realiza tratamiento a las aguas negras, las cuales se descargan directamente a la corriente, generando contaminación por medio de nitratos al suelo. La información recolectada de las redes de alcantarillados y sus puntos de vertimientos, se obtuvo del plan de saneamiento de manejo de vertimientos (PSMV) de Tona y Berlín, suministrado por la CDMB. En la tabla 41 se muestran los 5 puntos conocidos de vertimientos en la zona montañosa. (PSMV de Tona y Berlín, 2009).

**Tabla 41. Puntos de Vertimientos de alcantarillados con las corrientes efluentes.**

Vertimiento	Corriente	Tratamiento	Caudal LPS	Este	Norte
Cabecera Tona	Rio Tona	No	1,49	1122251	1288083
Berlín	Rio Jordán	No	1,36	1132597	1286677
Vereda el Gramal	Quebrada Los Arcos-Rio Tona	No	1,18	1125575	1290071
Vereda golondrinas	Rio Tona	No	0,33	1116761	1285025
Corregimiento La Corcova	Rio Frio	No	1,87	1116538	1280842

FUENTE: Plan de saneamiento y manejo de vertimientos de Tona y Berlín, CDMB, 2009.

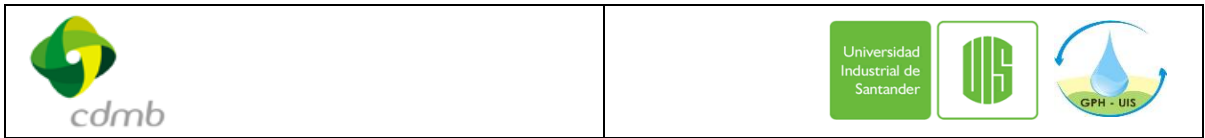
Como se muestra en la información suministrada por la CDMB, en sus planes de manejo de vertimientos (PSMV de Tona y Berlín, 2009), el principal afluente contaminado por los vertimientos de alcantarillados es el río Tona, al cual llegan los vertimientos del municipio de Tona, la vereda el Gramal y el de la vereda Golondrinas, los otros vertimientos del municipio de Berlín y el del corregimiento de la Corcova, descargan al Río Jordán y al Río Frío respectivamente. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos no son los únicos puntos de vertimientos existentes en la región, sino que existe un número mayor y especialmente importante, como son los vertimientos de las viviendas rurales presentado anteriormente.

### 3.2.6 Uso actual de suelo para identificar cultivos agrícolas

Los cultivos agrícolas son considerados como una de las actividades que más genera contaminación al subsuelo debido al uso de abonos, fertilizantes y plaguicidas utilizados para hacer crecer y fructificar las plantaciones. Las prácticas agrícolas producen contaminación difusa generada por nutrientes (especialmente nitratos) y pesticidas. Según Foster e Hirata 1998, más del 75% del nitrógeno total aplicado al suelo puede ser oxidado y lixiviado hacia el agua subterránea o los acuíferos.

La clasificación de suelos para la zona montañosa de la Cuenca Superior del Río Lebrija, se tomó en principio a partir de la información de los Planes de Ordenamiento Ambiental de las microcuencas de Tona, oro alto, frio y lato. La zona del páramo de Berlín se incluyó considerando la información disponible en el estudio del Distrito de Manejo Integrado de Berlín, 2007, el cual presentaba usos actuales de suelos para esta zona.

Sin embargo los Planes de Ordenamiento Ambiental presentaban información no acorde con la realidad, especialmente en la región de Tona, en la cual se presentaban grandes zonas de pastos-cultivos-rastrojos, generando grandes áreas de contaminación al suelo y a las aguas subterráneas. En la cuenca del Río de Oro ocurría lo contrario, los cultivos de



mora que se presentan en la parte alta de esta cuenca no se mostraban en el Plan de Ordenamiento Ambiental, donde según este, existía la presencia de bosques secundarios.

De acuerdo con las sugerencias dadas por la CDMB, se decidió tomar otros estudios disponibles relacionados con el uso actual de suelo para identificar mejor las actividades que generan riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas. El nuevo mapa de usos de suelos utilizado en este trabajo para la zona montañosa, se realizó mediante combinación de información que presentaban los estudios relacionados a continuación:

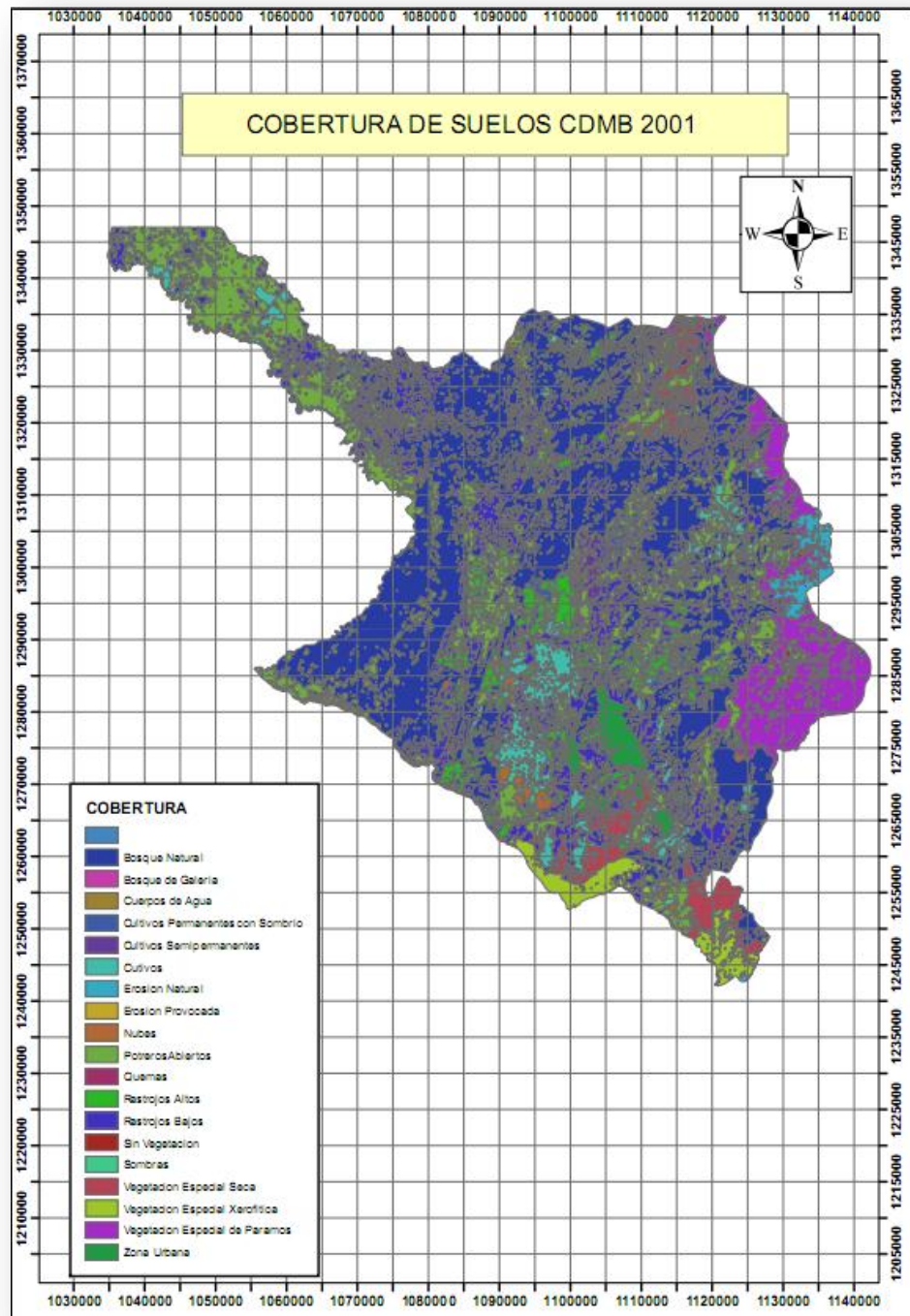
- Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y usos del suelo del área de influencia de la CDMB sobre imágenes de satélite Landsat de los años 1995 y 2001.
- Estudio soporte para la declaratoria de un área protegida cerro la judía, en los municipios de Floridablanca, Piedecuesta y Tona. 2009.
- Propuesta parque natural regional bosques húmedos andinos El Rasgón. 2009.
- Distrito de manejo integral del páramo de Berlín. Usos actuales de suelos. 2007.

A continuación se hará una descripción detallada de las coberturas de suelos que se presentan en cada uno de estos estudios, con el fin de unificarlos y lograr un mapa general de coberturas para la zona de estudio, identificando las zonas de contaminación generadas por cultivos agrícolas.

### **Cobertura de suelos 2001**

En el mapa de coberturas de suelos, realizado por la CDMB a través de satélite Landsat en el 2001, se presenta la cobertura de suelos en toda la zona de influencia de la CDMB, en el cual se observan diferencias con los planes de ordenamiento ambiental (POA), entre otras características se muestra la clasificación que se le da a los Rastrojos, los cuales se dividen como Rastrojos altos y bajos. Se observa la presencia de grandes extensiones de bosques naturales en toda la zona, al igual se presenta en detalle las vegetaciones especiales (vegetación seca, vegetación Xerofítica, vegetación de Paramo) presentando mejores detalles que los Planes de Ordenamiento Ambiental. Ver figura 34.

La leyenda para cultivos agrícolas, presenta tres tipos: cultivos permanentes con sombrero, cultivos semipermanentes y cultivos (esta clasificación no especifica el tipo de cultivo que se maneja). En este estudio de suelo ya no se reflejan las zonas de cultivos-Pastos-Rastrojos que se presentaban en el Plan de Ordenamiento Ambiental en la microcuenca del Tona, de tal manera sus áreas de contaminación se reducirían. En la figura 34 se muestra la cobertura de suelos del 2001 con su respectiva leyenda, en donde se encuentra toda el área de influencia de la CDMB, donde se incluye toda la Cuenca Superior del Rio Lebrija.

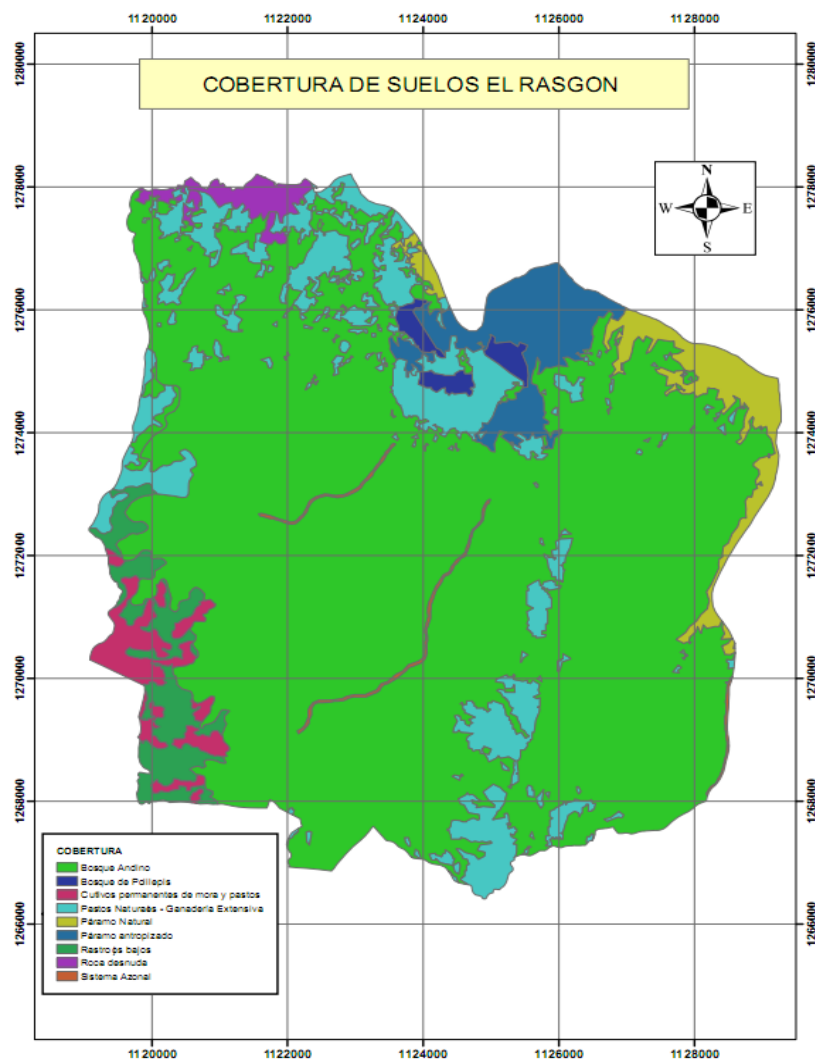


**Figura 34. Cobertura de suelos 2001. CDMB**

FUENTE: Cobertura de Suelos del área de influencia de la CDMB, 2001.

## Cobertura de suelos del parque natural el Rasgón

La cobertura de usos de suelos para el parque el Rasgón ubicada en la parte alta de la microcuenca del río de oro, muestra la presencia de cultivos permanentes de mora, los cuales no eran reflejados en los planes de ordenamiento ambiental y son considerados muy comunes en esta zona. En este estudio se logra observar las grandes extensiones de bosques andinos y las zonas de paramo. Una característica importante de este estudio son las zonas de pastos naturales destinadas para el uso de ganadería extensiva, algo que debido a la topografía de la zona es difícil de presenciar. En la figura 35 se muestra la cobertura de suelos del Rasgón.

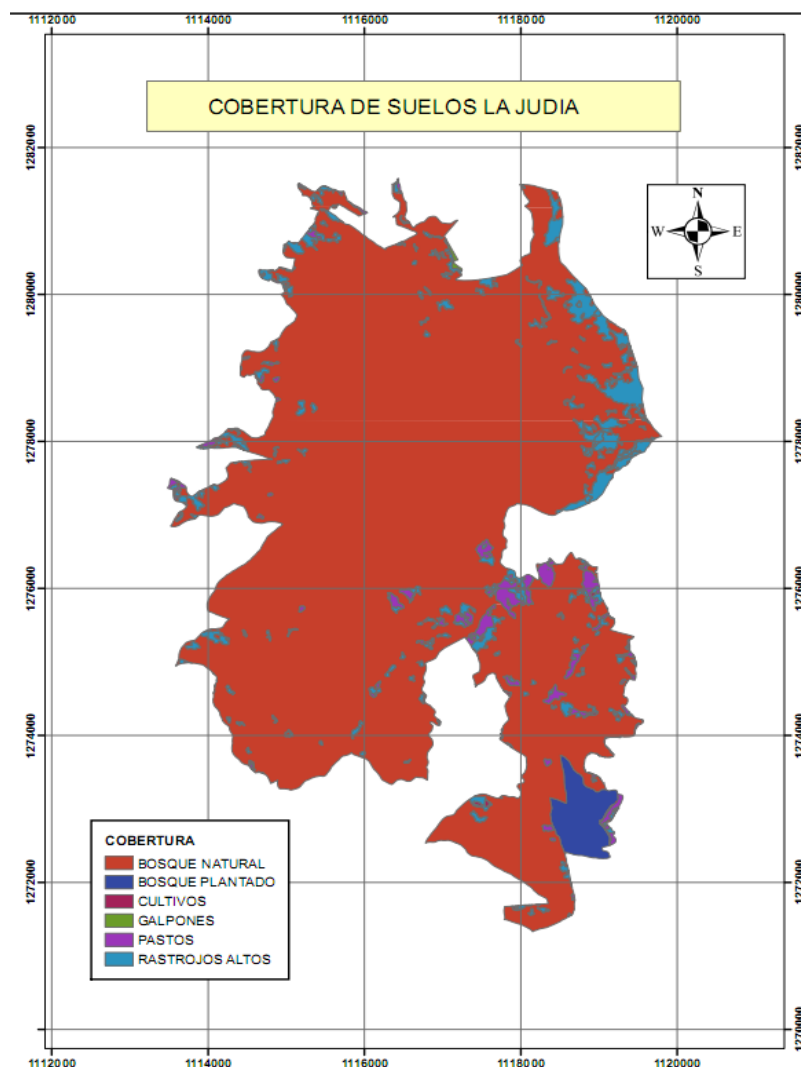


**Figura 35. Cobertura de suelos el Rasgón.**

FUENTE: Estudio del parque del parque natural el Rasgón, CDMB, 2009.

## Cobertura de suelos del parque del cerro la Judía.

El parque del cerro la Judía se encuentra rodeado por grandes zonas de Bosques naturales y pequeñas extensiones de Rastrojos altos, Bosques plantados, Pastos y por una pequeña porción de cultivos. Al igual que en la cobertura de suelos del 2001, la leyenda que se utiliza para cultivos, no expresa mayor información acerca de los cultivos que se muestran en la zona. Algo de resaltar en este estudio es que se muestran los galpones cercanos al corregimiento de la Corcova, información que se confirmó con visitas en campo (Ver numeral 3.2.8), también se identificaron los galpones en donde además se almacenaban bultos de gallinaza. En la figura 36 se muestra la cobertura de suelos en el parque la Judía.



**Figura 36. Cobertura de suelos en el parque natural la judía.**

FUENTE: Estudio del parque natural la judía, CDMB, 2009.

### Cobertura de suelos Distrito de Manejo Integral de Berlín.

En el páramo de Berlín se logra presenciar gran cantidad de zonas con pajonales, regiones de pastos naturales y zonas de cultivos transitorios en los que predomina la cebolla, y más hacia el norte se muestran lugares con cultivos-pastos-rastrojos. La figura 37 muestra la cobertura del DMI de Berlín.

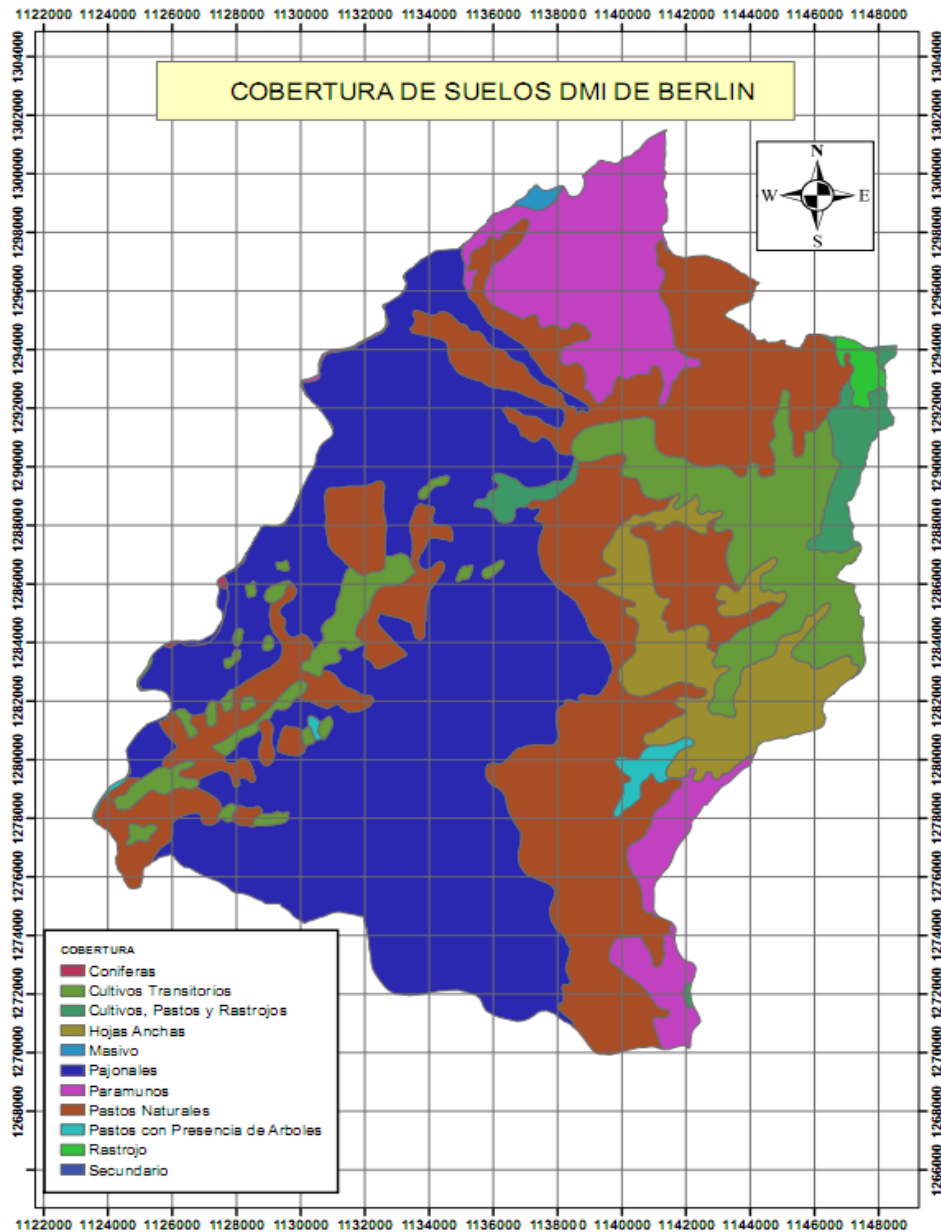


Figura 37. Usos de Suelos DMI de Berlín, 2007.



### 3.2.7 Mapa Final de Cobertura De Suelos.

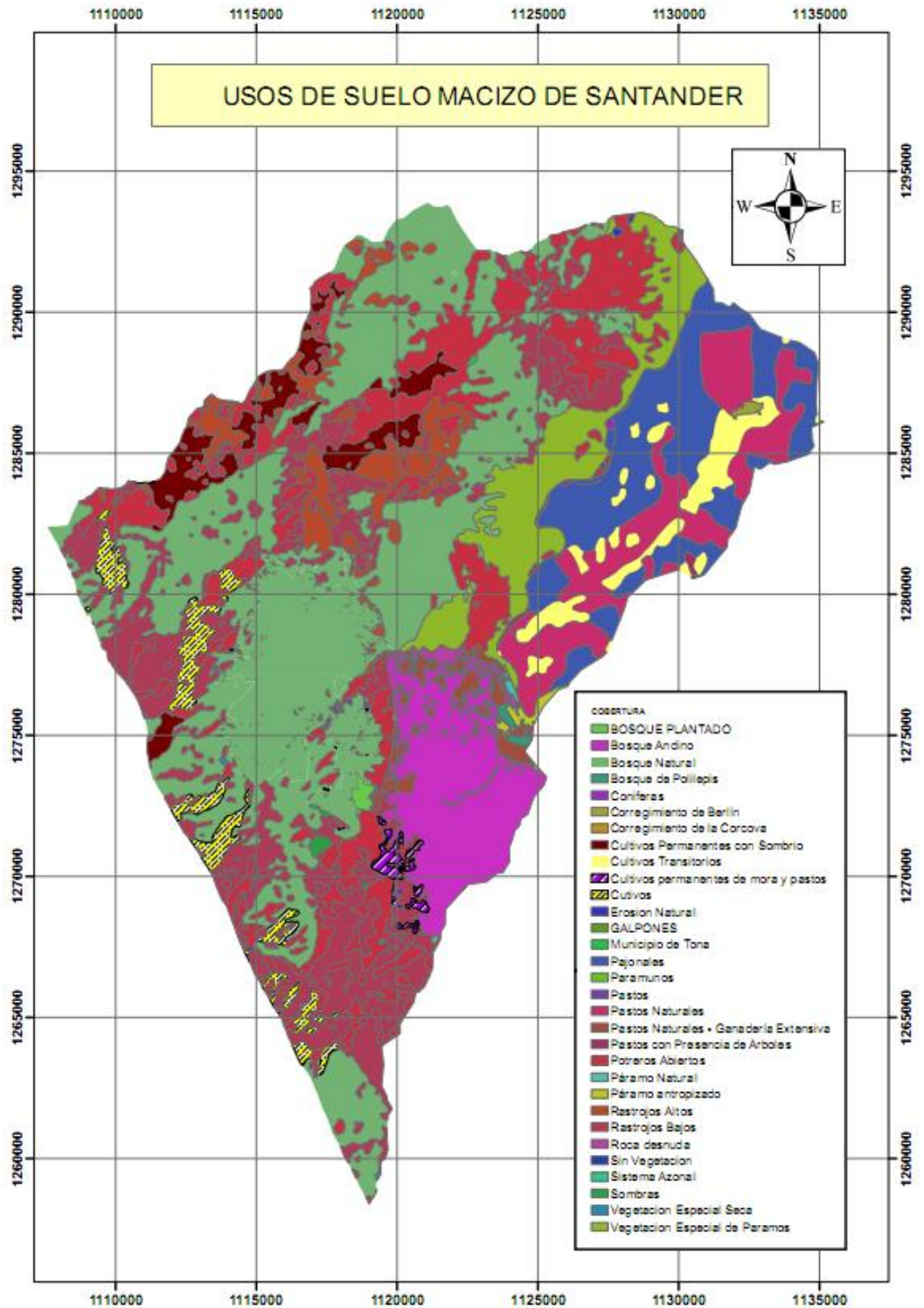
El mapa de suelos en la zona montañosa se conformó finalmente mediante la unión de los cuatro estudios de cobertura de suelos mencionados anteriormente, con el fin de tener una aproximación a la realidad de la distribución de usos de suelos que se presentan en la zona, sin embargo resulta conveniente hacer algunas verificaciones en campo de la veracidad de este mapa, logrando mayores ajustes en el estudio de coberturas de suelos en las microcuencas del oro alto, Lato, Frio, Tona y parte del páramo de Berlín.

Las zonas de contaminación en este estudio están definidas por las regiones de cultivos agrícolas, los cuales contaminan las aguas subterráneas por el uso de fertilizantes generadores de nitratos y el uso de plaguicidas.

El mapa de cobertura de suelos (ver Figura 38) compuesto por los estudios mencionados en los numerales anteriores, presentó las siguientes leyendas para cultivos agrícolas: cultivos semipermanentes con sombrío, cultivos transitorios, cultivos permanentes de mora y zonas de cultivos sin especificación.

Con este mapa de cobertura de suelos, se abarca de una manera más detallada las distintas vegetaciones, bosques y demás usos de suelos que se están presentando en el área de estudio.

En la figura 38 se observa el mapa general de cobertura de usos de suelos de la zona montañosa de la Cuenca Superior del Río Lebrija en la que se muestran las leyendas obtenidas a partir de los estudios anteriores para usos de suelo. La información de este mapa será utilizada en este trabajo para realizar la evaluación de la amenaza.



**Figura 38. Cobertura de usos de suelos Macizo de Santander.**

### 3.2.8 Análisis y Resultados de Actividades Revisadas en Salida de Campo.

La realización de las visitas a la zona de estudio, ayudo a esclarecer algunos detalles de la información recolectada de las entidades, y a su vez ayudo a complementar algunas otras actividades que se pudieron identificar.

El recorrido de las salidas se realizó a través de las siguientes veredas y corregimientos, ubicados en los diferentes municipios de la zona de estudio (Ver Anexo 5):

**Tabla 42. Veredas recorridas durante la visita de campo realizada.**

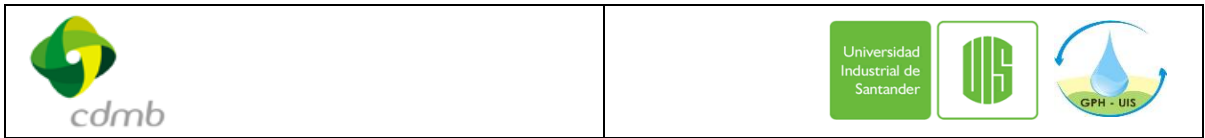
MUNICIPIO DE PIEDECUESTA	MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA	MUNICIPIO DE TONA
Vereda las Vegas.	Vereda Rosablanca.	Corregimiento de la corcova.
Vereda Cristales.	Vereda Vericute.	Corregimiento de Berlín.
Vereda El Rasgón.	Vereda Aguablanca parte alta.	Vereda Juan Rodríguez.
Corregimiento de Sevilla	Vereda San Ignacio.	Veredas Arenales, el Topón, Pescadero, Tembladal, El Gramal, Pitores, Pírgua y Carrizal.

En las visitas realizadas a la zona de estudio, se identificaron nuevas actividades que no se encontraban registradas en la información recolectada. Los nuevos problemas identificados fueron los siguientes:

En la zona de Berlín se encontró en gran porcentaje de cobertura de suelos cultivos de cebolla, por tal motivo se decidió incrementar las zonas de cultivos transitorios en este sector (Ver Figura 39). Esto se logra percibir en las fotos del municipio de Berlín presentadas en el Anexo 3.

En la parte alta de la cuenca del Rio de oro, los cultivos de mora se observan en mayor proporción a lo que se presenta en el estudio del parque natural del Rasgón, igualmente se decidió incrementar el área de cobertura para cultivos permanentes de mora en las veredas las Vegas, Cristales, El Rasgón y Sevilla (Ver figura 39). En el informe de la visita de campo presentado en el Anexo 5 se muestran fotografías de estos municipios donde se observa las zonas con cultivos de cebolla.

Las viviendas encontradas en las zonas rurales presentaban descargas de aguas residuales a la montaña o al terreno, de esta manera se distribuyeron el número total de viviendas rurales presentes en el área de estudio (DANE, 2005), según lo presentado en el numeral 3.2.5, y analizar de manera completa la contaminación presentada por este tipo de descargas. La información de viviendas se obtuvo mediante las encuestas, entrevistas y observaciones realizadas en las diferentes veredas (Ver anexo 5).



El corregimiento de la Corcova realiza descargas al terreno, algo contrario a lo que se observó en los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos en el cual se informaba de un punto de vertimiento en este sector; las descargas se realizan mediante tubos que salen de cada casa del corregimiento descargando sus aguas residuales hacia las dos direcciones de la montaña, drenando hacia la cuenca del río Frio y hacia la cuenca del río Tona (ver anexo 5).

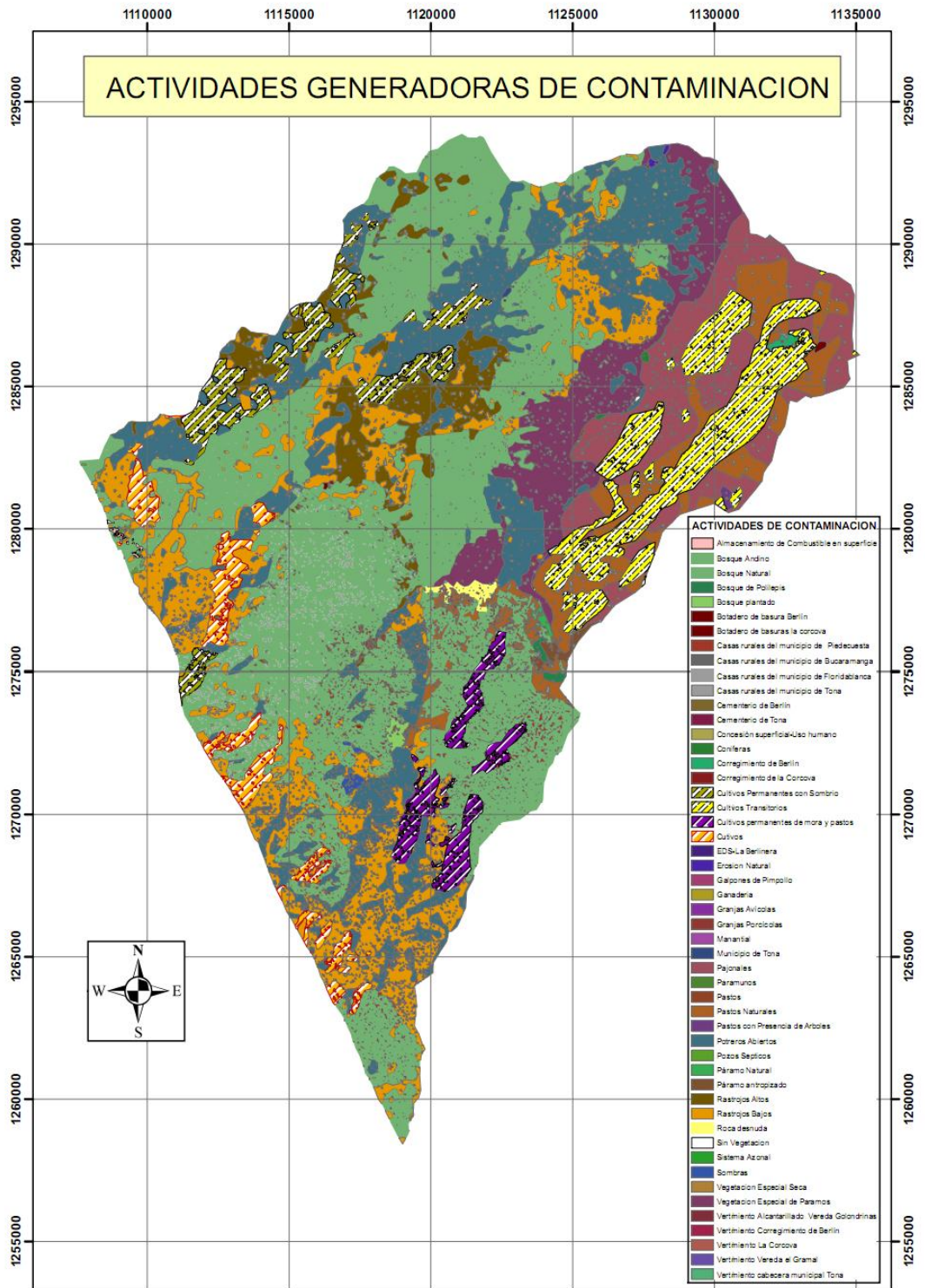
Se identificaron dos botaderos de basuras en el área de estudio, ubicados en los corregimientos de la Corcova y Berlín. El botadero de basuras identificado en la corcova se encontraba a lo largo de la montaña debido a un deslizamiento que se presentó en el lugar, ocasionando que las basuras llegaran hasta el río frío. Por otra parte en Berlín se encuentra un sitio donde se disponen las basuras con el fin de luego ser traídas hacia el Carrasco ubicado en el municipio de Bucaramanga. Ver el registro fotográfico del Anexo 5, muestra los botaderos tanto de la corcova como el del Berlín.

En la cabecera municipal de Berlín se identificó un cementerio el cual no se encontraba registrado en la información recolectada y a su vez se ubicó la estación de servicio la Berlinera, ubicado también en la cabecera municipal de este centro poblado.

Las actividades ganaderas que se presencian en la zona, dan muestra de gran cantidad de cabezas de ganado tanto vacuno, porcino y ovino. Este tipo de actividad refleja la contaminación a las aguas subterráneas por la disposición en la que estos animales realizan a sus residuos sólidos (Estiércol), los cuales en el área de estudio se encuentran dispuestos en potreros y establos, permitiendo que sus lixiviados se infiltren al suelo y de esta forma contaminen el agua subterránea.

Con estas visitas realizadas a la zona de estudio, se ha logrado complementar la información con la que se contaba anteriormente, logrando de tal manera un ajuste más acercado a lo que se presenta a la realidad a lo correspondiente de todas las actividades y sitios que son una potencia de contaminación a las aguas subterráneas.

De acuerdo con la información recolectada, visitas de campo en donde a través de encuestas, entrevistas y observaciones realizadas en la zona, se pudo complementar el mapa de cobertura de suelos de la Figura 38. Se incluyeron todas las demás actividades potencialmente contaminantes en la zona montañosa y se obtuvo el mapa general de actividades generadoras de contaminación que se observa en la Figura 39. Con este mapa se procederá a evaluar la Amenaza en los siguientes numerales.



**Figura 39. Actividades generadoras de contaminación y usos de suelo en el área de estudio.**

### 3.3 Evaluación de Amenaza o Carga Contaminante en la Zona montañosa.

Para la aplicación de la metodología se realizó una clasificación de todas las actividades encontradas en esta zona, dividiéndolas de la siguiente forma.

- Desarrollo Urbano.
- Actividad Pecuaria.
- Cultivos Agrícolas.
- Accidentes Ambientales.

Para cada una de las cuatro actividades presentadas anteriormente se realizó una ramificación, en donde se pudo subdividir en grupos, subgrupos y por últimos categorías, con el fin de caracterizar cada una de estas actividades a través de la metodología de Foster e Hirata (1988).

#### 3.3.1 Índice de Carga Contaminante (ICC) en el Desarrollo Urbano

En el desarrollo urbano, se tienen en cuenta todas aquellas actividades que se desarrollan en zonas residenciales, tanto en zonas rurales como urbanas, observando los sistemas de saneamientos tanto para aguas residuales (Pozos Sépticos, Sistemas de Alcantarillado, Descargas al terreno), cementerios, almacenamiento de combustibles, etc. En la tabla 43 se muestran las categorías a utilizar en el desarrollo urbano.

**Tabla 43. Subdivisión en subgrupos y categorías para el Desarrollo Urbano**

#### DESARROLLO URBANO

GRUPO	SUBGRUPO 1	SUBGRUPO 2	SUBGRUPO 3	CATEGORIA
SANEAMIENTO	Aguas Residuales	Con Sistema de Alcantarillado	Puntos de vertimiento	DU1
			Con Fugas	DU2
		Sin Sistema de Alcantarillado	Pozos Sépticos	DU3
			Descargas a Superficie	DU4
	Residuos Sólidos	Botaderos de Basuras		DU5
CEMENTERIOS				DU6
ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES	En Superficie			DU7
	Enterrados	Estaciones de Servicio		DU8

### 3.3.1.1 Contaminación en sitios de vertimientos de las redes de alcantarillado. DU1

Ninguno de los sistemas de alcantarillados de la zona, realiza tratamiento de sus aguas residuales y son vertidas directamente a ríos y quebradas, lo que afecta directamente las aguas superficiales y por ende las aguas subterráneas debido a la infiltración.

En la zona se encontraron cinco puntos de vertimientos de alcantarillados, en el municipio de Tona, en los corregimientos de Berlín y la Corcova, en las veredas Golondrinas y en el Gramal. La información de vertimientos fue encontrada en los planes de manejo de vertimientos de los municipios de Tona y Berlín, suministrada por la CDMB, 2009.

En la tabla 44 se presentan los valores obtenidos para cada característica del contaminante, y finalmente se halla el valor del índice de amenaza (ICC) que se presenta para este tipo de actividades, calculado mediante la ecuación (4), establecida anteriormente en el numeral 3.1.

**Tabla 44. Caracterización para los puntos de vertimientos. DU1**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Puntos de vertimiento	DU1	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.12</b>	50µg/l, contaminación puntual
			Modo de Disposición	<b>0.40</b>	Carga hidráulica 103.4mm/d, descarga entre superficie y nivel freático
			Duración	<b>0.90</b>	Duración en Décadas y 70% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.63</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.1.2 Contaminación generada por fugas en sistemas de alcantarillado. DU2

En las zonas residenciales con sistemas de alcantarillado, debido al material y el tiempo de funcionamiento que estos presentan, están propensos a la generación de fugas debido al deterioro sufrido a lo largo de los años, y por procesos de percolación las aguas residuales pueden llegar hasta los acuíferos. Dicha situación se presenta para los cascos urbanos del municipio de Tona y los corregimientos de Berlín y la Corcova. El resto de lugares en donde se presenta población y no se encuentran dentro de estos cascos urbanos la disposición de las aguas residuales se hace directa al suelo.

En la tabla 45 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad, y el valor del índice de amenaza (ICC) que se presenta para este tipo de actividades, calculado mediante la ecuación (4), establecida en el numeral 3.1.

**Tabla 45. Caracterización por fugas de Redes de alcantarillados. DU2**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Alcantarillados con fugas	DU2	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.23</b>	50µg/l, contaminación difusa
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Carga hidráulica entre 0.163mm/d, descarga entre superficie y nivel freático
			Duración	<b>0.81</b>	Duración en Décadas y 50% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.62</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.1.3 Contaminación por sistemas de pozos sépticos. DU3

Este sistema de saneamiento, se presenta como fuente potencial de contaminación, debido a la infiltración de lixiviados generados por las fracciones solidas dispuestas en estos lugares. En este tipo de sistemas in situ, el contaminante que se considera como potencia perjudicadora para el acuífero son los nitratos (NO<sub>3</sub>), generados por las aguas residuales.

La información de pozos sépticos encontrados en la zona, fue suministrada por el listado de solicitudes de pozos sépticos de la CDMB y se encuentran todos localizados hacia la zona de Morrorrico, la demás área de estudio no cuenta con esta información, por tanto la amenaza finalmente será subestimada respecto a este tipo de contaminación.

En la tabla 46 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad y el valor del índice de amenaza (ICC) que se presenta.



**Tabla 46. Caracterización para los puntos de vertimientos. DU3**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Pozos Sépticos	DU3	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.20</b>	50µg/l, contaminación Multipuntual
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Carga hidráulica de 0,68 mm/d, descarga entre superficie y nivel freático
			Duración	<b>0.85</b>	Duración en Décadas y 70% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.62</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.1.4 Contaminación de aguas residuales descargadas al terreno. DU4

En el área de estudio se presentan viviendas que no tienen ningún sistema de descarga de aguas residuales, vertiéndolas directamente al terreno, esto no solo puede causar contaminación a las aguas subterráneas sino que también presenta malos olores; la fracción solida de los residuos, en estos puntos permanece en el suelo y es lixiviada progresivamente al subsuelo por infiltración. La identificación de estos puntos de descarga directa, se realizó mediante el listado de concesiones de aguas superficiales entregado por la CDMB (Anexo 3), considerando que las concesiones corresponden a viviendas, esta información se complementó con el censo de viviendas rurales (DANE, 2005) que se encuentran en el área de estudio.

En la Tabla 47 se muestran los resultados de la caracterización, el valor del índice de amenaza (ICC) que se presenta para este tipo de actividades y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 47. Caracterización por descargas directas al terreno. DU4**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Descargas a superficie	DU4	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.16</b>	50µg/l, contaminación puntual
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Carga hidráulica de 0,68 mm/d, descarga entre superficie y nivel freático
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en Años y 100% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.65</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.1.5 Contaminación por botaderos de basuras. DU5

La no adecuada disposición de los residuos sólidos, logra generar un potencial de contaminación alto en las aguas subterráneas, debido a la generación de lixiviados, producto de la descomposición de la materia, y transportados al subsuelo con la ayuda del agua infiltrada, estos son provocados en su mayoría en los rellenos sanitarios y los botaderos a cielo abierto.

Se identificaron botaderos en el corregimiento de la Corcova y en el corregimiento de Berlín.

En la Tabla 48 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad en donde se muestra el índice de amenaza (ICC) y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 48. Caracterización por botadero de basuras. DU5**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Botaderos de Basuras	DU5	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.17</b>	50µg/l, contaminación difusa
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración entre 0.68mm/d y 1.37mm/d Descarga entre la superficie y el nivel freático
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en décadas, probabilidad 100%
			<b>ICC</b>	<b>0.65</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.1.6 Contaminación generada por los restos humanos en los cementerios. DU6

Los cementerios pueden ser una amenaza para la calidad de las aguas subterráneas, si no es controlada adecuadamente, el proceso de mineralización de las partes orgánicas de los restos humanos, propician la formación de olores desagradables y sustancias solubles portadoras de gérmenes patógenos (Espinoza, 2001).

En la zona de estudio se encontraron cementerios ubicados en el municipio de Tona y en el corregimiento de Berlín. En la Tabla 49 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad, el índice (ICC) y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 49. Caracterización de cementerios.DU6**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Cementerios	DU5	Virus y Bacterias	Clase	<b>0.30</b>	Degradación rápida, retardación débil
			Intensidad	<b>0.53</b>	Concentración relativa cercana al orden de $10^7 \mu\text{g/l}$ , contaminación puntual
			Modo de Disposición	<b>0.80</b>	Carga hidráulica 0.68mm/d, descarga cerca al nivel freático
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en Décadas y 100% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.63</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.1.7 Contaminación por almacenamiento de combustible en superficie. DU7

En barrios como Miraflores, Buenos Aires, Morrórico, Balconcitos, Albania y a lo largo de la vía a Bucaramanga-Cúcuta se encuentran ventas de gasolina ilegal; para el almacenamiento de esta, no se tiene en cuenta ninguna medida de seguridad, sino que las almacenan en pisos, paredes, bodegas, y en patios de viviendas. Esta disposición y manejo inadecuado que se tiene con este hidrocarburo, hace más probable que se infiltre al subsuelo alterando enormemente la calidad de las aguas subterráneas.

La ubicación de estas fuentes de contaminación se hizo de manera aleatoria en los barrios identificados en artículos de periódicos, donde se mencionan estos lugares como puntos de comercialización.

En la Tabla 50 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad, el índice (ICC) y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 50. Caracterización por almacenamiento de combustible en superficie.DU7**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Combustibles dispuestos en superficie	DU6	Hidrocarburos	Clase	<b>0.60</b>	Degradación lenta, retardación débil
			Intensidad	<b>0.62</b>	Concentración relativa cercana al orden de $10^6 \mu\text{g/l}$ , contaminación multipuntual
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Carga hidráulica de 0,68 mm/d, descarga entre superficie y nivel freático
			Duración	<b>0.74</b>	Duración en años y 50% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.58</b>	<b>AMENAZA MODERADA</b>

### 3.3.1.8 Contaminación por fugas en tanques de combustible enterrados en estaciones de servicio. DU8

Estas instalaciones manejan grandes cantidades de hidrocarburos en tanques enterrados que no permiten la inspección visual, estos tanques con el paso del tiempo se pueden corroer, después de 20 años la probabilidad de que se presenten fisuras es muy alta lo que puede afectar considerablemente la calidad de las aguas subterráneas. Para nuestra zona de estudio se encuentra una sola estación de servicio “La Berlinera” ubicada en el corregimiento de Berlín. Información obtenida de “Estaciones de Servicio Automotriz Certificadas” del Ministerio de Minas y Energía 2010.

En la Tabla 51 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad, el índice (ICC) y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 51. Caracterización por tanques enterrados de combustibles.DU8**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Estación de servicio	DU7	Hidrocarburos	Clase	<b>0.60</b>	Degradación lenta, retardación débil
			Intensidad	<b>0.42</b>	Concentración relativa cercana al orden de $10^6 \mu\text{g/l}$ , contaminación puntual
			Modo de Disposición	<b>0.60</b>	Carga hidráulica entre 0,01 mm/d, descarga cerca al nivel freático
			Duración	<b>0.55</b>	Duración en Décadas y 5% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.54</b>	<b>AMENAZA MODERADA</b>

### 3.3.2 Evaluación del índice de carga contaminante (ICC) en actividades pecuarias.

En la zona montañosa de las cuencas de los ríos Oro, Frio y Tona, se observa la presencia de granjas porcícolas, avícolas, y actividad ganadera.

Se identificaron gran cantidad de establos y potreros con presencia de ganado vacuno, en donde en algunos casos los excrementos de estos animales eran dejados en el terreno esperando su descomposición y en otros casos estos excrementos son recogidos y amontonados en potreros o establos con el fin de utilizarlos como abono para cultivos.

Al igual que en las actividades de desarrollo urbano, se realizó la subdivisión de categorías teniendo en cuenta la zona de recarga en la que se encontraba cada una de las actividades pecuarias. En la tabla 52, se muestran los grupos, subgrupos y categorías para la actividad pecuaria.

**Tabla 52. Subdivisión en subgrupos y categorías para las Actividades Pecuarias.**

Actividad Pecuaria		
GRUPO	SUBGRUPO 2	CATEGORÍA
<b>GANADERÍA</b>	Descarga al Terreno	AP1
	Excremento como abono	AP2
<b>PORCÍCOLAS</b>	Excremento como abono	AP3
<b>AVÍCOLAS</b>	Excremento como abono	AP4

### 3.3.2.1 Contaminación de actividad Ganadera por descarga directa al terreno. AP1

En muchos potreros encontrados en la zona se presenta excremento de ganado vacuno dispuesto en el terreno el cual no es recogido, este a través de procesos de percolación causado por las lluvias contamina el suelo y de tal manera el recurso hídrico subterráneo. Se considera de contaminación puntual porque esta actividad afectara un punto fijo, (en donde el animal descarga el excremento).

En la Tabla 53 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad, el índice (ICC) y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 53. Caracterización por descargas al terreno de excremento de ganado.AP1**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Ganadería, Descarga al terreno	AP1	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.32</b>	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación puntual.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración 0.68mm/d Descarga Superficial.
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en décadas, probabilidad 100%
			<b>ICC</b>	<b>0.69</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.2.2 Contaminación de actividad Ganadera por almacenamiento de excremento para uso como abono. AP2

La utilización del excremento como abono se presenta en la parte alta de la Cuenca Superior del Rio Lebrija, en donde se recopila el excremento descargado por los animales en potreros o establos, el cual esta propenso a contaminar una pequeña área (donde ésta es recogida), por procesos de percolación y lixiviación producidos por las lluvias.

En la Tabla 54 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad en donde se muestra el índice (ICC) y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 54. Caracterización por almacenamiento de excremento de ganado para uso como abono.AP2**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Ganadería, Excremento como abono	AP2	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.45</b>	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación difusa.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración 0.68mm/d Descarga Superficial.
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en Décadas y 100% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.72</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.2.3 Contaminación por granjas Avícolas y Porcícolas. AP3 y AP4

Las porquerizas y galpones, son una fuente potencial de contaminación para el recurso hídrico subterráneo, esto se da por la recolección de estiércol en estos lugares para ser utilizado como abono, el cual por la manera en que se encuentre dispuesta es susceptible a que sus lixiviados se infiltren a suelo y lo contamine.

En la Tabla 55 se muestran los resultados de la caracterización para esta actividad, el índice (ICC) y el rango de amenaza obtenido.

**Tabla 55. Caracterización por contaminación de granjas porcícolas.AP3**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Porcícolas, Excremento como abono	AP3	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.45</b>	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación difusa.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración 0.68mm/d Descarga Superficial.
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en Décadas y 100% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.72</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

En la Tabla 56 se muestra la caracterización de la contaminación causada por las granjas avícolas mostrando los criterios que se manejan para la evaluación de amenaza, el índice y rango de amenaza que presentan.

**Tabla 56. Caracterización por contaminación de granjas Avícolas.AP4**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Avícolas, Excremento como abono	AP4	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.45</b>	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación difusa.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración 0.68mm/d Descarga Superficial.
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en Décadas y 100% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.72</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.3 Evaluación del índice de carga contaminante (ICC) en zonas de cultivos agrícolas.

Para la zona de estudio, los cultivos agrícolas se presentan en forma extensiva por lo tanto son considerados como una de las actividades con mayor potencial de contaminación. Para este tipo de actividad, la carga hidráulica va a depender de la cantidad de fertilizante y plaguicidas que pueden llegar a ser irrigadas por hectárea de cultivo, y la carga que se infiltra por precipitación. Para fertilizantes, el nitrato toma concentraciones en el orden de 9200µg/L y los plaguicidas toman valores relativos de 5.5µg/L. (Gaviria, J.2007).

En la Tabla 57 se muestran las categorías que se caracterizarán para los cultivos de la zona, la mora, la alverja, el plátano, el café, la cebolla, la naranja, el frijol, entre otros.

**Tabla 57. Subdivisión en subgrupos y categorías de caracterización para los cultivos agrícolas.**

<b>Cultivos Agrícolas</b>	Plaguicidas	CA1
	Fertilizantes	CA2
<b>Silvoagropecuaria</b>	Plaguicidas	CA3
	Fertilizantes	CA4

Para lograr una localización de los sitios en donde se presentaban cultivos, se utilizaron diversos estudios de coberturas de suelos, respaldándolos y complementándolos con salidas de campo. Se caracterizaron las actividades de cultivos agrícolas y el tipo de contaminante para identificar las categorías anteriores.

En los cultivos agrícolas la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, convierten esta actividad como una fuente potencial de contaminación, presentando como principales contaminantes a los nitratos y a los pesticidas.

Se considera que estos presentan una contaminación difusa debido a que este tipo de actividades contaminan un área del acuífero, debido a procesos de fumigación e irrigación a lo largo de grandes porciones de terreno en donde se encuentra distribuido el cultivo.

En la Tabla 58 se muestra la caracterización de la contaminación causada por la utilización de plaguicidas en zonas de cultivos agrícolas, mostrando los criterios que se manejan para la evaluación de amenaza, el índice y rango de amenaza que presentan.



**Tabla 58. Caracterización por uso de plaguicidas en cultivos Agrícolas. CA1**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Cultivos Agrícolas con uso de Plaguicidas	CA1	Plaguicidas	Clase	<b>0.60</b>	Degradación lenta, retardación débil.
			Intensidad	<b>0.20</b>	Concentración relativa cercana al orden de 5.5, contaminación difusa.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración 0.68mm/d Descarga Superficial.
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en años, probabilidad 100%
			<b>ICC</b>	<b>0.53</b>	<b>AMENAZA MODERADA</b>

En la Tabla 59 se muestra la caracterización de la contaminación causada por la utilización de fertilizantes en zonas de cultivos agrícolas, mostrando los criterios que se manejan para la evaluación de amenaza, el índice y rango de amenaza que presenta.

**Tabla 59. Caracterización por uso de fertilizantes en cultivos Agrícolas.CA2**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Cultivos Agrícolas con uso de Fertilizantes	CA2	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.57</b>	Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración 0.68mm/d Descarga Superficial.
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en años, probabilidad 100%
			<b>ICC</b>	<b>0.75</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

En la Tabla 60 se muestra la caracterización de la contaminación causada por la utilización de plaguicidas en cultivos Silvoagrícolas, mostrando los criterios que se manejan para la evaluación de amenaza, el índice y rango de amenaza que presentan.

**Tabla 60. Caracterización por uso de plaguicidas en cultivos Silvoagrícolas.CA3**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Silvoagrícola con uso de Plaguicidas	CA3	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>0.60</b>	Degradación lenta, retardación débil.
			Intensidad	<b>0.20</b>	Concentración relativa cercana al orden de 5.5, contaminación difusa.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Infiltración 0.68mm/d Descarga Superficial.
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en años, probabilidad 100%
			<b>ICC</b>	<b>0.53</b>	<b>AMENAZA MODERADA</b>

En la Tabla 61 se muestra la caracterización de la contaminación causada por la utilización de fertilizantes en cultivos Silvoagrícolas, mostrando los criterios que se manejan para la evaluación de amenaza, el índice y rango de amenaza que presentan.

**Tabla 61. Caracterización por uso de fertilizantes en cultivos Silvoagrícolas.CA4**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Silvoagrícolas con uso de Fertilizantes	CA4	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.57</b>	Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.
			Modo de Disposición	<b>0.30</b>	Carga hidráulica de 0,68 mm/d, descarga entre superficie y nivel freático
			Duración	<b>1.00</b>	Duración en Años y 100% de probabilidad
			<b>ICC</b>	<b>0.75</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.3.4 Evaluación del índice de carga contaminante (ICC) para los accidentes ambientales.

Debido a la diversidad de fauna presente en el macizo de Santander, los manantiales o nacimientos de agua están susceptibles a la ocurrencia de situaciones poco comunes, sin embargo no excluyentes, en los cuales la presencia de animales ya sean vivos o muertos, puede llegar a ser una fuente potencial de contaminación para el recurso hídrico subterráneo.

Para la evaluación del índice de carga contaminante en lugares donde se presentan accidentes ambientales, se ha subdividido en dos categorías, en las cuales se analiza el caso en que un animal muerto caiga dentro de un manantial o nacimiento, y en que algún animal deje caer excremento dentro de estos, en la Tabla 62 se muestran las subdivisiones realizadas para estas actividades.

**Tabla 62. Subdivisión en subgrupos y categorías de caracterización para los accidentes ambientales.**

ACCIDENTES AMBIENTALES			
GRUPO	SUBGRUPO 1	SUBGRUPO2	CATEGORÍA
ACCIDENTES AMBIENTALES	Animales	Animales Muertos	AA1
		Excrementos de Animales	AA2

Los lugares que se han referenciado como posibles sitios de ocurrencia de accidentes ambientales, han sido los manantiales o nacimientos de agua encontrados en el macizo de Santander, esta información se presenta en el capítulo de vulnerabilidad. Para determinar los tipos de accidentes ambientales en la zona se describen las siguientes categorías:

#### 3.3.4.1 Contaminación generada por caída de un animal muerto dentro de una fuente de agua subterránea o manantial. AA1

Esta actividad se considera como accidente, sin embargo se considera de alta probabilidad por la gran cantidad de especies que transitan en la zona y están propenso a caer en fuentes de aguas subterráneas las cuales no tiene ninguna protección contra este tipo de sucesos. Se considera que los animales muertos producen virus y bacterias, convirtiendo estos contaminantes como las principales potencias de contaminación para esta actividad.

En la Tabla 63 se muestra la caracterización de la contaminación causada por la caída o inclusión de animales muertos en fuentes de agua subterráneas o manantiales, mostrando los criterios que se manejan para la evaluación de amenaza, el índice (ICC) y rango de amenaza que presentan.

**Tabla 63. Caracterización por animales muertos en manantiales. AA1**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Animales Muertos	AA1	Virus y Bacterias	Clase	<b>0.30</b>	Degradación rápida, retardación débil.
			Intensidad	<b>0.52</b>	Concentración relativa cercana al orden de $10^8$ , contaminación puntual.
			Modo de Disposición	<b>1.00</b>	Infiltración entre 0.68mm/d y 1.37mm/d Descarga directamente al nivel freático
			Duración	<b>0.82</b>	Duración en días, probabilidad 100%
			ICC	0.62	AMENAZA ALTA

### 3.3.4.2 Contaminación generada por caída de excremento de animales dentro de una fuente de agua subterránea o manantial. AA2

La caída de excremento de animales en manantiales o fuentes de agua subterránea son una potencia contaminante (dada la producción de nitratos que estos producen), se consideran como una fuente de contaminación puntual por la distribución que presentan los manantiales.

En la Tabla 64 se muestra la caracterización de la contaminación causada por la caída o inclusión excremento de animales en fuentes de agua subterráneas o manantiales, mostrando los criterios que se manejan para la evaluación de amenaza, el índice y rango de amenaza que presentan.

**Tabla 64. Caracterización por Excremento de animales en manantiales.AA2**

ACTIVIDAD	CATEGORIA	TIPO DE CONTAMINANTE	CARACTERISTICAS	VALOR	OBSERVACION
Excremento de animales	AA2	NO <sub>3</sub>	Clase	<b>1.00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante
			Intensidad	<b>0.15</b>	50µg/l, contaminación puntual
			Modo de Disposición	<b>1.00</b>	Infiltración entre 0.68mm/d y 1.37mm/d Descarga directamente al nivel freático
			Duración	<b>0.82</b>	Duración en días, probabilidad 100%
			<b>ICC</b>	<b>0.75</b>	<b>AMENAZA ALTA</b>

### 3.4 Evaluación de Amenaza en Zona Aluvial Y Sedimentaria

En la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga se desarrollan actividades principalmente relacionadas con zonas urbanizadas e industriales, las cuales pueden llegar a ser potenciales contaminantes, capaces de afectar la calidad de las aguas subterráneas de esta zona. En este numeral se aplica la metodología de trabajo desarrollada en los numerales del capítulo anterior 2.2.1 y 2.2.3, y se realizó la búsqueda y análisis de información de actividades generadoras de contaminación, así como la caracterización y evaluación de la amenaza a la contaminación del agua subterránea.

Dentro de las fuentes de contaminación difusa se consideran los sistemas de alcantarillados de las ciudades y las actividades agrícolas desarrolladas en las zonas rurales. Dentro de las fuentes de contaminación puntual se distinguen, sistemas de alcantarillados en zonas rurales, disposición de residuos sólidos de las ciudades, posibles infiltraciones desde las estaciones de servicio, los cementerios y las actividades industriales y pecuarias.

#### 3.4.1 Identificación de Principales Actividades Generadoras de Contaminación

La identificación de las actividades generadoras de contaminación al agua subterránea se realizó a partir de la revisión de información disponible, encontrándose que la urbanización, la industria, la disposición de residuos sólidos, los cultivos, la ganadería avícola y porcícola, las estaciones de servicio, entre otras son actividades potencialmente contaminantes, a las cuales se les ajustó un índice y rango de carga contaminante.

### **Zonas Residenciales con Sistemas de Alcantarillados.**

Para las zonas con sistemas de alcantarillado, es indispensable el conocimiento del material del que están hechos estos sistemas (asbesto- cemento, pvc, otros), y el tiempo de servicio de estos debido a que el deterioro con el tiempo de las tuberías pueden generar fugas de aguas residuales y generar procesos de percolación hacia el subsuelo y por tanto hacia los niveles freáticos de los acuíferos. Para el caso de la zona de estudio, donde existen sistemas de alcantarillados fabricados con Asbesto-cemento, es necesario considerar, que para un tiempo de servicio mayor de 20 años, estos se pueden toma como una fuente potencial de contaminación, debido a que el deterioro de los materiales pueden generar fisuras, por ende fugas.

### **Actividades Agrícolas.**

Los cultivos agrícolas, son una de las principales fuentes de generación de contaminación al subsuelo, debido al manejo de plaguicidas y fertilizantes que se utilizan para estos sitios. Los fertilizantes en especial, son los que proporcionan más contaminación al suelo, por la cantidad de nitratos que estos pueden llegar a generar.

En esta clase de actividades, el mayor generador de carga contaminante son los conocidos como monocultivos, los cuales se presentan en algunas áreas rurales de la zona de estudio, generando mayor contaminación.

### **Zonas residenciales sin sistemas de alcantarillados.**

Este estudio es referido a todas las zonas habitadas por el hombre, sin presentar un sistema de alcantarillado pertinente, para el vertimiento de aguas negras. En estos casos, se ve evidenciado un sistema de tratamiento *in situ*, en donde predominan el uso de pozos sépticos, letrinas y zanjas. En estos sistemas se disponen los residuos sólidos o aguas residuales generados en estos puntos los cuales generan infiltración al suelo, los cuales pueden terminar en infiltraciones hacia el acuífero.

### **Disposición de residuos sólidos.**

La no adecuada y segura disposición de los residuos sólidos, logra generar un potencial de contaminación alto en las aguas subterráneas, debido a la generación de lixiviados, producto de la descomposición de la materia y transportados al subsuelo con la ayuda del agua lluvia, estos son provocados en su mayoría en los rellenos sanitarios y los botaderos a cielo abierto.

La principal potencia contaminante en disposición de residuos sólidos, que se encuentra en la zona de estudio es el relleno sanitario “*el Carrasco*”. Ubicado en el municipio de Girón.

### **Estaciones de servicio. (Gasolineras)**

La generación de contaminantes en las gasolineras se puede dar por la manipulación permanente de hidrocarburos que se presentan en estos lugares, los cuales se encuentran en tanques subterráneos, razón por la cual es imposible una inspección visual. Con el paso del tiempo los tanques que contienen los hidrocarburos, llegan a presentar escapes o derrames por corrosión, fracturas o debilitamiento de los materiales utilizados, convirtiendo a estos en una amenaza para la calidad de las aguas subterráneas. Se prevé que la probabilidad de que los tanques con más de 20 años de antigüedad, sea alta, ya que estos son más propensos a sufrir problemas de corrosión en sus estructuras, presentando fugas a menos que reciban un mantenimiento periódico y adecuado. En la zona de estudio la mayoría de estaciones de servicio dicen presentar en sus estructuras, sistemas de doble pared, provocando que la probabilidad de contaminación de estos sitios sea mínima. Sin embargo en la región, no existe, ni supervisión en la construcción, ni monitoreo de calidad de aguas subterráneas o seguimiento de plumas contaminantes.

### **Cementerios**

Los cementerios pueden constituir una seria amenaza para la calidad de las aguas subterráneas, si no es controlada adecuadamente. El proceso de mineralización de las partes orgánicas de los restos humanos, los cuales propician la formación de olores desagradables y sustancias solubles portadoras de gérmenes patógenos. (Espinoza, j (2001)). De acuerdo con esto los potenciales contaminantes en un cementerio son los virus y bacterias. En la zona de estudio se encuentran cuatro cementerios:

- Cementerio central ubicado en el municipio de Bucaramanga.
- Cementerio jardines de la colina.
- Cementerio del municipio de Girón.
- Cementerio del municipio de Piedecuesta.

### **Actividad Industrial.**

La contaminación en las actividades industriales, se encuentran ligadas al manejo inadecuado de sustancias o productos que puedan afectar la calidad de las aguas subterráneas. El sistema de recolección de las aguas industriales, es fundamental en el análisis de los contaminantes potenciales en estos puntos. En la zona de estudio, las industrias en su mayoría se encuentran identificadas y presentan vertimientos a alcantarillados o corrientes superficiales.

En la Tabla 65 se presentan las actividades contaminantes identificadas en la zona aluvial y sedimentaria, a partir de la información disponible. Igualmente estas actividades se relacionan con las actividades descritas en la metodología de Foster e Hirata (1988), como fuentes potenciales de contaminación al agua subterránea. En la tabla se presenta también la fuente donde se obtuvo la información.

**Tabla 65. Actividades generadoras de contaminación puntual en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga.**

ACTIVIDAD	CANTIDAD	FUENTE
POZOS SÉPTICOS	740	Listado de Solicitudes de Pozos Sépticos CDMB, correspondiente a la zona de estudio.
GRANJAS AVÍCOLAS	195	Listado de Solicitudes de Granjas Avícolas CDMB.
GRANJAS PORCÍCOLAS	75	Listado de Solicitudes de Granjas Porcícolas CDMB.
CONCESIONES DE AGUA SUBTERRANEA	75	Listado de Solicitudes de Concesiones de Aguas CDMB.
RELLENO SANITARIO	1	Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipios de Bucaramanga CDMB.
INDUSTRIAS	37	Inventario de vertimientos industriales CDMB.
CEMENTERIOS	4	Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de los Municipios de Bucaramanga, Girón, Piedecuesta y Floridablanca CDMB
VERTIMIENTOS DE ALCANTARILLADOS	31	Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) CDMB
ESTACIONES DE SERVICIO	51	Estaciones de Servicio Automotriz Certificadas Ministerio de Minas y Energía

Las actividades potencialmente generadoras de contaminación puntual se localizaron en la zona aluvial y se pueden observar en la Figura 40.



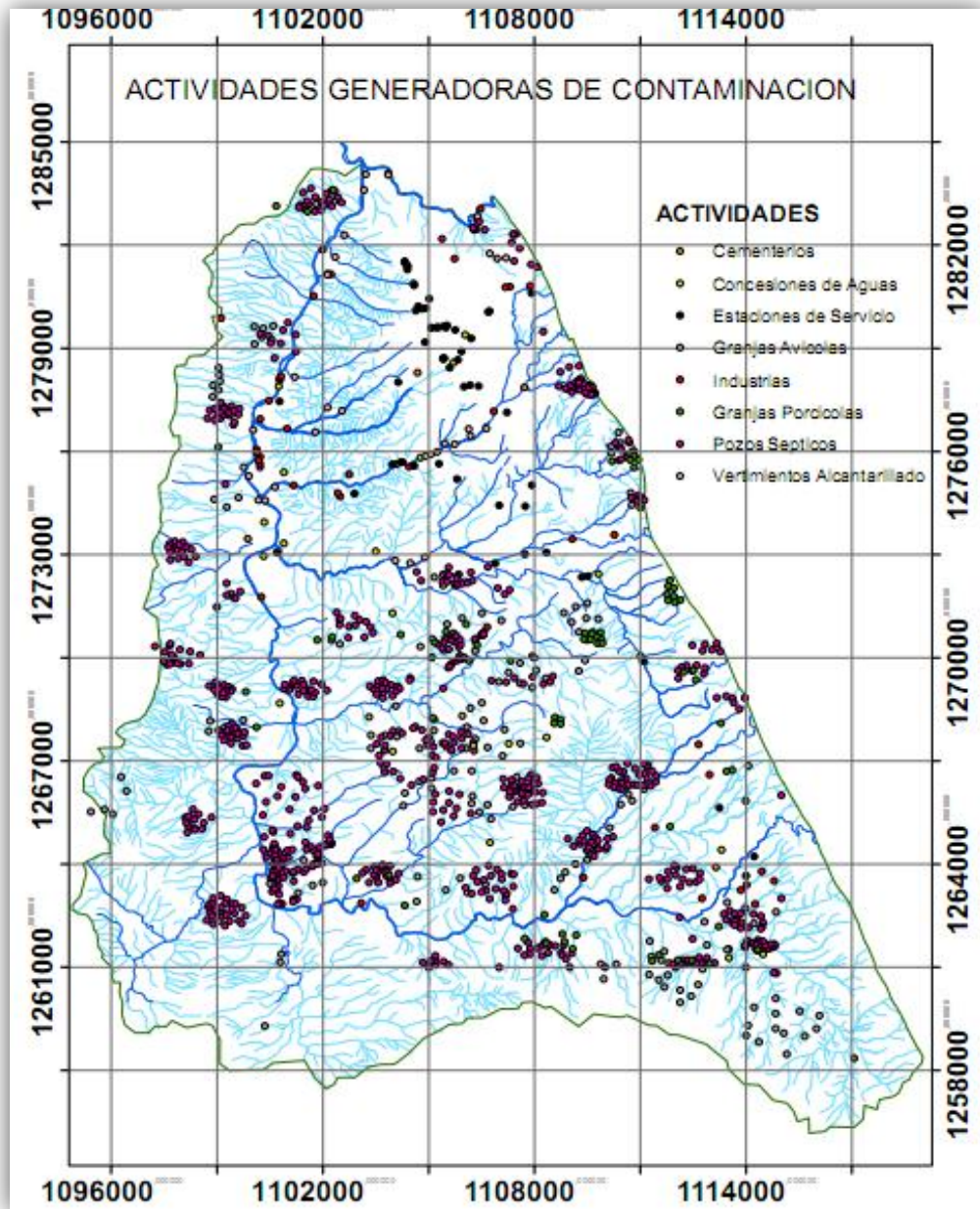


Figura 40. Mapa de Actividades generadoras de contaminación puntual.

### 3.4.2 Caracterización de la carga contaminante en la zona aluvial

Después de realizar la identificación de las actividades que pueden convertirse en una potenciales contaminante de las aguas subterráneas e identificar la localización de estas actividades, se procedió a realizar la caracterización de las cargas contaminantes definiendo su clase, intensidad, modo de disposición y duración de aplicación de la carga.

De acuerdo con la metodología aplicada en el numeral 2.3, se realizó una clasificación de todas las actividades encontradas en la zona de estudio, dividiéndolas en Desarrollo Urbano, Actividad Pecuaria, Cultivos Agrícolas y Accidentes ambientales. Para cada una de las cuatro actividades presentadas anteriormente se realizó una ramificación, en donde se pudo subdividir en grupos, subgrupos y por últimos categorías, con el fin de caracterizar cada una de estas actividades a través de la metodología de Foster e Hirata (1988).

La metodología desarrollada para caracterizar y evaluar la carga contaminante presentada se aplica en esta zona y se obtienen los índices de carga contaminante para cada una de las actividades, en este caso, aparece un grupo más, constituido por las actividades asociadas a la industria, tema importante en la zona aluvial y sedimentaria:

- Desarrollo urbano
- Industrial
- Actividad Pecuaria
- Cultivos agrícolas
- Accidentes ambientales

#### 3.4.2.1 Desarrollo Urbano. (Zonas Residenciales)

La caracterización de la carga contaminante correspondiente al desarrollo urbano (zonas residenciales) se presenta en la Tabla 66, en la cual se observa, la subdivisión de todas las actividades identificadas en la zona de estudio. En los sistemas de alcantarillados se tiene en cuenta aquellos que presentan fugas y alcantarillados con vertimientos que tienen tratamientos de aguas ya sea convencional (PETAR) y no convencional (Estructuras de remoción). También se incluye en el desarrollo urbano, rellenos sanitarios, estaciones de servicios y cementerios.

**Tabla 66. Subdivisión por grupos y categorías del desarrollo urbano.**

DESARROLLO URBANO (Zonas residenciales)						
GRUPO	SUBGRUPO 1	SUBGRUPO 2	SUBGRUPO 3	SUBGRUPO 4	SUBGRUPO 5	CATEGORIA
Saneamiento	Aguas Residuales	Con sistema de alcantarillado	Sin fugas	Alc. Con tratamiento	Convencional	DU1
					No convencional	DU2
				Alc. Sin tratamiento		DU3
				Con fugas		
		Sin sistemas de alcantarillado	Pozos Septicos			DU5
		Residuos Solidos	Rellenos Sanitarios			
Almacenamientos de combustibles	Estaciones de Servicio					DU7
Cementerios						DU8

En la Tabla 67 se muestran los índices de carga contaminante por categorías y los rangos obtenidos. Se señala en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones. El índice es calculado utilizando la metodología del numeral 3.1

**Tabla 67. Caracterización de las cargas contaminantes para el desarrollo urbano en la zona aluvial y sedimentaria.**

DESARROLLO URBANO (ZONAS RESIDENCIALES)											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODOS	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
DU1	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,40	carga hidráulica entre 127,9mm/d y 128,21mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,83	Duración en Décadas y 55% de probabilidad	0,62	ALTO
DU2	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,40	carga hidráulica entre 30,69mm/d y 30,96mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,87	Duración en Décadas y 60% de probabilidad	0,63	ALTO
DU3	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,30	carga hidráulica entre 8,18mm/d y 8,45mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,90	Duración en Décadas y 70% de probabilidad	0,61	ALTO
DU4	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,26	50µg/l, contaminación puntual	0,10	carga hidráulica de 0,01 mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	0,80	Duración en Décadas y 50% de probabilidad	0,58	MODERADO
DU5	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,20	50µg/l, contaminación puntual	0,30	carga hidráulica entre 0,137 mm/d y 0,411mm/d, descarga entre superficie y nivel freático	1,00	Duración en Décadas y 50% de probabilidad	0,66	ALTO
DU6	NO3	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante	0,12	50µg/l, contaminación puntual	0,80	carga hidráulica entre 0,137 mm/d y 0,411mm/d, descarga cerca al nivel freático	1,00	Duración en Décadas y 100% de probabilidad	0,74	ALTO
DU7	Hidrocarburos	0,60	Degradación lenta, retardación débil	0,50	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>-6</sup> µg/l, contaminación puntual	0,60	carga hidráulica entre 0,01 mm/d, descarga cerca al nivel freático	0,50	Duración en años y 5% de probabilidad	0,55	MODERADO
DU8	Virus y Bacterias	0,30	Degradación lenta, retardación insignificante	0,52	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>-7</sup> µg/l, contaminación puntual	0,80	carga hidráulica entre 0,137 mm/d y 0,411mm/d, descarga cerca al nivel freático	1,00	Duración en décadas y 100% de probabilidad	0,62	ALTO

### 3.4.2.2 Actividades Industriales.

En las actividades industriales, el tipo de contaminante varía dependiendo el tipo de actividad que se desarrolle en cada punto identificado. En la zona aluvial de Bucaramanga se han encontrado 37 puntos potenciales de contaminación (Ver Inventario de industrias, CDMB (2007)), relacionados con actividades industriales, generando contaminación en un área aferente a donde se realizan estas descargas.

En el *Anexo 8* se presenta la tabla de industrias, con su nombre y caudal de vertimiento. En la tabla 68 se realiza la división en subgrupos y categorías de las actividades industriales, realizando esta división por el tipo de industrias identificadas en la zona de estudio.

**Tabla 68. Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Industriales.**

ACTIVIDAD INDUSTRIAL			
GRUPO	SUBGRUPO 1	SUBGRUPO 2	CATEGORIA
Descargue a Corriente	Industria de Alimento	Alimento Animales	AI1
		Productos Lácteos	AI2
		Producc. Y Transformación de Carne	AI3
		Frutas y Hortalizas	AI4
	Industria Embotelladora	Elaboración bebidas alcohólicas	AI5
	Industria Curtidora y Preparadora de cueros		AI6
	Industria de Mante. de vehículos y comercio de combustible		AI7
	Centro de Investigaciones y deportes		AI8
	Alojamientos y Centros culturales		AI9
	Acueducto y Eliminación A.R	Eliminación de Desperdicios	AI10
		Captación de aguas	AI11
	Indus. Constructoras		AI12

Para realizar la caracterización se toman las actividades y categorías presentadas en la tabla anterior.

En la tabla 69 se muestra los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones.



**Tabla 69. Caracterización de las Cargas Contaminantes Para Las Actividades Industriales.**

CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODO	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
AI1	Grasas y Aceites	0,60	Degradación lenta, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 1.32 mm/d y 1.6 mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,60	MODERADO
AI2	Bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>8</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 6.29mm/d y 6.57mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,50	MODERADO
AI3	Grasas y Aceites	0,60	Degradación lenta, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual.	0,40	Infiltración entre 11.18 mm/d y 11.46 mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
AI4	Bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>8</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 2.04mm/d y 2.31mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,50	MODERADO
AI5	Bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,60	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>8</sup> , contaminación puntual.	0,40	Infiltración entre 24.39mm/d y 24.67mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,54	MODERADO
AI6	Metales Pesados	0,20	Degradación rápida, retardación fuerte	0,25	8800 µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre 5.10mm/d y 5.38mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,42	MODERADO
AI7	Hidrocarburos	0,60	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual.	0,30	Infiltración entre 0.99mm/d y 1.27mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,60	MODERADO
AI8	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre .57mm/d y .84mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
AI9	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre 4.87mm/d y 5.54mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
AI10	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre .69mm/d y .97mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO
AI11	Cl	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,40	Concentración entre 10 <sup>3</sup> y 10 <sup>6</sup> , contaminación puntual	0,40	Infiltración entre 351mm/d y 351.37mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en décadas, probabilidad 90%	0,70	ALTO
AI12	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	0,30	Infiltración entre 1.93mm/d y 2.6mm/d Descarga superficial	0,90	Duración en años, probabilidad 90%	0,62	ALTO

### 3.4.2.3 Cultivos Agrícolas:

En esta zona los cultivos agrícolas se presentan en forma extensiva, por lo tanto constituyen una de las actividades con mayor potencial de contaminación. Para este tipo de actividad la carga hidráulica va a depender de la cantidad de fertilizante y plaguicidas que pueden llegar a ser irrigadas por hectárea de cultivo, y la carga que se infiltra por precipitación. Para fertilizantes, el nitrato toma concentraciones en el orden de 9200µg/L y los plaguicidas toman valores relativos de 5.5µg/L. (Gaviria,J.2007). Su probabilidad de contaminación será alta debido a que hacen descargas directas al suelo.

La tabla 70 muestra la subdivisión por tipos de cultivos, y los que usan fertilizantes o plaguicidas, con su respectiva categoría.

**Tabla 70. Subdivisión por grupos y categorías de los Cultivos Agrícolas.**

#### CULTIVOS AGRICOLAS

<i>GRAN GRUPO</i>	<i>GRUPO</i>	<i>SUBGRUPO</i>	<i>CATEGORIA</i>
<b>TIERRAS AGROPECUARIAS MIXTAS</b>	CULTIVOS AGRICOLAS	PLAGUICIDAS	CA1
		FERTILIZANTES	CA2
	TIERRAS AGROP. MIXTAS	PLAGUICIDAS	CA3
		FERTILIZANTES	CA4
<b>TIERRAS AGROFORESTALES</b>	SILVOAGRICOLA	FERTILIZANTES	CA5
		PLAGUICIDAS	CA6

En la tabla 71 se muestran los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones.

**Tabla 71. Caracterización de las cargas contaminantes para los Cultivos Agrícolas.**

CULTIVOS AGRICOLAS											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								ICC	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODOS	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
CA2	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,56	Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,75	ALTO
CA3	Plaguicidas	0,60	Degradación lenta, retardación debil.	0,20	Concentración relativa S.5, contaminación difusa.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,53	MEDIO
CA4	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.		Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,75	ALTO
CA5	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,56	Concentración relativa cercana al orden de 92000, contaminación difusa.	0,30	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	1,00	Duración en años, probabilidad 100%	0,75	ALTO

#### 3.4.2.4 Actividades Pecuarias:

En la zona aluvial de Bucaramanga las principales actividades pecuarias que se identifican como potenciales contaminantes, son las granjas avícolas y porcícolas existentes. Las granjas avícolas se pueden clasificar dependiendo del uso y actividad que se realice en estas granjas, ya sea de uso industrial, que es el caso de mataderos y procesadoras de estas especies. En estos casos la principal fuente de contaminación está dada por las grasas y aceites, en estos puntos de contaminación, existen vertederos a corrientes de agua, por tal motivo su carga hidráulica va a estar dada por el caudal de estos efluentes, y el área de afectación de estos puntos también influye la carga por precipitación.

En los casos donde las granjas solo se utilizan en procesos de crías de aves de corral, la contaminación al subsuelo está dada por la cantidad de lixiviados que se presentan debido a la lluvia, el contaminante a analizar son los nitratos (NO<sub>3</sub>). La concentración de nitrato a utilizar, recomendada por la organización mundial de la salud en las actividades pecuarias es de 16000 µg/l, por lo tanto teniendo en cuenta que la cantidad de residuos sólidos generados por un ave es de 2 Kg/semana y su concentración de nitrógeno será del 6%, la probabilidad de contaminación es alta.

En las granjas porcícolas ocurre algo similar que en las granjas avícolas dedicadas a la cría. En estas granjas los residuos generados por los cerdos, generalmente son recolectados con el fin de tratarlo como abono, en este proceso se produce la lixiviación de estos. El valor de concentración recomendado por la organización mundial de la salud es del orden de 16000 µg/l, teniendo en cuenta que un cerdo produce 40 Kg/semana de materia fecal y su porcentaje de nitrógeno será del 5,6%. La probabilidad de contaminación será alta por estar en contacto directo con el subsuelo. En la Tabla 72 se presenta la subdivisión realizada para este tipo de actividad.

**Tabla 72. Subdivisión por grupos y categorías de las Actividades Pecuarias.**

### ACTIVIDADES PECUARIAS

<i>GRAN GRUPO</i>	<i>GRUPO</i>	<i>SUBGRUPO</i>	<i>CATEGORIA</i>
<b>Actividades Pecuarias</b>	Act. Avícola	Industrial	AP1
		Excremento como abono	AP2
	Act. Porcicola	Excremento como abono	AP3

En la Tabla 73 se muestran los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones. Se encuentra que las actividades pecuarias alcanzan rangos de carga contaminante entre moderado a alto.



**Tabla 73. Caracterización de las cargas contaminantes para las actividades pecuarias**

<b>ACTIVIDADES PECUARIAS</b>											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								<b>ICC</b>	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODO	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
<b>AP1</b>	Hidrocarburos	<b>0,60</b>	Degradación lenta, retardación débil.	<b>0,55</b>	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>4</sup> , contaminación puntual.	<b>0,30</b>	Infiltración entre 0.7mm/d y 0.97mm/d Descarga directamente al nivel freático	<b>0,50</b>	Duración en años, probabilidad 20%	<b>0,50</b>	<b>MODERADO</b>
<b>AP2</b>	NO <sub>3</sub>	<b>1,00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante.	<b>0,42</b>	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación multipuntual.	<b>0,20</b>	Infiltración entre 0.07mm/d y 0.21mm/d Descarga superficial	<b>1,00</b>	Duración en años, probabilidad 100%	<b>0,69</b>	<b>ALTO</b>
<b>AP3</b>	NO <sub>3</sub>	<b>1,00</b>	Degradación insignificante, retardación insignificante.	<b>0,42</b>	Concentración relativa cercana al orden de 16000, contaminación multipuntual.	<b>0,30</b>	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga superficial	<b>1,00</b>	Duración en años, probabilidad 100%	<b>0,71</b>	<b>ALTO</b>

### 3.4.2.5 Accidentes Ambientales:

Este tipo de actividades hace referencia aquellos puntos donde se encuentran concesiones de aguas subterráneas. En su mayoría las concesiones son otorgadas a lavaderos de carros y estaciones de servicio, los cuales presentan también el servicio de cambio de aceites y lubricantes. Por lo tanto en este caso las aguas subterráneas tienen un nivel de exposición directa al ambiente en el que se encuentren estos puntos.

Se considera que en el caso de lavaderos de carros, pueden ocurrir derrames de hidrocarburos, o en el caso de fincas, la caída de animales muertos o excremento de animales, pueden convertir ese punto en fuente de contaminación a las aguas subterráneas. Por ende para este tipo de puntos se considera que la probabilidad de contaminación será alta. En visitas realizadas a estos sitios se observó que casi todos los sitios de lavaderos, los pozos no tienen una tapa de aislamiento. En el Anexo 7 se presentan las concesiones de aguas con sus respectivas coordenadas y usos. En la Tabla 74 se presentan las subdivisiones y categorías utilizadas.

**Tabla 74. Subdivisión por grupos y categorías de las actividades pecuarias en la zona aluvial.**

**ACCIDENTES AMBIENTALES**

<i>GRUPO</i>	<i>SUBGRUPO 1</i>	<i>SUBGRUPO 1</i>	<i>CATEGORIA</i>
<b>Accidentes Ambientales</b>	Lavaderos de carros, lubricantes en pozos de bombeo		AA1
	Consumo Humano, Abrevadero.	Animales Muertos	AA2
		Excrementos animales	AA3

En la Tabla 73 se muestran los índices de carga contaminante por categorías, ya establecidas anteriormente para cada actividad, señalando en las observaciones los valores usados en cada una de las caracterizaciones.

**Tabla 75. Caracterización de las cargas contaminantes para los Accidentes Ambientales.**

<b>ACCIDENTES AMBIENTALES</b>											
CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE								<b>ICC</b>	
		CLASE	OBSEVACIONES	INTENSIDAD	OBSEVACIONES	MODOS	OBSEVACIONES	DURACION	OBSEVACIONES	INDICE DE CARGA CONTAMINANTE	RANGO
AA1	Hidrocarburos	0,60	Degradación lenta, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>16</sup> , contaminación puntual.	1,00	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga directamente al nivel freático	0,50	Duración en años, probabilidad 20%	<b>0,65</b>	<b>ALTO</b>
AA2	Virus y bacterias	0,30	Degradación rápida, retardación débil.	0,55	Concentración relativa cercana al orden de 10 <sup>18</sup> , contaminación puntual.	1,00	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga directamente al nivel freático	0,80	Duración en días, probabilidad 90%	<b>0,63</b>	<b>ALTO</b>
AA3	NO <sub>3</sub>	1,00	Degradación insignificante, retardación insignificante.	0,15	50µg/l, contaminación puntual	1,00	Infiltración entre 0.136mm/d y 0.411mm/d Descarga directamente al nivel freático	0,82	Duración en días, probabilidad 90%	<b>0,75</b>	<b>ALTO</b>

A cada una de las actividades identificadas en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga, se aplicó la metodología que se presenta en detalle en el numeral 3.3 donde se presentan los valores para el tipo de contaminante, característica y categoría de cada una de las actividades. En las últimas tablas ya se han evaluado estos valores y se presentan los índices de carga contaminante con el respectivo rango de amenaza.

#### **4 EVALUACIÓN DEL PELIGRO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se evaluará el peligro a la contaminación de las aguas subterráneas debido a las cargas contaminantes identificadas en la región. Las variables que interactúan para calcular el Peligro a la contaminación del agua subterránea, son la Amenaza y la Vulnerabilidad intrínseca. En este caso no se incluye la

Mediante el uso del sistema de información geográfica ArcGIS, se consultaron, manipularon, se asignaron atributos y realizaron operaciones, de datos espacialmente distribuidos. Los mapas en formato Raster de cada una de las variables intermedias como son mapas de suelos, mapas de elevación, de cada una de las características involucradas se obtuvieron mediante el uso del sistema de información, Finalmente se procesó toda la información, y se crearon los mapas de Vulnerabilidad, Amenaza y Peligro para la zona de estudio.

A continuación se definen brevemente las principales variables involucradas para finalmente dar paso a la obtención del peligro a la contaminación del agua subterránea.

##### **Vulnerabilidad intrínseca**

Se ha definido como la propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos o naturales.

En este trabajo la vulnerabilidad se ha evaluado aplicando las metodologías DRASTIC, GOD y PATHS en la zona montañosa, seleccionando finalmente como metodología de vulnerabilidad para el cálculo del peligro, la metodología PATHS.

En la zona aluvial y sedimentaria se aplicaron las metodologías DRASTIC Y GOD, seleccionando finalmente la metodología GOD.

##### **Carga contaminante o Amenaza**

Este término se refiere a la incorporación de sustancias que generan cambios en la calidad del agua afectando la salud del hombre, su calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. En el contexto de las aguas subterráneas, la carga contaminante está constituida por todas aquellas actividades antrópicas, capaces de afectar la calidad del acuífero, tornándolo inaceptable para el consumo humano, afectando la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural del ecosistema. (Henry y Heinke, 1996). Este término toma valores determinados por los llamados índices de carga contaminante (ICC).

## Peligro

El peligro a la contaminación de las aguas subterráneas se ha definido como la interacción entre la carga contaminante (amenaza) y la vulnerabilidad intrínseca que tiene un acuífero a la contaminación (Foster et al., 2002).

El peligro hace referencia a la probabilidad que un acuífero experimente impactos negativos a partir de una actividad antrópica hasta un nivel tal que el agua subterránea se torne inaceptable para el consumo humano. En este concepto no se incluye aun la evaluación del riesgo a la contaminación, el cual debe incluir la evaluación de la vulnerabilidad humana (Betancur, Gaviria, 2010).

### 4.1 Metodología para la estimación del peligro.

El peligro se calcula a partir de los productos que se obtienen de los mapas de Vulnerabilidad y Amenaza, mediante la superposición y multiplicación de sus respectivos rangos.

La matriz de interacción entre el ICC (Índice de Carga Contaminante) y la vulnerabilidad se construyó, cruzando los diferentes atributos de estas dos variables, como se muestra en la figura 76.

**Tabla 76. Matriz de interacción Vulnerabilidad –ICC. (Betancur, 2008)**

Amenaza	Vulnerabilidad				
	E	A	M	B	MB
ICC elevado	E	A	A	M	B
ICC moderado	A	A	M	B	MB
ICC reducido	A	M	B	B	MB

Dónde: Extrema E; Alta A; Moderada M; Baja B y Muy baja MB.

El procedimiento realizado en esta matriz se adaptó a uno de los paquetes de software utilizados, (ArcGIS), para poder, mediante una operación entre mapas superponer la información que se tiene en cada plano, dando como resultado el mapa de peligro. Previamente se asignó un valor numérico a cada índice de amenaza y vulnerabilidad, de la figura 76, dependiendo de su importancia, para así poder ser introducida al ArcGis, como se muestra en la figura 77.

**Tabla 77. Asignación valores para matriz de peligro**

Amenaza	Vulnerabilidad				
	500 <sup>E</sup>	400 <sup>A</sup>	300 <sup>M</sup>	200 <sup>B</sup>	100 <sup>MB</sup>
3 <sup>ICC elevado</sup>					
2 <sup>ICC moderado</sup>					
1 <sup>ICC reducido</sup>					

**Tabla 78. Matriz de peligro para referenciar en ArcGIS.**

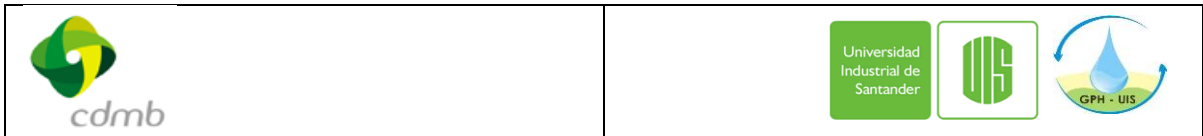
Amenaza	Vulnerabilidad				
	1250 <sup>E</sup>	800 <sup>A</sup>	450 <sup>M</sup>	200 <sup>B</sup>	50 <sup>MB</sup>
3 <sup>ICC elevado</sup>	3750 <sup>E</sup>	2400 <sup>A</sup>	1350 <sup>A</sup>	600 <sup>M</sup>	150 <sup>B</sup>
2 <sup>ICC moderado</sup>	2500 <sup>A</sup>	1600 <sup>A</sup>	900 <sup>M</sup>	400 <sup>B</sup>	100 <sup>MB</sup>
1 <sup>ICC reducido</sup>	1250 <sup>A</sup>	800 <sup>M</sup>	450 <sup>B</sup>	200 <sup>B</sup>	50 <sup>MB</sup>

Además de esto a cada valor de Vulnerabilidad dado se le multiplicó por un factor de ajuste a cada índice dependiendo de su importancia; Ej.: vulnerabilidad MB (Media baja) le correspondió 0.5, al B (Bajo) 1.0, al M (Medio) el valor fue de 1.5, el A (Alto), fue de 2 y el E (Extremo) fue de 2.5, luego se procedió a realizar las operaciones de filas y columnas dando como resultado lo mostrado en la tabla 78.

Con estos parámetros obtenidos mediante la operación en el ArcGIS se definieron los rangos de peligro, como se observa en la tabla 79.

**Tabla 79. Rangos establecidos para la clasificación del peligro.**

Muy Bajo	0-100
Bajo	101-500
Moderado	501-1000
Alto	1001-3000
Extremo	>3000



De acuerdo con la información obtenida por medio de esta matriz, se dieron los resultados de peligro a la contaminación de las diferentes actividades potencialmente contaminantes, bajo un nivel de vulnerabilidad del medio físico (acuífero) donde estas actividades actúan. Como resultado de este análisis se obtuvo zonas con Peligro: Extremo, Alto, Moderado, Bajo, Muy Bajo, según los anteriores rangos establecidos.

## **4.2 Obtención de mapas de amenaza y peligro**

Se presentan los mapas de amenaza y peligro y se analizan los resultados obtenidos en la zona montañosa de los ríos de Oro, río Frio y río Tona, así como los resultados obtenidos en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga. Siguiendo las metodologías propuestas se tienen en cuenta las actividades que generan carga contaminante (amenaza) estudiadas y caracterizadas en el capítulo 3, así como las condiciones de vulnerabilidad estudiadas en el capítulo 2 y finalmente se presentan los resultados obtenidos en el mapa de peligro a la contaminación del agua subterránea.

### **4.2.1 Mapa de Carga Contaminante (Amenaza)**

Para obtener el mapa de amenaza en la zona de estudio, se utilizó la metodología propuesta por Foster e Hirata (1988), en el cual se planteaba la identificación de las actividades que pudieran llegar a convertirse en una fuente potencial de contaminación, para la calidad de las aguas subterráneas, luego se realizó una caracterización de todas estas actividades (numeral 3.3), obteniendo con esto un índice de carga contaminante, el cual es el índice indicador de la amenaza.

El Mapa de amenaza, fue realizado solo con la información suministrada por las entidades, excluyendo otros puntos de contaminación que pueden existir, pero los cuales no presentaron registro.

Con la ayuda de la herramienta computacional ArcGIS 9.3, se hizo la ubicación de todos los puntos y regiones que se presentarían como fuentes potenciales de contaminación, para luego darles el valor de índice de carga contaminante que presenta cada actividad y posteriormente conseguir el mapa de amenaza, según los rangos propuestos en el capítulo 3.

A continuación se presentan los mapas de amenaza o carga contaminante a la contaminación de aguas subterráneas, el cual se realizó en formato RASTER a una escala de 30x30 metros de tamaño de pixel, y se referenció en el sistema de coordenadas MAGNA SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). En estos mapas se presentan las diferentes categorías de amenaza (Baja, Moderada y Alta).

#### 4.2.1.1 Análisis del Mapa de Carga contaminante en Zona montañosa

En el mapa de amenaza a la contaminación del agua subterránea obtenido en la zona montañosa de las cuencas de los ríos de Oro, Frio y Tona, se observan categorías que van desde amenaza alta hasta amenaza baja. Ver Figura 41.

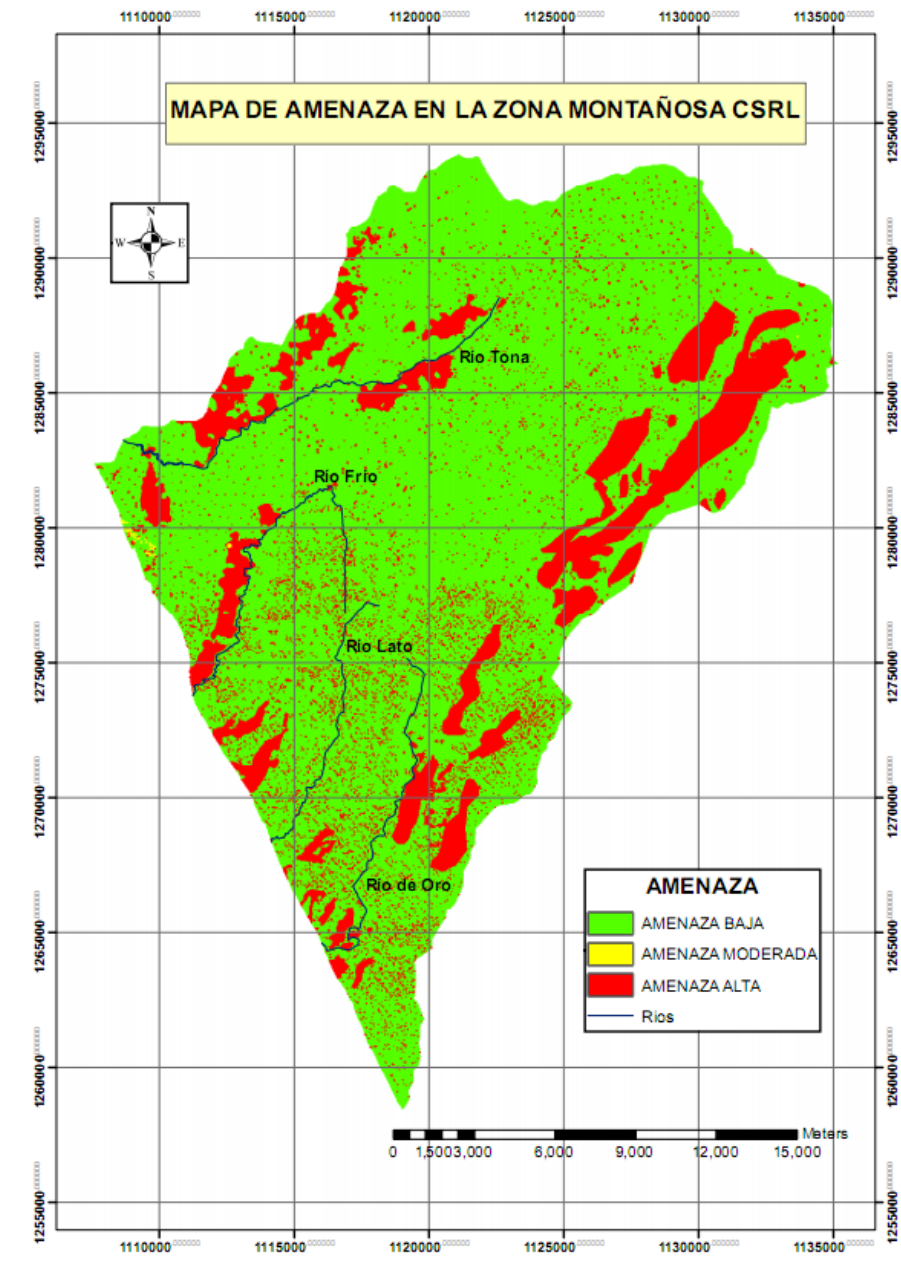
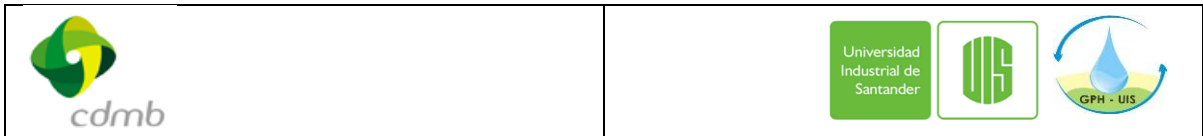


Figura 41. Mapa de amenaza a la contaminación de las aguas subterráneas en la zona montañosa de la CSRL.



Se observan grandes extensiones con amenaza alta en la parte alta de la cuenca del río de Oro y en el sector del páramo de Berlín, originada por la presencia de cultivos transitorios como son los cultivos de cebolla en forma intensiva que se presentan en la región de Berlín y cultivos permanentes de mora predominantes en grandes zonas en la parte alta del río de Oro. Igualmente en la cuenca del río Tona, se observa la presencia de cultivos permanentes con sombrío, en los que se encuentran plátano, naranja, café, entre otros, estos son los principales indicadores de amenaza alta en esta región. La información de los cultivos en la zona montañosa de la cuenca del río Lebrija se hizo mediante los estudios de cobertura de suelos de la CDMB, 2001, el estudio del parque natural el Rasgón, 2009, el DMI de Berlín, 2007, los cuales fueron verificados y ajustados en la cuenca del oro alto y en el páramo de Berlín a través de salidas de campo.

En la zona montañosa de la cuenca del río Lebrija, se encontró que gran parte de la población rural disponen sus aguas residuales al terreno, de tal manera producen una contaminación al recurso hídrico subterráneo, y el rango de amenaza se presenta como alto, en el mapa se observan estas viviendas por la gran cantidad de pixeles rojos que se encuentran a lo largo y ancho de la zona de estudio, observando que la mayor población se presenta en la cuenca alta del río de oro, perteneciendo al municipio de Piedecuesta.

La amenaza alta se logra divisar en diversas actividades de contaminación puntual, en la zona de estudio como lo son; Pozos sépticos, granjas Avícolas y porcícolas, manantiales, los cementerios de Tona y Berlín ubicados en sus cabeceras municipales, ganado vacuno y vertimientos de alcantarillados; aunque estas zonas abarquen sectores pequeños, tienden a que su área de contaminación se incremente debido a que el contaminante es capaz de trasladarse o difundirse en el acuífero, por tal motivo son lugares a los cuales se les debería tener un cuidado especial.

Se han logrado identificar dos botaderos de basuras en los centros poblados de la corcova y Berlín, los cuales al estar dispuestos a lluvias, por percolación e infiltración contaminan el acuífero, estos dos lugares presentaron un rango de Amenaza Alta, contaminando de manera difusa sectores en estos dos centros.

La Amenaza moderada (pixeles amarillos), se presencia en zonas donde se presenta el almacenamientos de combustibles ya sean en superficie o en tanques enterrados, estos lugares se logran divisar en el sector de Morrórico, alrededor de la falla de Bucaramanga, en donde se presenta la venta de gasolina ilegal al igual que en el kilómetro 18, en estos lugares el combustible se almacena en superficie. En el corregimiento de Berlín se presenta una estación de Servicio llamada la Berlinera, el cual presenta tanques subterráneos de almacenamiento de combustible, los cuales están propensos a fugas provocando infiltración del combustible y contaminando el acuífero, este punto presenta Amenaza Moderada.



#### **4.2.1.2 Análisis del Mapa de Carga Contaminante en la Zona Aluvial y sedimentaria de Bucaramanga**

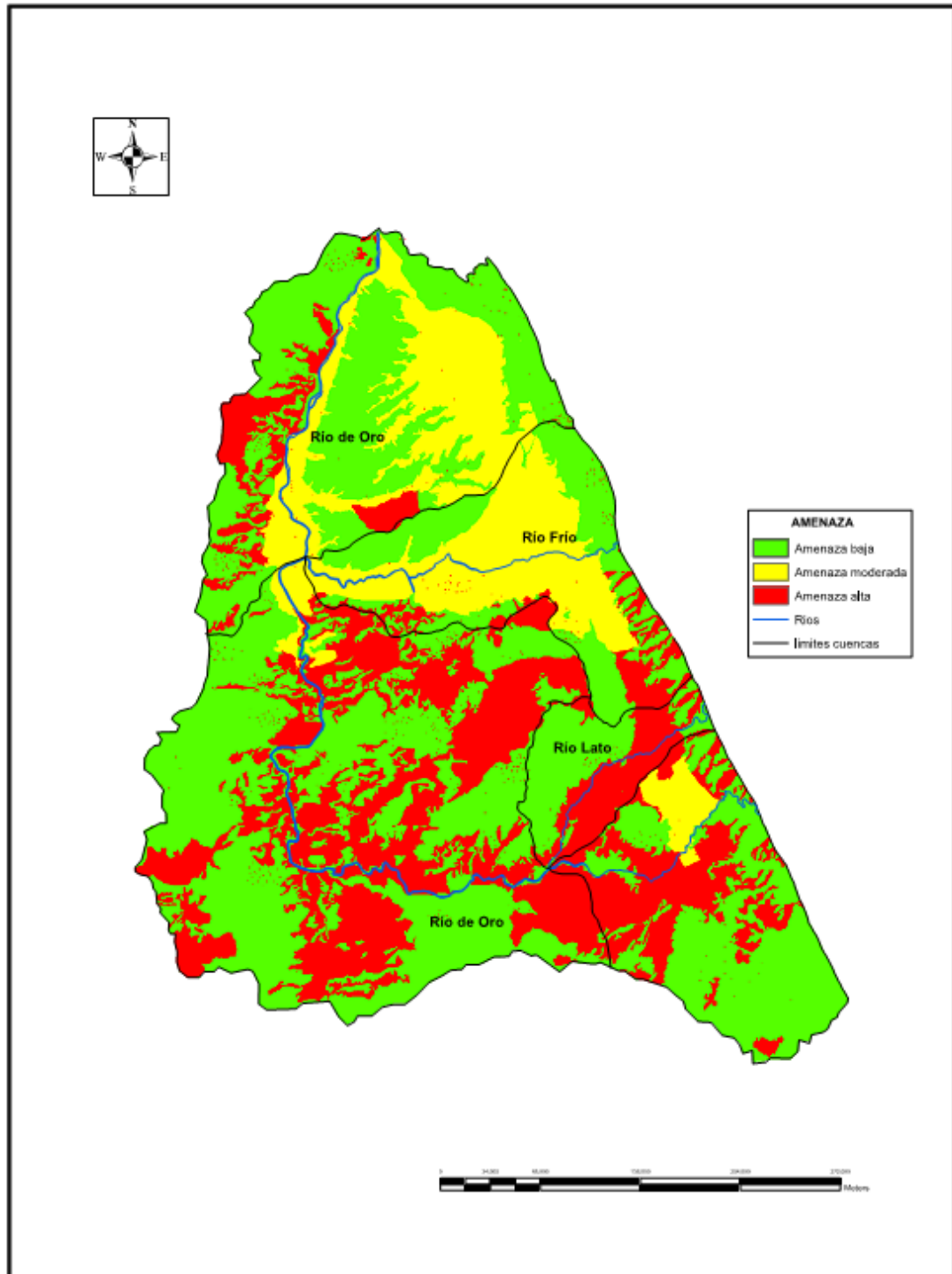
En el mapa de amenaza a la contaminación del agua subterránea obtenido en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga, en el cual se muestran las categorías dadas por su índice de carga contaminante (indicador de Amenaza), Baja, Moderada o Alta. Ver Figura 42.

Las zonas donde se presenta una amenaza alta en áreas extensas, se debe a una contaminación difusa generada por las actividades agrícolas capaces de generar cargas de contaminación alta, por la cantidad de fertilizantes poseedores de nitratos, irrigados a lo largo de estas zonas. Por otra parte las zonas urbanas o residenciales presentan una Amenaza moderada, que es generada por la infiltración que se generan por las fugas causadas por los años de deterioro en los sistemas de alcantarillado, sin embargo en esta zona se logra presenciar pequeños puntos de Amenaza Alta, esto se debe a aquellos lavaderos de carros ubicados en la zona urbana, que presentan concesiones de aguas, los cuales están en contacto directo con el acuífero y se han presentado en este trabajo como actividades generadoras de accidentes ambientales.

En el mapa también se logran observar grupos de puntos con amenaza alta, que son generados por El Relleno Sanitario, El Carrasco, las granjas tanto avícolas (195) como porcícolas (75), sitios de accidentes ambientales (75) y los puntos con pozos sépticos (740).

Una muy buena parte de la zona de estudio presenta amenaza moderada, la cual combinada con vulnerabilidad alta puede llegar a dar peligro alto. Las zonas en donde la Amenaza se presenta como baja también es un área importante y esta clasificación, se debe a que en estos sitios no se tienen identificadas actividades que pudieran generar cargas potencialmente contaminantes.

El Mapa de amenaza, fue realizado solo con la información suministrada por las entidades (CDMB, EMPAS, DANE), excluyendo otros puntos de contaminación que pueden existir, pero los cuales no presentan registro.



**Figura 42. Mapa de Amenaza a la Contaminación del Agua Subterránea Obtenido en la Zona Aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga**

## 4.2.2 Mapas de Peligro a la contaminación del agua subterránea

Los mapas de peligro para cada una de las zonas de investigación, se realizó mediante la interacción o superposición entre los mapas de Vulnerabilidad y Amenaza obtenidos, según metodologías presentadas en el numeral 4.1 de este capítulo. A continuación se presentan los mapas de peligro para cada una de las zonas y se analizan los resultados finales obtenidos. Los mapas se encuentran referenciados en coordenadas Magna Sirgas en pixeles de 30 metros y se presentan en formato Raster, se entregan los mapa en formatos shapes y los mapas físicos se encuentran en el anexo 9.

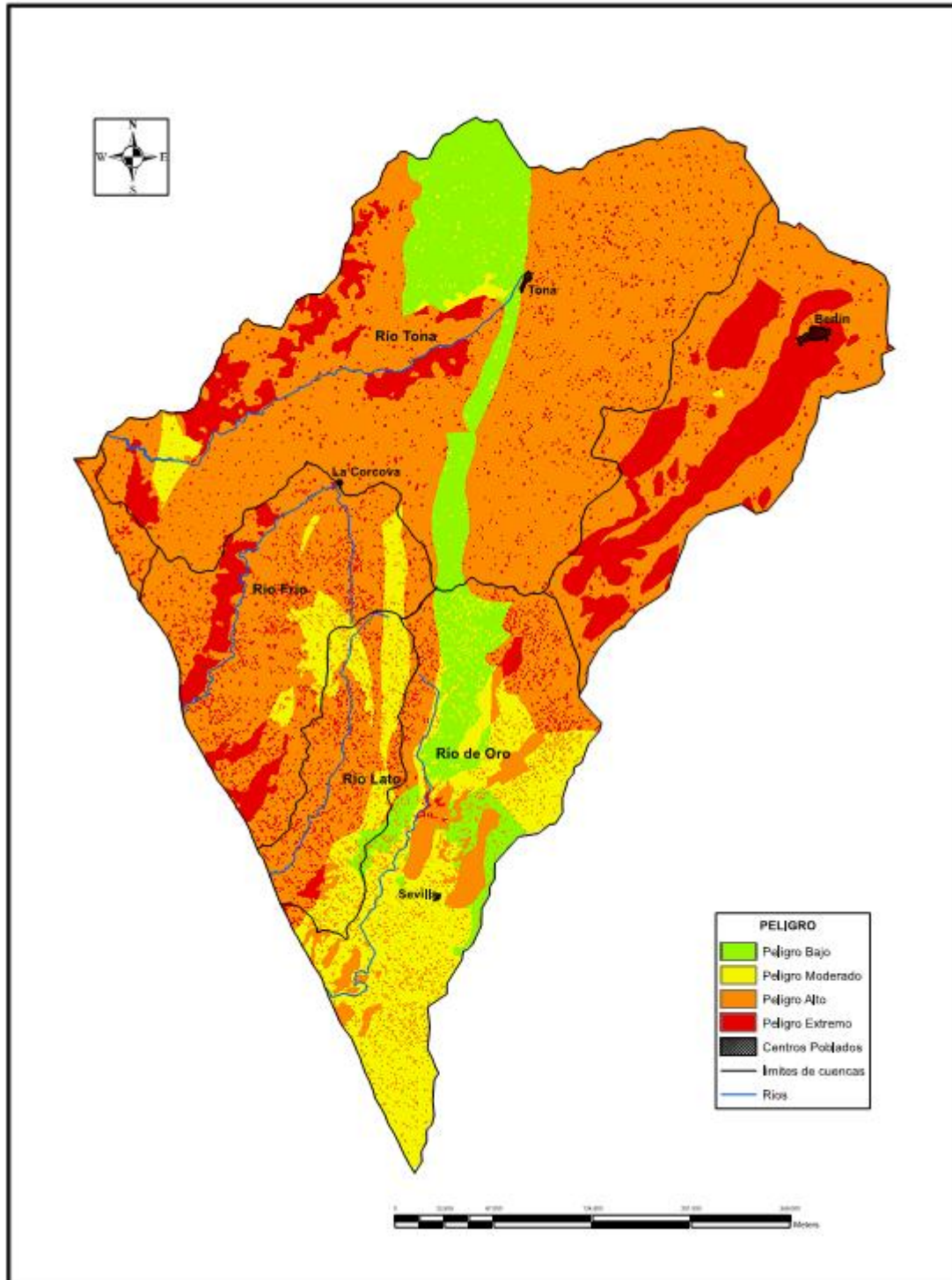
### 4.2.2.1 Análisis del Mapa de Peligro en la zona montañosa.

En esta zona el mapa de vulnerabilidad tomado, fue realizado mediante la metodología PATHS, de acuerdo con la metodología desarrollada en el capítulo 2 de este trabajo. El mapa de amenaza o carga contaminante se obtuvo según metodologías desarrolladas en el numeral 3.3. El ajuste realizado para la clasificación del peligro se hizo mediante la adaptación de la matriz de peligro y técnicas utilizadas en el numeral 4.1

En la figura 43 se muestra el mapa de peligro a la contaminación de las aguas subterráneas en las zonas montañosas de las cuencas del río de Oro, río Frío, río Tona y parte del altiplano de Berlín.

Se identificaron categorías que van desde un Peligro Extremo (color rojo en el mapa) hasta un Peligro Bajo (color verde en el mapa). En las zonas donde el peligro es extremo, se presentan actividades potencialmente generadoras de contaminación las cuales muestran Amenaza Alta y además en estos sitios la Vulnerabilidad es Extrema.

Se presentan grandes zonas de Peligro Extremo causado por cultivos agrícolas, que se encuentran en lugares donde los niveles freáticos son menores a los 5 metros y la vulnerabilidad es mayor, como son el altiplano de Berlín y algunas laderas donde se localizan un número importante de manantiales o nacimientos de aguas. Además se logran divisar pequeños pixeles a lo largo y ancho del área de estudio, causados por las actividades puntuales que en su mayoría se deben a viviendas rurales en las cuales se realizan descargas de aguas residuales directamente al terreno; las actividades ganaderas, las granjas avícolas, porcícolas, los puntos de vertimientos de alcantarillados, entre otras actividades de contaminación puntual reflejan este peligro. En la zona montañosa la mayor área (80 a 90%) corresponde a peligro alto y peligro extremo a la contaminación del agua subterránea.



**Figura 43. Mapa de Peligro a la Contaminación de las Aguas Subterráneas en la Zona Montañosa de la CSRL.**

El peligro moderado (presente en su mayoría en la parte alta de la microcuenca del Río de Oro) se manifiesta en zonas donde la vulnerabilidad es Alta y no se encontraron actividades generadoras de contaminación por lo tanto la Amenaza es baja, sin embargo en ese sector se observan zonas con peligro Alto causados por los cultivos permanentes de mora, a su vez se existe también la afectación de las descargas de aguas residuales de las viviendas rurales del municipio de Piedecuesta.

El peligro Bajo se manifiesta en zonas donde la Vulnerabilidad es baja, esta área se limita a la franja constituida por la formación geológica Silgará, la cual presenta condiciones de permeabilidad baja y de bajo interés hidrogeológico; sin embargo en esta zona se logran presenciar algunos pequeños pixeles con Peligro Moderado, el cual es generado por las viviendas rurales que presentan descargas de aguas residuales directamente al terreno, provocando una Amenaza alta en estos puntos. El Peligro bajo y moderado en la zona montañosa corresponde a áreas de pequeña extensión.

#### **4.2.2.2 Análisis del Mapa de Peligro en la zona aluvial y sedimentaria.**

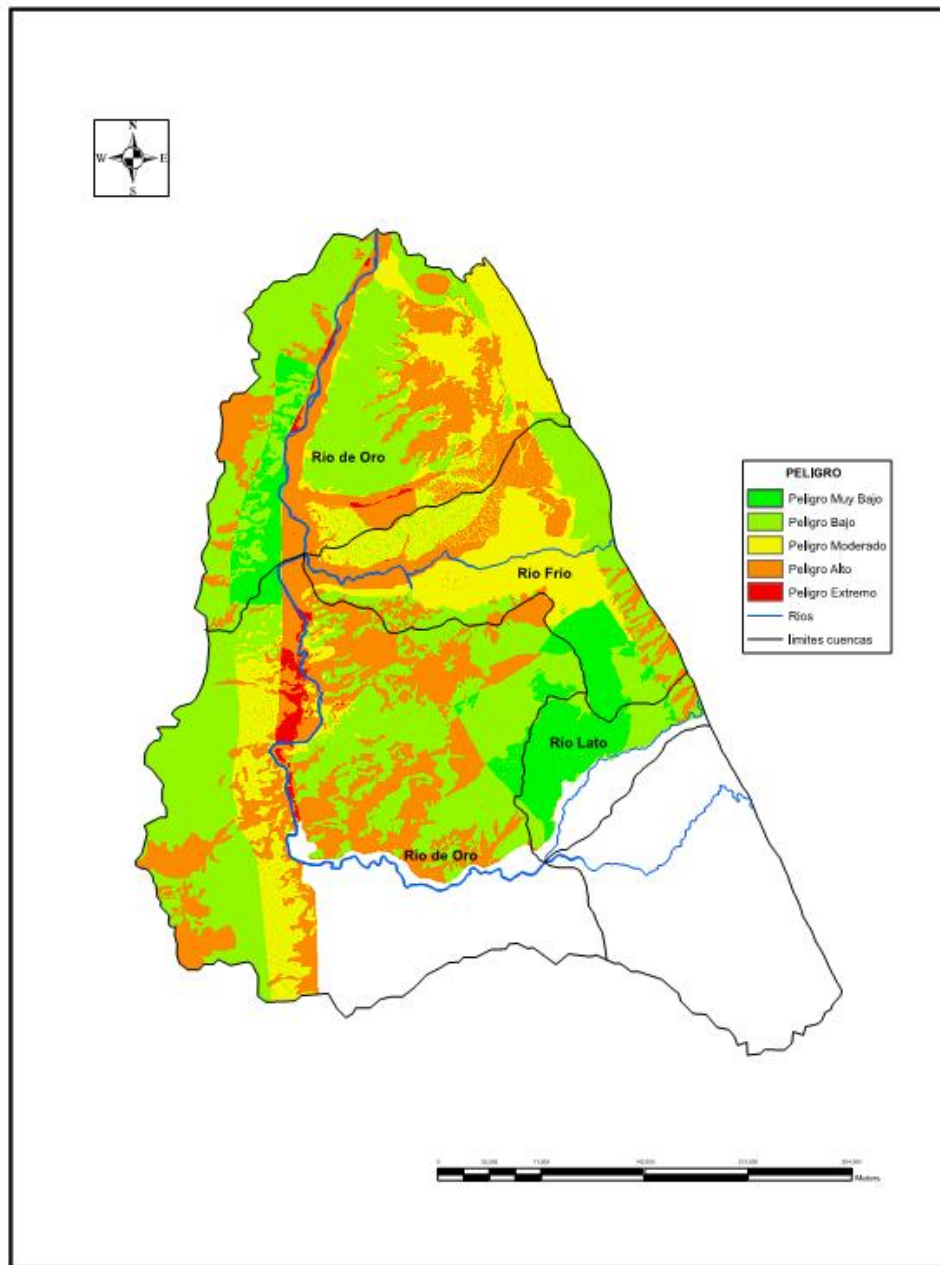
En esta zona el mapa de vulnerabilidad tomado, fue realizado mediante la metodología GOD, de acuerdo con la técnica presentada y desarrollada en el capítulo 2 de este trabajo. El mapa de amenaza o carga contaminante para esta zona se obtuvo según metodologías desarrolladas en el numeral 3.3. El ajuste realizado para la clasificación del peligro se hizo mediante la adaptación de la matriz de peligro y técnicas utilizadas en el numeral 4.1. En la figura 44 se observa el mapa final de peligro para esta zona.

El mapa de peligro muestra categorías que van desde Peligro Extremo, hasta Peligro muy bajo. Las zonas de peligro extremo (color rojo en el mapa) aparecen en sectores donde existen carga contaminante difusa por cultivos, pozos sépticos, industrias y estaciones de servicio y donde el acuífero presenta alta vulnerabilidad, formaciones aluviales donde se localizan ríos (río Frio, Río de Oro, Quebrada la Iglesia) en contacto con los acuíferos y en donde los espesores saturados se adelgazan, como ocurre alrededor de las escarpas norte y occidental de la meseta de Bucaramanga. La zona del relleno sanitario “El Carrasco” es mostrada mediante la localización de algunos pixeles en el mapa con peligro Extremo.

Un área apreciable en la zona aluvial y sedimentaria muestra peligro alto (color naranja en el mapa), debido principalmente a condiciones de vulnerabilidad alta generadas por formaciones aluviales donde se localizan ríos en contacto con los acuíferos y en donde los espesores saturados son menores, como ocurre en zonas cercanas a las escarpas de la meseta de Bucaramanga, y donde las cargas contaminantes son originadas por cultivos y pozos sépticos.

En las zonas donde el peligro es alto a extremo, el contaminante que genera este peligro es capaz de trasladarse o difundirse hacia todo el acuífero en contacto con estos puntos, por lo tanto es posible que las zonas de peligro puedan abarcar mayor área.

Las zonas en donde el peligro que se obtuvo está en la categoría muy baja, se debe a que en esos lugares existen acuíferos confinados (índice de vulnerabilidad muy bajo) o acuíferos libres, pero no se han identificado allí actividades generadoras de contaminación.



**Figura 44. Mapa de Peligro a la contaminación de las aguas subterráneas en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga.**

### 4.3 Resultados de peligro a la contaminación del agua subterránea

La investigación desarrollada en vulnerabilidad de las formaciones geológicas existentes bajo modelos conceptuales muy preliminares debido a la limitación de información hidrogeológica, de identificación de cargas contaminantes bajo la información de actividades dadas por la autoridad ambiental, permitió obtener unos resultados finales de peligro. Estos productos pueden servir de base para realizar planes y políticas de preservación y manejo del recurso hídrico subterráneo, sin embargo debe dedicarse gran energía a la adquisición de información, manejo de bases de datos completas y confiables, desarrollo de protocolos de concesiones de agua tanto de pozos como de aguas superficiales y especialmente proyectos de monitoreo del uso del agua subterránea, tema muy sensible en la zona de Bucaramanga y en la zona de montaña.

#### 4.3.1 Zona montañosa

- La realización de los productos finales que fueron los mapas de Vulnerabilidad, Amenaza y por ultimo Peligro, logra concebir la contaminación causada al suelo por actividades antrópicas y por tanto al recurso hídrico subterráneo. En el Mapa de Amenaza se logra percibir que la mayor fuente contaminación al agua subterránea es causada por cultivos agrícolas, en donde la utilización de fertilizantes son un factor crítico de contaminación. Se puede evidenciar la contaminación causada por la disposición de aguas residuales en viviendas ubicadas en la parte rural del área de estudio. No es despreciable la presencia de otras actividades de contaminación puntual como lo son las actividades pecuarias, cementerios, pozos sépticos, contaminación en manantiales por accidentes ambientales y vertimientos de alcantarillados, las cuales son fuentes potenciales de contaminación presentando una Amenaza Alta.
- Las principales zonas de contaminación se pudieron observar en el altiplano de Berlín, causado por la gran cantidad de cultivos transitorios de cebolla, a su vez en la parte alta de la cuenca del Rio de Oro, la presencia de Cultivos Permanentes de mora son generadores de grandes zonas de contaminación, en la cuenca del Rio Tona la afectación se presenta mediante Cultivos Silvoagrícolas con sombra, como lo son la naranja, plátano entre otros.
- A lo largo y ancho del área de estudio se observan series de pixeles con Amenaza Alta la cual es causada por actividades generadoras de contaminación puntual, en las que predomina la contaminación por aguas residuales dispuestas directamente en el terreno que se presenta en las viviendas rurales presentes en la zona. Igualmente las granjas avícolas y porcícolas muestran amenaza alta.
- En el mapa de Amenaza también se presencia una pequeña zona con pixeles de Amenaza Moderada (pixeles amarillos), causado por el almacenamiento de combustibles, la cual se presenta a lo largo de la vía Bucaramanga-Cúcuta, en el Km18 y en la Estación de Servicio la Berlinera, que se encuentra en el Corregimiento de

Berlín. Sin embargo el tema de contaminación por combustible es preocupante en nuestra región.

- El mapa de peligro presento zonas con peligro desde Extremo a Bajo, en donde el Peligro extremo se pudo evidenciar en zonas donde se presentaban Cultivos Agrícolas y se presentaba una Vulnerabilidad Extrema, sin embargo las actividades de contaminación puntual reflejaron peligro extremo en gran parte de la zona de estudio, a los cuales se les debe tener especial cuidado, debido a que el contaminante se puede esparcir y el área de contaminación en estos pixeles puede ser mayor a la mostrada en el mapa.
- Los resultados que se obtuvieron tanto para el mapa de Amenaza como el de Peligro, fueron a partir de la información obtenida por la CDMB, DANE, EMPAS, INGEOMINAS, además con observaciones, entrevista y encuestas realizadas en visitas a campo, no obstante es factible que existan actividades potencialmente generadoras de contaminación presentes en la zona que hayan quedado por fuera de este estudio.
- A lo largo del estudio se presentó problemas con la información presentada por los Planes de Ordenamiento Ambiental debido a inconsistencia en la clasificación de usos del suelo, por tal motivo fue necesaria la utilización de otros estudios de coberturas de suelos realizados en la zona, los cuales se lograron asemejar más a lo que se presentaba en el área de estudio.
- De manera general se requiera la optimización de la información de bases de datos en los que se incluya localización e información necesaria para evaluar las cargas contaminantes que se presenten en la zona.
- Los resultados presentados en este mapa tienen como fin la idealización de planes de control y manejo en estos sitios donde el agua subterránea se encuentra en amenaza constante, por parte de las directivas de los entes gubernamentales.

#### **4.3.2 Zona aluvial Y Sedimentaria de Bucaramanga**

- En el mapa de Amenaza se han encontrado categorías que van desde una Amenaza Alta, hasta una Amenaza Baja. Las zonas donde se presenta una amenaza alta en áreas extensas, se debe a una contaminación difusa generada por las actividades agrícolas capaces de generar cargas de contaminación alta, por la cantidad de fertilizantes poseedores de nitratos, irrigados a lo largo de estas zonas. Las zonas urbanas o residenciales presentan una Amenaza moderada, que es generada por la infiltración que se generan por las fugas causadas por los años de deterioro en los sistemas de alcantarillado, sin embargo en esta zona se logra presenciar pequeños puntos de Amenaza Alta, esto se debe a aquellos lavaderos de carros ubicados en la zona urbana, que presentan concesiones de aguas, los cuales pueden estar en contacto directo con el



acuífero. Se observan grupos de puntos con amenaza alta, que son generados por El Relleno Sanitario, El Carrasco, las granjas tanto avícolas como porcícolas, sitios de accidentes ambientales y los pozos sépticos.

- Las zonas de peligro extremo aparecen en sectores donde existen carga contaminante difusa por cultivos, pozos sépticos, industrias y estaciones de servicio y donde el acuífero presenta alta vulnerabilidad (formaciones aluviales que conforman los principales ríos. En estas zonas el contaminante que genera este peligro es capaz de trasladarse o difundirse hacia todo el acuífero en contacto con estos puntos, por lo tanto es posible que las zonas de peligro extremo puedan abarcar mayor área.
- Los resultados obtenidos en los productos finales, tanto como para la vulnerabilidad, amenaza y peligro se basan en la información y ubicación de las actividades contaminantes dadas por la CDMB. Se encontró que una buena parte de esta información no cuenta con ubicación exacta.
- Los mapas de amenaza y peligro, se realizaron solo con la información suministrada por las entidades, en su gran parte la CDMB, sin tener en cuenta la existencia de otras actividades que pueden generar contaminación y no estar registradas en estas.
- Las áreas de la escarpa de la Meseta de Bucaramanga correspondientes al acuífero superior, presentan vulnerabilidad alta, por lo tanto cualquier contaminante dejado en superficie o infiltrado (desechos de lubricantes, etc.) podría clasificar estas áreas en peligro extremo.
- Actualmente las aguas del acuífero superior de la Meseta de Bucaramanga, son drenadas y entregadas al sistema de alcantarillado de aguas lluvias y finalmente al Rio de Oro, contaminándose inmediatamente con las aguas residuales. Se recomienda realizar el manejo de estas aguas que alcanzan volúmenes interesantes, con el fin de ser utilizadas en otros usos diferentes al consumo humano, se sugiere, uso industrial, agrícola, etc.
- Se recomienda el estudio y monitoreo de sitios de disposición de desechos, como son la zona del basurero El Carrasco y Cementerios, para conocer el avance de la pluma contaminante, el estado actual de estas aguas y definir el manejo que debe darse para evitar la contaminación de los acuíferos en contacto con estas zonas.
- Se recomienda monitorear la posible contaminación de tanques almacenadores de gasolina y demás productos derivados del petróleo, los cuales son manejados en estaciones de servicio y otras industrias de la región. En muchos países, actualmente se encuentran en la etapa de limpieza o remediación del agua subterránea contaminada con estos productos. La remediación es un proceso MUY COSTOSO, por lo tanto es preferible hacer un trabajo de prevención de contaminación.

- Se recomienda implementar bases de datos hidrogeológicas que permitan obtener una información de parámetros hidráulicos, geológicos y de explotación del agua subterránea, en cada punto utilizado.
- Igualmente se requiere la optimización de bases de datos que incluyan localización e información necesaria para evaluar las cargas contaminantes en la zona de estudio.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ORIENTADAS A TOMA DE DECISIONES PARA LA PROTECCIÓN Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO.**

Se presentan conclusiones y recomendaciones a partir de los resultados obtenidos durante esta investigación en cada una de las dos zonas estudiadas, la zona de montaña correspondiente a los ríos de Oro, río Frio y río Tona, incluida también parte del Altiplano de Berlín, y la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga. La división del área de investigación en dos zonas se realiza debido a que ellas tienen características diferentes, tanto en aspectos hidrogeológicos y morfológicos, como en aspectos socioeconómicos, los cuales se han expresado a lo largo del informe.

Los temas que se exponen han sido el producto del análisis de la información disponible por la CDMB, la cual se complementó con información de algunas otras entidades y con observaciones y registros realizados en campo, durante la ejecución de este trabajo. La información y los resultados son susceptibles de ser mejorados en la medida en que se adquiera información y conocimientos de los sistemas hidrogeológicos, conocimiento aún muy preliminar en nuestra región, así como en la medida que se mejoren los sistemas de adquisición de información en el tema de actividades generadoras de contaminación al suelo y en el monitoreo de la contaminación de los acuíferos.

Hasta el momento la CDMB posee información importante pero incompleta, en el tema de aguas subterráneas y cargas contaminantes, esta entidad debe mejorar la organización, calidad de la información y bases de datos que permitan la permanencia de la información completa en forma digital. Algunas veces la información es adquirida y luego se pierden los archivos físicos o los funcionarios que conocen la información ya no trabajan allí.

### **5.1 Zona de Montaña De Los Ríos De Oro, Río Frio, Río Tona Y Altiplano De Berlín.**

Los sistemas hidrogeológicos más vulnerables que se encuentran localizados en esta zona, son, los acuíferos libres localizados en depósitos aluviales y ortoneis de Berlín del altiplano de Berlín, las rocas calizas de la formación Rosablanca, Cuarzomonzonitas de Santa Bárbara y la Corcova, y Neis de Bucaramanga. La vulnerabilidad se encuentra relacionada con zonas de recarga, localizadas en este caso en las zonas más altas de las montañas y en zonas de nacimientos, donde se conforman acuíferos con niveles freáticos superficiales. El agua subterránea recargada y almacenada en estos sistemas, es conducida hacia los acuíferos de las zonas bajas donde se localiza los acuíferos de la zona de Bucaramanga. Se

requiere mayor profundización en el conocimiento y delimitación de estos sistemas de flujo para tener un modelo conceptual más definitivo.

Las actividades que generan cargas contaminantes del agua subterránea y fueron observadas en una extensión importante de la zona montañosa dieron como resultados de la aplicación de la metodología, **amenaza media a alta**, como puede ser observado en el mapa obtenido de amenaza. Estas actividades se resumen en:

- **Desarrollo urbano.** Las aguas residuales de la mayoría de viviendas rurales, corregimientos y veredas no tienen sistema de recolección, ni pozos sépticos. Se observó que en su mayoría estas aguas van directamente al suelo.
- **Disposición de residuos sólidos.** No existe manejo de residuos sólidos en las áreas rurales, las basuras de estas comunidades son lanzadas o colocadas en sitios donde permanecen por largo tiempo y los lixiviados van directamente al suelo. En los pocos sitios localizados para este fin, las basuras pueden permanecer largo tiempo antes de ser recogidas.
- **Actividades pecuarias.** La recolección de estiércol de todo tipo de ganadería (vacuna, cerdos, aves, etc.) en algunos sitios para después ser vendido como abono. Estos sitios no tienen ningún control y los lixiviados van directamente al suelo. En una gran área el estiércol es dejado directamente en el suelo y componentes como el nitrógeno afecta gran parte del área.
- **Granjas avícolas y porcícolas.** Existen granjas avícolas de considerable extensión y número de animales, así como pequeñas granjas porcícolas, en zonas de alto interés hidrogeológico. El manejo de los desechos de estas granjas no son conocidos, ni reportados por ninguna autoridad.
- **Actividades agrícolas:** Se observan grandes áreas de cultivos de mora y cebolla, especialmente en las zonas de la cuenca alta del Río de Oro y del altiplano de Berlín, respectivamente. Igualmente en las cuencas del Río Frio y Río Tona se observan cultivos de mora, alverja, plátano, café, naranjas, entre otros. Estas áreas han sido obtenidas mediante deforestación del bosque. En las zonas de cultivos se utilizan plaguicidas y demás productos químicos que percolan a través del suelo.
- **Venta ilegal de combustible en zonas suburbanas de Morrorrico y comuna 14.** La gasolina se almacena sin ningún cuidado en las viviendas, toda esta zona se encuentra localizada sobre el Gneis de Bucaramanga, altamente meteorizado y fracturado (alrededor de la Falla de Bucaramanga) lo cual facilita la infiltración hacia los acuíferos localizados en esta formación.

El mapa de peligro a la contaminación del agua subterránea de la zona montañosa muestra un área entre 80 y 90%, que corresponde a peligro alto y peligro extremo. Este resultado sugiere que en la zona de montaña deben tomarse medidas urgentes para proteger el recurso subterráneo, especialmente si se tiene en cuenta que una comunidad rural cercana a los 70.000 habitantes se abastecen de nacimientos y manantiales. En el futuro debe estudiarse la amenaza humana, es decir los efectos que traería en esta comunidad rural, la afectación de las fuentes de agua en calidad y en cantidad.

No se puede ignorar que los flujos base de los ríos que alimentan las bocatomas de los acueductos de la población urbana (Servicio prestado por AMB y Piedecuestana de Servicios), también proviene de las reservas del agua subterránea.

### **Medidas a tomar:**

- Revisar muy cuidadosamente las licencias ambientales que se dan a las obras que se construyen en la zona de la montaña, ninguna obra debe afectar las condiciones de los acuíferos, ni en cantidad, ni en calidad. Los cortes y rellenos en zonas de acuíferos pueden alterar estos sistemas y dañar los nacimientos y manantiales. En el mapa que se entrega de nacimientos y manantiales se puede observar la localización del inventario existente (200 puntos), sin embargo deben existir mucho más puntos de salida que se desconocen. En este momento la construcción de la carretera La Doble Calzada a Cúcuta, afecta acuíferos y nacimientos en zonas de alta vulnerabilidad.
- Se debe evitar la localización de cualquier actividad generadora de contaminación. Se llama la atención sobre la localización actual de grandes granjas avícolas y algunas granjas porcícolas. Se deben revisar los procesos de almacenamiento de desechos, el tratamiento realizado a los residuos y entregas de lixiviados de estas granjas.
- No se puede seguir ignorando el problema de almacenamiento de gasolina por venta ilegal en una formación geológica sumamente vulnerable, como es el Gneis de Bucaramanga.
- Debe evitarse la deforestación para cultivos en zonas de montaña. Este fenómeno tiene dos efectos negativos, el primero es que se afectan las zonas de recarga y segundo se aumenta la amenaza de la contaminación por aumento de uso de agroquímicos.
- Deben desarrollarse planes de saneamiento de aguas residuales de viviendas rurales. En el caso de plantearse pozos sépticos, estos tienen que ser diseñados y tener un mantenimiento adecuado, para evitar que los lixiviados se infiltren en el suelo.
- Deben desarrollarse planes de manejo de residuos sólidos en las zonas rurales. A pesar de que en algunas zonas existen sitios de recolección, muchas veces la basura permanece en estos sitios por muchos días, por tanto debe mejorarse los sitios de disposición y recolección. No deben existir rellenos sanitarios en esta zona.
- Educación a la comunidad en todos los aspectos anteriores. Un tema sensible es que las comunidades rurales no conocen ningún proceso de reciclaje o de manejo de residuos sólidos. Son generalizadas los enterramientos de basuras, las quemas de plásticos y demás residuos.

- Los nacimientos de agua y manantiales deben estar protegidos de la contaminación, debe existir una zona de aislamiento alrededor de ellos, para evitar los accidentes ambientales.
- Se deben definir áreas de protección de las fuentes de abastecimiento, en el caso de la zona montañosa se deben aislar y proteger las zonas de recarga, zonas de nacimientos y zonas que constituyan rutas de flujo del agua subterránea. Para hacer esto es fundamental continuar la investigación en modelos conceptuales y numéricos de flujo en escalas adecuadas.
- Los valores obtenidos de profundidad del agua son valores aproximados. Se requiere en trabajos futuros hacer mediciones en campo de niveles freáticos mediante construcción de red de pozos de monitoreo e investigar sobre un modelo conceptual de flujo basado en mediciones de campo. red de monitoreo que incluya medir variación de niveles piezométricos y calidad del agua

## 5.2 Zona Aluvial Y Sedimentaria De Bucaramanga

Los sistemas hidrogeológicos más vulnerables están constituidos por los acuíferos libres de la formación Bucaramanga, especialmente el acuífero superficial de la meseta de Bucaramanga y acuíferos de la misma formación que se encuentra en estado libre en el área entre la quebrada la Iglesia y río Frio, así como los acuíferos aluviales en contacto con Quebrada la Iglesia, río Frio. Río Lato y río de Oro. Igualmente vulnerable es la franja alrededor de la Falla de Bucaramanga, donde el Neis entra en contacto con la formación Bucaramanga, por ejemplo, zona de la comuna 14, Pan de Azúcar y demás barrios localizados de norte a sur, a lo largo de la Falla, por encontrarse estos barrios localizados sobre la roca meteorizada y haber sido identificados en ellas, acuíferos que almacenan y conducen el agua subterránea hacia la formación Bucaramanga y formaciones sedimentarias. Los acuíferos en las formaciones sedimentarias (Formación Girón) son muy poco estudiados hasta el momento, y algunos pueden estar confinados o profundos y protegidos por las formaciones aluviales, en general, estos son considerados menos vulnerables. Se requiere estudios de mayor profundidad para determinar el papel que juegan las rocas sedimentarias, las cuales pueden almacenar agua en sus niveles fracturados o constituir basamento de acuíferos en sus niveles más impermeables.

Una evaluación de la información de pozos de agua subterránea localizados en la región aluvial y sedimentaria de Bucaramanga, concluye que: La CDMB tiene un listado entregado en el año 2010 de 63 pozos con concesión legalizada, existe además un listado de lavaderos de carros que utilizan agua subterránea entregado en el año 2004 de 49 puntos, de los cuales 7 puntos aparecen en el listado del 2010, lo otros 42 puntos no aparecen. En este caso serían 105 puntos conocidos por la CDMB. Se revisaron los archivos de la Finca La Esperanza y se encontraron los expedientes de concesiones de agua subterránea de solo 46 puntos, los demás expedientes no fueron encontrados.

Las actividades identificadas como generadoras de carga contaminante, que fueron observadas en una extensión importante del área de estudio y según la metodología aplicada dieron lugar a **amenaza media a alta**, como puede ser observado en el mapa, son:

- **Actividades industriales:** Actividades que tienen riesgo de presentar derrames al suelo o ser entregadas sin manejo, especialmente aquellas localizadas en la zona de Chimita, industrias que almacenan combustibles, estaciones de servicios, aguas de procesos industriales vertidas en corrientes, etc.
- **Actividades que generan accidentes ambientales:** Los lavaderos de carros y estaciones de servicio donde se hacen cambio de aceites y se manipulan lubricantes. Estos sitios utilizan pozos de agua subterránea con bombeo permanente, casi todos abiertos, sin ninguna seguridad, lo cual es considerado de alta probabilidad de causar accidentes ambientales, por entrada de sustancias (lubricantes y combustibles) directamente al acuífero.
- **Rellenos sanitarios:** Los rellenos sanitarios en esta región, generalmente no han incluido estudios geológicos y se encuentran localizados en las formaciones aluviales donde se localizan acuíferos libres. El Carrasco se encuentra localizado sobre la formación Bucaramanga y el nuevo relleno en Chocó sobre la formación aluvial del río de Oro.
- **Los cementerios.** Generan bacterias, patógenos y demás sustancias producto de la descomposición de los cadáveres. El cementerio central de Bucaramanga se encuentran localizados sobre la formación Bucaramanga y el cementerio de las Colinas sobre Neis fracturado, ambas formaciones conforman acuíferos importantes.
- **Las granjas avícolas y porcícolas** generan estiércol y bacterias producto del lavado de cerdos y demás actividades asociadas, muchas veces estos lixiviados van a canales o riachuelos o al suelo y se infiltran.
- **Pozos sépticos.** En la zona de estudio se encuentra un número grande de pozos sépticos, de los cuales no se tiene ni control, ni monitoreo del manejo de los lixiviados.

El mapa de peligro muestra un área importante (40 a 50%) en Peligro Alto y Extremo. Las zonas de peligro extremo aparecen en algunos sectores donde existe carga contaminante difusa por cultivos, pozos sépticos, industrias y estaciones de servicio y donde el acuífero presenta alta vulnerabilidad por niveles freáticos superficiales, zonas de la escarpa norte y occidental de la meseta de Bucaramanga, formaciones aluviales cerca de los ríos principales. Las zonas de relleno sanitarios y zonas de cementerios, presentan Peligro Extremo. En estas zonas el contaminante que genera este peligro es capaz de trasladarse o difundirse hacia todo el acuífero en contacto con estos puntos, por lo tanto es posible que las zonas de peligro extremo puedan abarcar mayor área. Se requiere desarrollar medidas de control y manejo de los acuíferos localizados en la zona aluvial y sedimentaria de Bucaramanga.

### **Medidas a tomar:**

- Definir un formato completo de registro de información de los pozos que solicitan concesión. Se requiere prueba de bombeo de mínimo 24 horas con registro de abatimientos e interpretación de la prueba de bombeo para obtener parámetros hidráulicos de los acuíferos. No se pueden aceptar bombeos de lavado de pozos en reemplazo de la prueba de bombeo. Se requiere descripción de la litología detallada, medición de nivel estático y altura sobre el nivel del mar del pozo, esto para garantizar la localización del nivel freático y control de abatimiento o descenso de los niveles de agua de los acuíferos por explotación.
- Se debe medir los niveles estáticos de los pozos de bombeo en diferentes épocas y estudiar el posible descenso de estos por bombeo extensivo. Algunos lavaderos de carros pueden bombear hasta 24 horas en forma continua o intermitente.
- Los rellenos sanitarios deben ser monitoreados con pozos que identifiquen el avance de las plumas de contaminación aun cuando se coloquen materiales impermeabilizantes.
- Debe implementarse el monitoreo de control de derrames de tanques de almacenamiento de combustible. Las estaciones de servicio no tienen ningún procedimiento de monitoreo de las infiltraciones.
- Exigir el aislamiento de los pozos de bombeo (existen por lo menos 100 pozos de bombeo) con una tapa de seguridad que evite la contaminación directa con sustancias, pero que sea removible para poder medir y controlar los niveles de agua subterránea. Existen pozos cerrados con tapas que no permiten la medición de los niveles de agua. Actualmente no se conoce el caudal de explotación y este valor es fundamental para manejar el recurso subterráneo.
- Culturalmente se debe insistir en la idea de cremación de los cadáveres para evitar que los cementerios sean una fuente de contaminación a los acuíferos.
- Definir medidas con granjas, cultivos agrícolas. Se debe realizar disposición de los vertimientos en forma técnica y la autoridad ambiental debe disponer de normas ambientales adecuadas y vigilar el cumplimiento de estas.
- Definir medidas con pozos sépticos. Deben ser diseñados en forma adecuada y tener un mantenimiento para evitar que los lixiviados se infiltren en el suelo.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

**Auge, M.**, 2004. Vulnerabilidad de acuíferos, conceptos y métodos. Universidad de Buenos Aires. 38 p.

**Aller, I.; Bennet, T.; et al (1987):** drastic, a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. u.s. environmental protection agency, ada, epa.

**Banco Mundial;** Protección de la calidad del agua subterránea; Guía para Empresas de agua, autoridades ambientales y agencias ambientales. Stephen Foster, Ricardo Hirata, Daniel Gomez, Monica Délia. 2002-2006.

**Bermoudes, O, Vasques, L.E.** Modelo Geologico-Geofisico para el Area Metropolitana de Bucaramanga. Ingeominas, 2004.

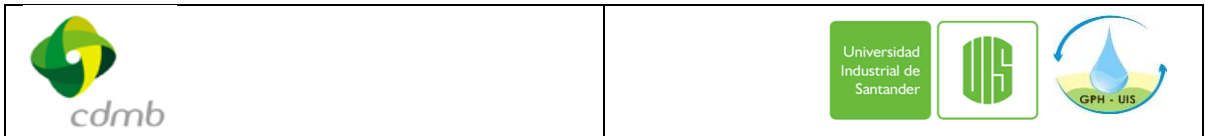
**Bredehoeft, J.** (2005) The conceptualization model-problem surprise. Springer. J. Hidrogeol 13 37 – 46.

**Beltrán, R y Rey, A,** 2002. Comportamiento estructural asociado al sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, sección entre Piedecuesta (rio de Oro) y Bucaramanga (rio Suratá). Trabajo de grado Geología, Universidad de Santander. Colombia.

**Betancur, T, Gaviria, J.I.** Evaluacion del Riesgo a la Contaminacion de las Aguas Subterранеas en un Acuífero Libre. Hidrogeologia para la Gestion del Recurso Hidrico. 2010. 178 p.

**Caballero, S, Gomez, E.** Pruebas de bombeo en pozo profundo y piezómetros de la ciudad de Bucaramanga. Proyecto de Grado de Ingenieria Civil. UIS. 2011.

**Carrillo, R; Soto, F;** Comportamiento isotópico de las aguas lluvias en la cuenca superior del Río Lebrija. Proyecto de Grado de Ingenieria Civil. 2009.



**Castro S, H. J., LEAL Torres, F.A.**. Marco Climático Global, el niño en Santander, Proyecto de Grado. UIS. Bucaramanga – Colombia. 1998.

**CEPIS, (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria)**; Contaminación de las aguas subterráneas; 1987.

**CEPIS, (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria)**; Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas; 1991.

**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, Plan de Manejo Ambiental de la cuenca del Rio de Oro 2001 – 2003, Bucaramanga – Colombia.

**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, Plan de Manejo Ambiental de la cuenca del Rio de Tona, 2002, Bucaramanga – Colombia.

**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, Distrito de manejo integral del páramo de Berlín, 2007.

**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y usos del suelo del área de influencia de la CDMB sobre imágenes de satélite Landsat de los años 1995 y 2001.

**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, Estudio soporte para la declaratoria de un área protegida cerro la judía, en los municipios de Floridablanca, Piedecuesta y Tona, 2009.

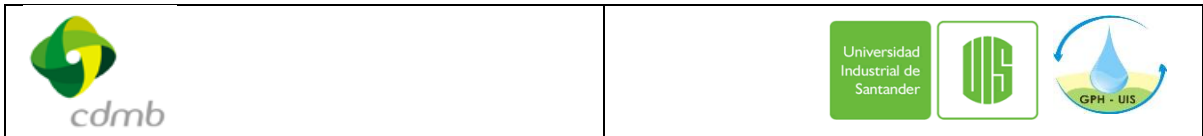
**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, Propuesta parque natural regional bosques húmedos andinos El Rasgón, 2009.

**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, PSMV. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos de Tona, 2009.

**Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga – CDMB**, PSMV. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos de Berlín, 2009.

**Custodio Gimeno, Emilio; Llamas Madurga, Manuel Ramón**. Hidrología Subterránea Segunda Edición Corregida TOMO I y II: Ediciones Omega, S.A., Barcelona, España. 1996.

**DANE, (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)**; Datos población de municipios de Floridablanca, Piedecuesta, Bucaramanga y Tona. 2010.



**Espinoza, J;** Evaluación de impacto ambiental de un cementerio tipo parque ecológico, 2001.

**FAO** (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, IT). 1981. Contaminación de las aguas subterráneas: tecnología, economía y gestión. n°31. Roma, IT 161 p.

**Foster, S. e Hirata R.,** 1987. Contaminación de aguas subterráneas. Un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de agua potable. CEPIS con la OMS y la OPS. Lima, Perú.

**Foster, S. e Hirata R.,** 1992. Estrategias para la protección de agua subterráneas una guía para su implementación. CEPIS con la OMS y la OPS. Lima, Perú. 82 p. **FAO** (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, IT). 1981. Contaminación de las aguas subterráneas: tecnología, economía y gestión. n°31. Roma, IT 161 p.

**Foster, S; Hirata, R;** Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas; una metodología basada en datos existentes, 1988.

**Foster, S. Hirata, R. Gomes, D., et al,** Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco mundial. Washington, D.C. 2002.

**Gaviria, J.I;** Identificación y clasificación de fuentes potenciales de contaminación del acuífero libre del bajo cauca antioqueño; Tesis de Maestría. Universidad de Antioquia. 2005.

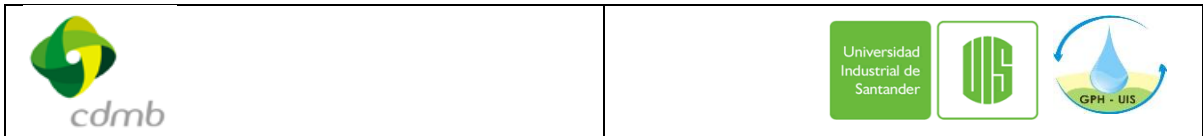
**Gaviria, J.I; Betancur, T.;** Avances metodológicos para evaluar el riesgo de contaminación de aguas subterráneas, 2007.

**Gómez, S, Colegial J.** 2003. Interacción entre los sistemas hidrogeológicos en el macizo de Santander para el estudio de la recarga e identificación de acuíferos. Proyecto Colciencias. Grupo en Predicción y Modelamiento Hidroclimático. Colombia.

**Gomez,S, Anaya,A.** Acercamiento a un modelo conceptual de recarga de los acuíferos de la región de Bucaramanga. Avances en Recursos Hidricos. Numero11. 2004.

**Gómez, S.** Predicción de niveles freáticos a partir de la precipitación y su influencia en la estabilidad de taludes caso de aplicación. Meseta de Bucaramanga. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 1990.

**Gomez, S.** Muestras Isotopicas para realizar la separación de flujo base en la Cuenca Superior del Rio Lebrija. Hidrogeologia para la Gestion del Recurso Hidrico. 2010. 178 p.



**González, J, Camargo, L.** Vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea en la zona aluvial de Bucaramanga. Proyecto de Grado de Ingeniería Civil. UIS. 2010.

**Gutiérrez, F, Gualdron, J.** Amenaza y peligro a la contaminación de las aguas subterráneas en la zona aluvial de Bucaramanga. Proyecto de Grado de Ingeniería Civil. UIS. 2010.

**Ingeniería de Suelos.** Modelo Hidrogeológico Básico de Bucaramanga. Octubre 17 de 2002

**INGEOMINAS;** Informe hidrogeológico del Macizo de Santander, Septiembre de 2009.

**INGEOMINAS, Universidad Industrial de Santander;** Proyecto de investigación geológica e hidrogeológica en la región central del departamento de Santander. Tomo I: Memoria explicativa de la investigación geológica e hidrogeológica en el macizo de Santander, 2007.

**INGEOMINAS;** Memoria explicativa de la investigación geológica e hidrogeológica en el macizo de Santander, 2010.

**Losilla, M; Rodríguez, H; Schosinsky, G; Stimson, J; Bethune, D.** 2001. Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central. San José, CR. 206p.

**Massone, H.;** Vulnerabilidad de acuíferos e impacto y riesgo de contaminación.

**Mendoza, R., C.A., Sandoval Silva, R.** Estudio de la oferta hídrica en la cuenca superior del río Lebrija. Proyecto de Grado de Ingeniería Civil, UIS, Bucaramanga – Colombia. 2002.

**OMS; Organización mundial de la salud;** Guías de la calidad del agua para consumo humano, 3era Edición.

**Perez, Deimer.** Elaboración de un Modelo Digital de Elevaciones en la Cuenca Superior del Río Lebrija. Proyecto de Grado de Ingeniería Civil. UIS. 2010.

**Rueda, M. y Ángel, J.** Propuesta metodológica preliminar para calificar la carga contaminante al subsuelo en un acuífero libre. 2004.

**Rueda, M y Betancur, T,** 2006. Evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea en el Bajo Cauca Antioqueño. Avances en recursos Hidráulicos, Universidad Nacional sede Medellín, 13, 71-88. Colombia.

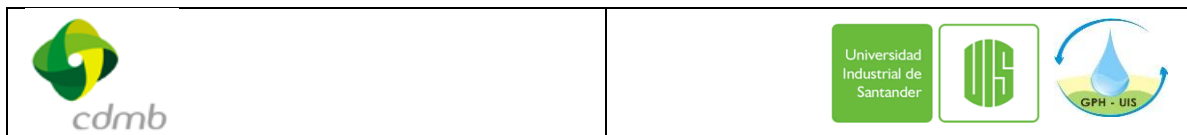


**Velez, M.V.** Hidraulica de Aguas Subterranas. Universidad Nacional de Colombia, Secc.Medellin. 1999.

**Vergara, O.** Prospeccion Geologica para Aguas Subterranas en Rocas Cristalinas Fracturadas del Macizo de Santander, Zona Oriental de Bucaramanga. Proyecto de Grado de Geologia. 2004.

**Vrba Y Zaporozec.** Guidebook on mapping groundwater vulnerability international association of hidrogeologists. Vol. 16 ISBN 3-922705-97-9, 1994.

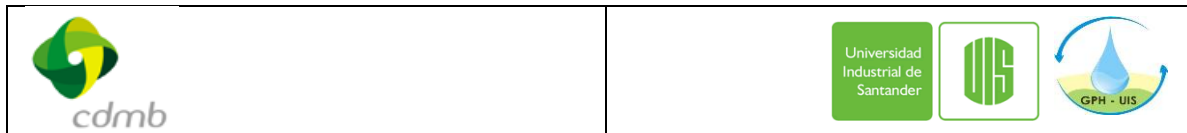
**Ward, D.E, Goldsmith, R.** Boletín Geológico. Vol.XXI, No.1-3, 1973.



## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Criterio Para la Evaluación del parámetro Litología en Metodologías de Vulnerabilidad en Zona Montañosa.

Depósito, formación o roca	Descripción	Valoración
Depósito Fluvioglacial	Material transportado por las aguas de fusión compuestos por gravas angulares en matriz areno lodosa, pobremente calibrados.	5
Depósito Coluvial	Material mal clasificado de partículas angulares y matriz arcillosa, no estratificado, poroso y compresible.	7
Formación Tablazo	calizas gris a negras, fosilíferas, localmente glauconíticas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de areniscas grises, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas.	Calizas 9 – 10 Arcillolitas y margas: 2- 3 Areniscas fracturadas:7 -8.
Formación Paja	Constituida por lodolitas y shales gris oscuros a azulosos, fosilíferos, con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, con algunas intercalaciones de shales grises, localmente arenosos, calcáreos, fosilíferos, localmente limosos a arenosos, con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, también pequeñas intercalaciones de calizas grises, localmente arenosas, fosilíferas.	Lodolitas: 2 – 3. Shale deformado: 3 – 4. Areniscas de grano fino fracturadas: 7 – 8.
Formación Rosablanca	Compuesta en su parte inferior por capas de caliza y yeso, con oolitos, ostrácodos y dolomías; hacia la parte superior consta de areniscas y lodolitas calcáreas. En la parte inferior presenta algunos depósitos evaporíticos como yeso y polihalita.	Calizas fracturadas: 9 – 10 Material evaporítico denso:6 -7.
Formación los Santos	Areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo grisáceas y cuarzoareniscas gris amarillentas, con estratificación cruzada, en capas tabulares de espesores variables.	Areniscas fracturadas: 5-7 Lodolitas: 3-4
Formación Girón	Compuesta por areniscas de grano medio, grueso a ligeramente conglomerático, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, estratificación cruzada, en capas gruesas, con interestratificaciones de limolitas y lodolitas, de color rojo violeta, grisáceo y algunos niveles delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de 4 cm.	Conglomerados, areniscas conglomeráticas con matriz arenosa y/o lodosa:3 – 4. Con fracturamiento:4 – 5. Limolitas y lodolitas: 2.
Cuarzomonzonita de Santa Bárbara	Compuesta de feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y biotita, también se encuentran fenocristales de feldespato potásico (2 cm), plagioclasas, cuarzo y localmente hornablenda; es de color rosado, rosado naranja a gris violáceo, de grano medio a grueso, inequigranular.	Cuarzomonzonita sin fracturamiento ni meteorización:2 Cuarzomonzonita con fracturamiento y con meteorización:5-8
Formación Silgará	Secuencia de rocas clásticas metamorizadas de estratificación delgada, compuestas por filitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea	Pizarra, filita: 2 Esquistos: 3 - 4. Rocas fracturadas en general: 3 – 5
Gneis de Bucaramanga	Secuencia de paraneises cuarzofeldespáticos, hornbléndicos, micáceos y granatíferos y cantidades subordinadas de anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, mármoles y esporádicamente granulitas.	Gneis esquistoso sin fracturamiento ni meteorización:3 Gneis esquistoso con fracturamiento y con meteorización:6-7
Ortogneis de Berlín	Cuerpo metamórfico de origen ígneo, con estructura néisica, aspecto masivo y composición félsica a intermedia.	Ortoneis sin fracturamiento ni meteorización:2 Ortoneis con fracturamiento y con meteorización:5-6



## Anexo 2. Inventario de Puntos de agua UIS-GPH Enero de 2011.

Punto Numero	CONTROL INTERNO	COORDENADAS-Origen Bogotá			Propiedades fisicoquímicas			OBSERVACIONES
	Fecha (dd/mm/año)	X	Y	Altura	T°C	CE (uS/cm)	pH	
1	27/01/2011	1110306	1278960	1584,5				Pozo ubicado en el km 10 vía Bucaramanga Cúcuta, cuenta con seguridad (candado) por lo tanto no se realizaron pruebas fisicoquímicas.
2	27/01/2011	1110437	1279065	1641,5	19,3	103	6,11	Flujo a través de una fractura
3	27/01/2011	1110147	1280173	1528	19,9	237	6,26	en este punto se toma el agua para el acueducto veredal de la Malaña.
4	27/01/2011	1110147	1280173	1528	19,9	166	6,17	Ubicado a menos de 3 metros del punto 3, igualmente se toma el agua para el acueducto veredal de La Malaña.
5	27/01/2011	1110439	1279779	1555	18,5	105	7,31	Nacimiento localizado a una altura de aprox. 30 metros de altura desde el carretable, este acueducto veredal abastece a las veredas de Gualilo Bajo y La Malaña.
6	27/01/2011	1110164	1279694	1650	21,2	182	7,23	Se encuentran cuatro nacimientos alrededor.
7	27/01/2011	1111316	1278725	1647,5	22,5	139	6,17	Hubo un deslizamiento sobre el cauce, el manantial sale de allí, el manantial se encuentra por debajo de la carretera, se encuentra instalada una cisterna.
8	27/01/2011	1116370	1281060	1985	18,2	61	6,05	Manantial que surge directamente de la roca y cae directamente sobre el río, aunque se encuentra por debajo de una conducción abierta que va hacia una truchera, se constató que el manantial es independiente del canal.
9	27/01/2011	1116370	1281060	1985	15,1	47	6,67	Punto Tomado sobre el cauce del Río Frio, hace parte del flujo base.
10	27/01/2011	1116895	1281470	2026	16,9	198	6,23	Tomado directamente del nacimiento, surge del suelo de manera dispersa haciendo difícil el aforo. Captación hecha para llevar a un acueducto veredal.



11	27/01/2011	1116637	1282909	1673	19,4	145	7,13	Tomado de un nacimiento con abundante humedad y flora, sobre todo musgo y helechos, queda 300m abajo del cruce de la quebrada golondrinas con la carretera que lleva desde el corregimiento la Corcova hasta La vía al municipio de Tona.
12	28/01/2011	1117716	1280782	2228	13,3	78,60	7,21	Manantial ubicado a aproximadamente 300m arriba y a la derecha de la entrada a los galpones de Pimpollo, abundante flora, especialmente helechos y musgo. Se recorre un sendero de aproximadamente 20m de longitud hasta llegar al lugar de la toma de datos.
13	28/01/2011	1117794	1280933	2241	13,8	102,00	7,33	Manantial ubicado a aproximadamente 600m de la entrada a los galpones de Pimpollo, abundante flora, especialmente helechos y musgo. Se encuentra una gran captación, varias mangueras, manantial inaccesible pero de gran producción hídrica.
14	28/01/2011	1118506	1279699	2505	12,0	41,20	6,98	Este punto se tomó debido a su inaccesibilidad sobre un cauce que da a la carretera, según informaciones de la comunidad el agua que se encuentra en esta zona nace en su mayor parte en el picacho, el nacimiento se encuentra a aproximadamente 40 m del borde de la carretera.
15	28/01/2011	1116886	1281760	1867	19,9	166,00	6,17	Manantial inaccesible, la muestra fue tomada sobre el cauce que baja del manantial, el manantial se encuentra a más o menos 20 m aguas arriba.
16	28/01/2011	1117299	1281855	2024	17,0	313,00	7,83	Gran cantidad de helechos, lugar referente debido a su gran conductividad, ubicado a aproximadamente 140 m de la carretera La Corcova - Golondrinas en la finca llamada Buenos Aires
17	28/01/2011			1650	16,2	37,50	7,88	Manantial no encontrado, tomado en un cauce contribuyente del río Frio, ubicado en la única cascada que se encuentra en jurisdicción de la finca El Diviso

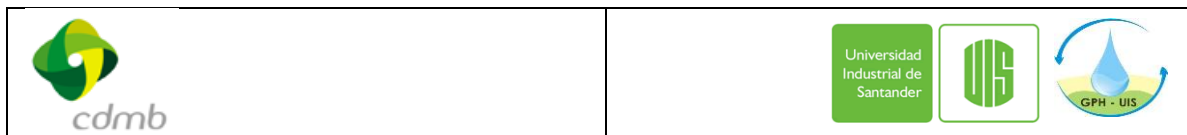




18	29/01/2011	1119753	1273722	2363	14,9	37,00	4,76	Este manantial se encuentra directamente sobre la excavación que se hizo para el gasoducto, presenta una productividad hídrica relativamente pequeña, con un caudal muy pequeño, para resaltar, el agua a aproximadamente 1 de su nacimiento toma una tonalidad café (¿óxido?), mas considero que puede ser por el terreno.
19	29/01/2011	1119753	1273722	2370	12,4	23,40	6,53	Este manantial está a aproximadamente a 30m al SE del manantial 1, a diferencia del manantial 1 la capa vegetal no fue afectada por la excavación, de él se toma agua para un acueducto veredal (una familia), gran cantidad de helechos.
20	29/01/2011	1119753	1273722	2382	18,5	17,70	5,36	Este manantial se encuentra a aproximadamente 10m del borde de la carretera, surge directamente del terreno, no existe captación para acueducto veredal.
21	29/01/2011	1119753	1273722	2385	16,5	66,70	5,16	Este manantial se encuentra a aproximadamente 7m del borde de la carretera, surge posiblemente de una fractura de roca, aunque se presenta un terreno de roca meteorizada alrededor de este, no existe captación para acueducto veredal. Se ubica a aproximadamente 60 metros arriba, por la carretera (en dirección hacia el kilómetro 40) del punto 4.
22	29/01/2011	1119668	1271237	2199	14,1	24,10	5,63	En la vereda cristales se encontró este nacimiento a aproximadamente 30m del borde de la carretera, surge directamente del terreno, abundante flora, helechos, clima templado a frío. Aguas abajo se encuentra la captación para un acueducto veredal.
23	29/01/2011	1120376	1269554	2194	17,5	81,50	5,32	Manantial de mediana producción hídrica, surge directamente del terreno, se utiliza para el abastecimiento de una familia, abundante flora.
24	29/01/2011	1119407	1267745	1935	18,0	124,00	7,19	Manantial no encontrado debido a la inaccesibilidad del terreno, aunque se ven mangueras que indican la presencia de un acueducto veredal, se tomó una muestra para isotopos.

25	29/01/2011	1119342	1267122	1859	18,6	125,00	7,07	Manantial ubicado a aproximadamente 400m de la Y Sevilla-Canelos, a 400m del borde de la carretera, se encuentra en una zona con abundante flora, en un humedal, lo interesante del sitio es que se encuentra en una zona relativamente plana.
26	29/01/2011	1119342	1267122	1856	19,3	28,70	7,61	Manantial ubicado a aproximadamente 400m de la Y Sevilla-Canelos, a 200m del borde de la carretera, se encuentra una ladera sin vegetación (deslizamiento), el flujo es mínimo.
27	29/01/2011	1119389	1266589	1868	19,8	84,50	7,09	Se encuentra cerca al borde de la carretera (10m), en una zona similar a un humedal, abundantes flora.
28	30/01/2011	1112860	1279755	1854	19,4	46,80	6,13	Este manantial se encuentra ubicado directamente sobre el corte que hizo la concesión vial Bucaramanga-Cúcuta, según informaciones de los residentes del sector el caudal se ha visto disminuido, pero siempre ha habido flujo a través del terreno.
29	30/01/2011	1112860	1279755	1837	18,9	114,00	6,15	Manantial ubicado por debajo de la vía, brota directamente del terreno, capa vegetal abundante.
30	30/01/2011	1112860	1279755	1836	19,9	111,00	6,87	Manantial ubicado por debajo de la vía, brota de un cumulo de rocas, capa vegetal abundante.
31	30/01/2011	1112860	1279755	1784	18,4	76,10	5,58	Manantial ubicado por debajo de la vía, hubo que desviar el cauce de la cañada para ver el manantial, brota de un cumulo de rocas, capa vegetal abundante.
32	30/01/2011	1112860	1279755	1789	18,9	51,00	5,49	Manantial ubicado por debajo de la vía, surge del terreno, de gran producción hidráulica, hay sendos manantiales con iguales características aproximadamente cada 7m, capa vegetal abundante.
33	30/01/2011	1115350	1282132	2220	17,1	23,80	6,26	Manantial ubicado por debajo del sendero que conduce hacia La Corcova, productividad hídrica buena, capa vegetal abundante, según el propietario se encuentra otro manantial por sobre el sendero.

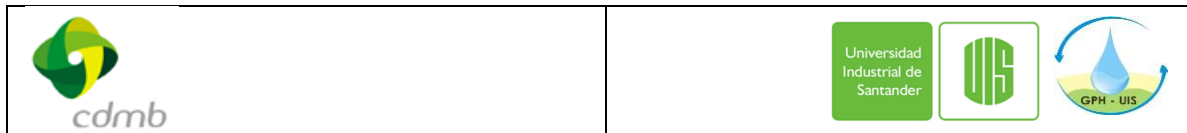
34	30/01/2011	1115350	1282132	1994	18,7	87,40	6,26	Captación para un acueducto veredal, surge de un cumulo de rocas y es tomado directamente por una tanque en concreto, flora abundante.
35	30/01/2011	1115350	1282132	1994	17,9	66,20	5,89	Ubicado a menos de tres metros al N del punto número 7, este brota directamente del terreno, el flujo es mínimo, y va a desembocar en una cañada común con el manantial del punto 7.
36	30/01/2011	1115350	1282132	2019	18,9	66,00	6,9	El manantial brota de un cumulo de rocas, gran cantidad de flora por sobre el manantial.
37	30/01/2011	1115350	1282132	1974	19,2	66,30	6,29	El manantial brota directamente del suelo, gran cantidad de flora.
38	30/01/2011	1115350	1282132	1963	18,1	94,90	5,98	El manantial brota directamente del suelo y desemboca sin recorrido en una cañada que reúne todas las aguas de la finca El Prado, existe un tanque de gran capacidad hecho en arena y piedras que recoge las aguas para un acueducto veredal, gran cantidad de flora.
39	30/01/2011	1115350	1282132	2032	19,5	66,50	6,26	El manantial brota de un cumulo de rocas, gran cantidad de flora por sobre el manantial, se encuentra a aproximadamente 300m en línea recta al NE del punto número 7, productividad hídrica importante, es captado en su mayor parte el caudal, mas sin embargo la zona es muy húmeda.
40	30/01/2011	1115350	1282132	1987	18,4	78,00	6,61	El manantial brota de un cumulo de rocas, gran cantidad de flora por sobre el manantial, se encuentra a aproximadamente 300m en línea recta al NE del punto número 7.
41	30/01/2011	1115350	1282132	1989	17,5	52,10	6,7	El manantial brota de un cumulo de rocas, no existe ningún tipo de captación, se encuentra a aproximadamente 160 al este del punto número 12.
42	30/01/2011	1112932	1279747	1849	17,6	40,80	6,92	Este manantial se encuentra ubicado sobre el corte que hizo la concesión vial Bucaramanga-Cúcuta, el manantial es captado directamente por un tanque de gran capacidad.



### Anexo 3. Concesiones de Aguas Superficiales en Zona de Montaña

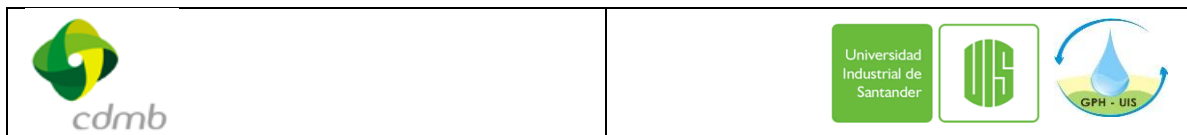
#### MICROCUCENA LATO

ESTE	NORTE	TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	MUNICIPIO	TIPO DE FUENTE
1116650	1268354	1,2,3	0,1281	ANGEL MARIA LOPEZ ARDILA	Bolívar	SUPERFICIAL
1114160	1268410	1,2	0,0148	CIUADADELA SURATOQUE S.A.	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116540	1268170	1,2,3	0,0739	EUCLIDES MONCADA	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116540	1268170	1,2,3	0,0745	TILCIA PATIÑO ARIZA	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116690	1268270	1	0,0509	RODOLFO MORENO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116340	1266720	1,2,3	0,0578	ABRAHAM LANCHEROS ORTIZ	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1117005	1267967	1,3	0,0358	RAFAEL LOZANO DAZA	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1117005	1267967	1,3	0,0185	PATRICIA BENITEZ GALVIS	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1117110	1267998	1,2,3	1,0852	ASOCIACION ACUEDUCTO NACIMIENTO DEL ALTO DEL FRIO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1117005	1267967	1,3	0,0185	PATRICIA BENITEZ GALVIS	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116840	1269340	1	1	COMUNIDAD RELIGIOSA HERMITAÑOS EUCARISTICOS	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116840	1269340	1,2,3	0,031	ISABEL VESGA DE SUAREZ	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116800	1269250	1,2,3	0,0787	IGNACIO JEJEN DELGADO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116800	1269250	1,2,3	0,06	ALFONSO GUERRERO BARAJAS	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115940	1268740	1,2,3	0,1816	EDUVIGES CONTRERAS	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116008	1268130	1	0,0238	LUIS ALBERTO JAIMES CESPEDES	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115850	1266700	1,2,3	0,0735	GABINO BRICEÑO GUARGUATI	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115840	1266836	1,2,3	0,1403	GABINO BRICEÑO GUARGUATI	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116970	1267950	1,2,3	0,064	GERMAN LOPEZ SALAZAR	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115099	1269350	1	86,4	ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S A. E.S.P.	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115938	1270480	1	129,52	PIEDECUESTANA DE SERVICIOS PUBLICOS	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1116400	1272830	1,2,3	1,5706	JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA LAMATA GUSTAVO NIÑO VILLAMIZAR	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115730	1271390	1,3	0,0804	CARLOS JULIO JURADO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115040	1270120	1,2,3	0,0658	ROMELIA MAYORGA VILLALBA	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115660	1269855	1,2,3	0,1772	FERNANDO SEGUNDO BECERRA CORDERO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115915	1269850	2,3	0,2933	GILBERTO VILLAMIZAR CARREÑO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115920	1269420	1,2,3	0,0823	ELVIRA VILLAMIZAR DE SANDOVAL	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115510	1270950	1,2,3	0,2539	MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ PICO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1114600	1269110	1,3	0,0434	MARY JAIMES LOMDOÑO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1115710	1267612	1,3	0,8854	INVERSIONES SAMARKANDA LTDA	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1114630	1270910	1,2,3	0,0115	VIRGINIA BAUTISTA DE ROZO	Piedecuesta	SUPERFICIAL
1114780	1270980	1	0,0114	VIRGINIA BAUTISTA DE ROZO	Piedecuesta	SUPERFICIAL

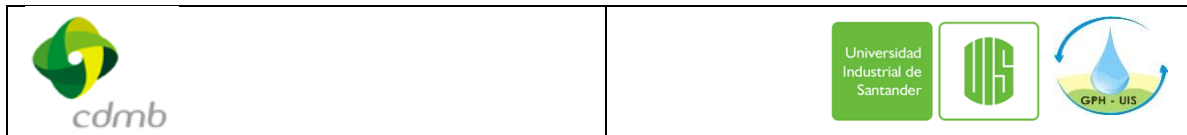


MUNICIPIO TONA

COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	SUBCUENCA	MICROCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
1128980	1290890	1,2,3	0,036	JOSE ANGEL GARCIA PULIDO	RIO SURATA	VETAS	SUPERFICIAL
1128980	1290890	1,3	0,014	AURELIO GARCIA	RIO SURATA	VETAS	SUPERFICIAL
1130315	1291539	1,3	0,0092	MARMOLES DE SANTURBAN LIMITADA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1115300	1285170	1,2	0,0223	ELIECER GUTIERREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1117630	1290893	1,2	0,4844	COOPERATIVA AGRICOLA DE DESARROLLO RURAL ARNANIA LIMITADA - COARNANIA LTDA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115447	1287425	1,3	0,0087	MARIA RESURECCION DURAN VERA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115380	1287440	1	0,0077	ANIANO LANDAZABAL DELGADO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115080	1285500	1,2,3	0,3344	ELIECER GUTIERREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114630	1286040	2,3	0,0203	ELIECER GUTIERREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114700	1285960	1,2,3	0,0263	JOBEL ROJAS ROJAS	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114630	1286040	1,2	0,0152	TERESA DE JESUS GONZALEZ DE GONZALEZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114630	1286040	1,2	0,0152	EMERITA GONZALEZ ACOSTA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114000	1286000	1,2	0,01	JOSE LUIS DAZA SEPULVEDA	RIO SURATA	SURATA ALTO	SUPERFICIAL
1113150	1284700	1,2,3	0,1876	JUNTA DE ACCION COMUNAL EVA ESTUPIÑAN/ J.A.C. VEREDA BABILONIA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114050	1286423	1	0,063	JUNTA DE ACCION COMUNAL EVA ESTUPIÑAN/ J.A.C. VEREDA BABILONIA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1113846	1285940	1,2	0,0866	JUNTA DE ACCION COMUNAL EVA ESTUPIÑAN/ J.A.C. VEREDA BABILONIA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1113950	1285684	1,2	0,0474	JUNTA DE ACCION COMUNAL EVA ESTUPIÑAN/ J.A.C. VEREDA BABILONIA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1112950	1285290	1,2,3	0,2899	JUNTA DE ACCION COMUNAL EVA ESTUPIÑAN/ J.A.C. VEREDA BABILONIA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114000	1286000	1,2	0,015	ADELA ESTUPIÑAN LIZCANO	RIO SURATA	SURATA BAJO	SUPERFICIAL
1116125	1285300	0	0,15	CONSORCIO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1117190	1281725	1,3	0,0517	JOSE DARIO RIVERA JAIMES	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1117190	1281725	1,3	0,0311	ADRIANO PEÑARANDA CALDERON	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1117190	1281725	1,2,3	0,1241	EMILSEN JAIMES CRICEÑO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1116360	1282910	1,2,3	0,3312	ANIANO LANDAZABAL DELGADO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1116360	1282910	1,3	0,0342	GRACIELA HERRERA LIZARAZO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1116360	1282910	1,2,3	0,1195	PABLO CALDERON	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL



1116360	1282910	1,3	0,1472	VICTORIA SUAREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1116360	1282910	1,3	0,0736	GILDARDO CARVAJAL SUAREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115850	1282900	1,2,3	0,0111	ALFONSO RICO LOPEZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114810	1283720	1,2,3	0,7948	CANDELARIA ALVARADO -JAC EL REPOSO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1114840	1283720	1,2,3	0,7948	CANDELARIA ALVARADO -JAC EL REPOSO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115230	1283550	1,2,3	0,7948	CANDELARIA ALVARADO -JAC EL REPOSO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115500	1283370	1,2,3	0,7948	CANDELARIA ALVARADO -JAC EL REPOSO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115530	1283030	1	0,2292	CANDELARIA ALVARADO -JAC EL REPOSO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1115550	1283050	1,2,3	0,0533	HELI EDUARDO BERMUDEZ R.	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1126820	1278000	1,3	0,0535	IRMA HIGUERA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1132994	1286542	1	0,03	AMADEO PEREZ VERA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130130	1286430	1,3	0,0376	HELDA MARINA BALLESTEROS DE RUEDA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131161	1289967	1,2,3	0,1904	HERMES FLÓREZ CAPACHO	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1132110	1288643	1,2,3	0,1764	JORGE LOPEZ VELASCO	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1132545	1288518	1,3	0,0753	HELDA MARINA BALLESTEROS DE RUEDA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1133440	1287770	1	0,0104	HERNAN VILLAMIZAR CANAL	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1133710	1288310	1,2,3	0,0453	MARIA MERCEDES RODRIGUEZ DE BAUTISTA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1133460	1287850	1,2,3	0,0702	GUILLERMO RIVERA RODRIGUEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1134030	1287930	1,3	0,057	JAVIER BAUTISTA RODRIGUEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1133988	1287719	1,2,3	0,2703	MARIA SANTOS RODRIGUEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1134680	1288240	1,2,3	0,147	ALIRIO MARTINEZ CUADROS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1113410	1286490	1,2,3	0,7827	J.A.C. VEREDA MONTECHIQUITO J.A.C. VERED A MONTECHIQUITO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1112165	1284530	1,2,3	0,0147	GRACIELA SANGUINO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1112165	1284530	1,2,3	0,0147	LUIS FRANCISCO FERREIRA ACEVEDO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1119120	1290198	2	0,0073	JUAN ANGEL LAGUADO HERRERA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1119076	1289492	1	0,0087	JUAN ANGEL LAGUADO HERRERA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1118380	1282310	1,2,3	0,15	LUIS AFRANIO VELANDIA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1116020	1280650	1,2,3	0,247	BERMARDO RAMIREZ ESTEBAN	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1118200	1280260	1,2,3	0,2	LUIS AFRANIO VELANDIA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1119030	1279360	1,2,3	0,0749	MISAEEL MONTANNEZ	RIO DE ORO	FRIO	SUPERFICIAL

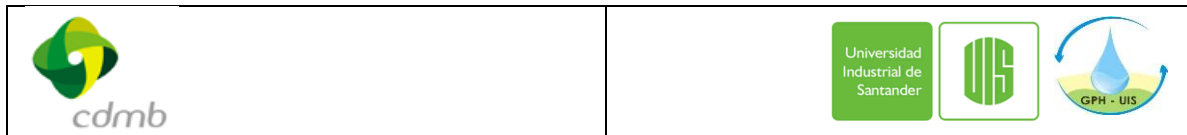


1118850	1279180	2,3	0,0602	AURA ALICIA ESTUPIÑAN DE ESTUPIÑAN	RIO DE ORO	FRIO	SUPERFICIAL
1118850	1279180	2,3	0,0602	LUIS AFRANIO VELANDIA	RIO DE ORO	FRIO	SUPERFICIAL
1118850	1279180	1,2,3	0,0602	HELI MAYORGA CASTELLANOS	RIO DE ORO	FRIO	SUPERFICIAL
1118150	1280550	1,2,3	0,0403	LUZ MARINA NAVAS GONZALEZ	RIO DE ORO	FRIO	SUPERFICIAL



COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	SUBCUENCA	MICROCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
1126270	1277300	1,2,3	0,0779	URBANO DIAZ SANANBRIA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1126270	1277300	1,3	0,0412	MARIA ELISA DIAZ CARVAJAL	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1126610	1277560	1,2,3	2,886	MUNICIPIO DE TONA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1126310	1277320	1,2,3	0,1271	JOSE EDGAR TOLOZA CARDENAS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1126685	1277883	1,3	3,2278	ESTANISLAO VILLAMIZAR GARCEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1126390	1277370	1,3	0,0203	SIMINAY PABON PORTILLA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1126490	1278530	1,2,3	0,1852	URBANO FLOREZ VALBUENA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1125630	1280700	1	0,0104	ESPERANZA CARVAJAL P	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1128881	1281632	0,1	0,5966	CONSORCIO INCA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1127140	1280770	1,3	0,0683	PEDRO ANTONIO DIAZ ROJAS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1122275	1283540	1,3	1,4371	FRANCISCO FORERO GUTIERREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1120806	1283756	2	0,0104	FRANCISCO FORERO GUTIERREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1120400	1283850	2	0,0202	FRANCISCO FORERO GUTIERREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1119630	1283650	2	0,0099	FRANCISCO FORERO GUTIERREZ	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1117778	1284113	1	0,291	ADOLFO RINCON PINTO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1117150	1284720	1	0,291	ADOLFO RINCON PINTO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1120830	1286350	1,4	5,7	DESIDERIO HERNANDEZ ROJAS	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1123119	1288356	1	1,2546	MUNICIPIO DE TONA	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1113210	1284942	1,2,3	0,1247	UNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA PALMAS - RIGOBERTO MORENO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1131778	1285727	1,3	0,0492	BEATRIZ VANEGAS PORTILLA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131784	1285737	1,3	0,0579	MARIA SANTOS RODRIGUEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130934	1281070	1,2,3	0,0768	ORLANDO VELANDIA BUSTOS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130430	1281070	1,2,3	0,0768	YESID DELGADO RONDON	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130430	1281070	1,2,3	0,0768	RAMON RAMIREZ MALDONADO	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130811	1283266	2	1	JEBRAIL ESPINOSA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131366	1282936	1,3	0,1331	JEBRAIL ESPINOSA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131253	1283725	1	0,0174	MARCOS ANTOLINEZ SANABRIA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131395	1284011	1	0,0087	MARCOS ANTOLINEZ SANABRIA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131948	1283568	1,3	0,0666	MARCOS ANTOLINEZ SANABRIA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL





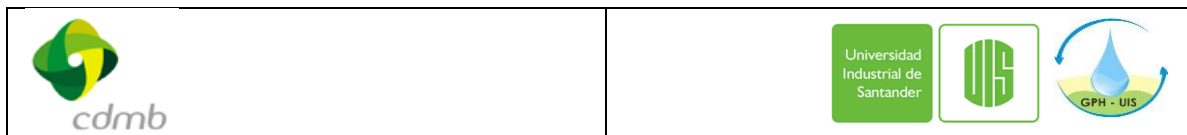
1132140	1283910	1,2,3	0,0974	ARACELY ANTOLINEZ DE ANTOLINEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1132145	1283911	1,2,3	0,0679	JOSE ENCARNACION ANTOLINEZ CANAL	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1132145	1283911	1,2,3	0,0679	GLORIA RAMIREZ DEZAMBARNO	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL



cdmb



COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	SUBCUENCA	MICROCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
1126470	1288225	1	0,0087	CIRON ANTONIO LANDAZABAL ACEVEDO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1127500	1287690	2,3	0,1351	CIRON ANTONIO LANDAZABAL ACEVEDO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1127560	1287720	1,2,3	0,9064	HUMBERTO JEREZ CORZO	RIO SURATA	TONA	SUPERFICIAL
1130110	1285500	1,2,3	0,0155	SOLON PORTILLA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130167	1285532	1	0,007	DANIEL LIZCANO VERA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1125355	1279290	1,3	0,0937	JOSE ASCENSION ARIAS GUARIN	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1124550	1276165	1,2,3	0,1282	PEDRO DIAZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1124470	1277800	1,3	0,0789	MARGARITA VILLATE VILLAMIL	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1125265	1277409	1,2,3	0,0367	HERCILIA PEREZ DE ROJAS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130750	1285650	1,3	0,016	LUIS ANGEL ROJAS ARIAS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130752	1285650	1,3	0,016	MARIA INES COTE CARVAJAL	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130750	1285650	1,3	0,016	RAUL RODRIGUEZ VERA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130752	1285650	1,3	0,016	ALFONSO ORDUZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130750	1285650	1,3	0,016	HERACLIO PULIDO CASTELLANOS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130750	1285650	1,3	0,016	JORGE ELIECER GONZALEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131795	1286110	1,3	0,1857	LUIS ANGEL GAMBOA GARCES	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130580	1285800	1	0,0104	ANA MILENA LIZCANO ROJAS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1128005	1283696	1,2	0,0155	PRINCIPE ROJAS GALVIS	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1129710	1285543	1	0,0087	ELSA DIAZ GAMBOA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1134400	1286000	1,2,3	0,13	MARCO ANTONIO FLOREZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131340	1288980	1,2,3	0,0762	PABLO LIZARAZO RODRIGUEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1126800	1278015	1,3	0,022	NESTOR CONTRERAS RAMIREZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1127856	1283981	1,2,3	1,59	JAVIER GALVIS -JAC V. UCATA CADILL	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1127701	1282000	1	0,026	MIGUEL ANGEL GUTIERREZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1127517	1281580	1	0,0122	ALFREDO GUTIERREZ CACERES	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1127364	1281655	2,4	0,2253	MIGUEL ANGEL GUTIERREZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1127770	1281377	2	0,005	ALFREDO GUTIERREZ CACERES	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1131630	1284210	1	0,0174	ANA DELINA GALVIS DE RAMIREZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL



1130620	1284550	1,2,3	0,0101	LUIS ANTONIO MENDEZ RODRIGUEZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130210	1284835	1,2,3	0,0822	HERNANDO RAMIREZ	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL
1130170	1284880	1	0,0106	MARIA ESPERANZA AYALA RUEDA	RIO JORDAN	JORDAN	SUPERFICIAL

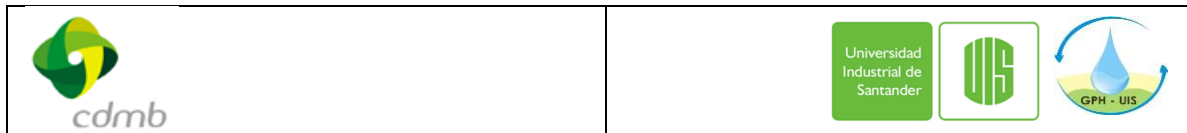
#### MICROCUCENCA TONA

COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	MUNICIPIO	SUBCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
1113450	1285510	1,2,3	3,12600	ARNULFO GÓMEZ -JAC ACUAMOBOLARQUI	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1109110	1282120	1,2,3	0,377	MARTHA CECILIA VILLAMIZAR GONZALEZ	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1111840	1280500	1	0,248	SONIA ACEVEDO JAC V. LA MALAÑA	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1110426	1279750	1	0,184	SONIA ACEVEDO JAC V. LA MALAÑA	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1109150	1280927	1	0,407	SONIA ACEVEDO JAC V. LA MALAÑA	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1109410	1282870	0	0,117	CONSORCIO VIAL PUENTE TONA	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1113280	1281800	0	0,002	CONSORCIO VIAL SANTANDER	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1112620	1279980	0	0,002	CONSORCIO VIAL SANTANDER	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1110550	1280900	1,2,3	0,312	HUGO MARIN SANCHEZ	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1110199	1280645	1,3	0,128	MARTHA CECILIA SUAREZ CORDERO	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1110800	1280842	1,3	1,12210	SONIA SANCHEZ SANTAMARIA -JAC VDA ROSA BLANCA	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1109030	1281140	1	0,003	MARIA EDILIA RINCON	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1108860	1281330	1,3	0,052	CARLOS GOYENECHÉ PRADA	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1112090	1279160	1	1,18290	ELIZABETH ARGUMEDO ARGUMEDO	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1110090	1280680	1,3	0,160	ISMAEL GONZALEZ QUIROGA	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1109733	1280751	1,2,3	0,040	BENJAMIN VASQUEZ	Bucaramanga	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1119340	1281495	1,2	0,011	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Charta	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1116365	1281930	1,2	0,032	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO SURATA	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,115	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO SURATA	SUPERFICIAL



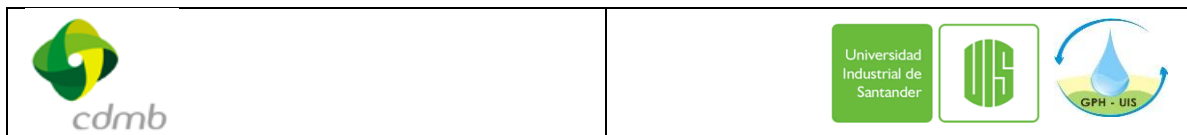
### ORO ALTO

COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	MUNICIPIO	SUBCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
1119870	1270300	1,2,3	0.35680	CARLOS ALBERTO AVILA AMAYA	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1121510	1277560	1,2,3	0.21990	ALFONSO LIZARAZO RODRIGUEZ	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1117010	1264350	1	0.82590	AURELIO URIBE MORENO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1116370	1265500	1,2,3	0.09740	TRANSITO CARRILLO DE HERNANDEZ	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1116370	1265500	1,2,3	0.16230	ROSAURA TORRES LEAL	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1115730	1265475	1,2,3	0.09310	MARIA CENOVIA SOTO CARVAJAL	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1115859	1266191	1,3	0.13310	LUIS ANTONIO PATIÑO, GUIO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1115923	1265816	1,2,3	0.03200	JORGE ELIECER NAVAS VIVIESCAS	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114935	1266800	1,2,3	0.03790	MATILDE MARTÍNEZ CEPEDA	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1117973	1268668	1	0.25900	JUAN DE JESUS SOTO CARVAJAL	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1117973	1268668	1,3	0.24100	ACUASAMEGLI	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118090	1268700	1,3	0.13300	JORGE ARTURO MENDEZ BARAJAS	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1117973	1268800	1,3	0.24100	ACUASAMEGLI	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118672	1263886	1,2,3	0.07400	RAMIRO RODRIGUEZ ORTIZ	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1116280	1265100	1,2,3	0.06430	TOMASA CABALLERO DE MORENO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118740	1264960	1,2,3	0.06540	MARIA DEL CARMEN BRICEÑO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,3	0.03930	MIGUEL CACERES	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,3	0.03930	JESUS MARIA NIÑO QUIÑONES	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,2,3	0.03930	MARIA CUSTODIA MATAJIRA DELGADO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,2,3	0.01600	ISMAEL VERA JEREZ	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118490	1265158	1,2,3	0.06150	CARLOS VELNADIA CABALLERO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119865	1273040	1,2,3	13,5	LUIS FERNANDO TORRES GALLEGO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1121630	1277750	1,2,3	0.19240	LIGIA ANTOLINEZ DE PORTILLA	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118865	1276830	1,2,3	0.02800	RICARDO RONDON GUTIERREZ	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,3	0.03930	JESUS MARIA NIÑO QUIÑONES	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,2,3	0.03930	MARIA CUSTODIA MATAJIRA DELGADO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,2,3	0.01600	ISMAEL VERA JEREZ	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1119438	1262840	1,3	0.03930	MIGUEL CACERES	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1117710	1262830	1	0.01000	LYDIA CORREA CORREA	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1117157	1263537	1,3	0.04060	ALEJO HERNANDEZ ABRIL	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1117869	1263763	1,2,3	0.22950	PEDRO FELIX HERNANDEZ CAMACHO	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118000	1263360	1,2,3	0.04000	HECTOR JAIMES OJEDA	Piedecuesta	RIO DE ORO	SUPERFICIAL

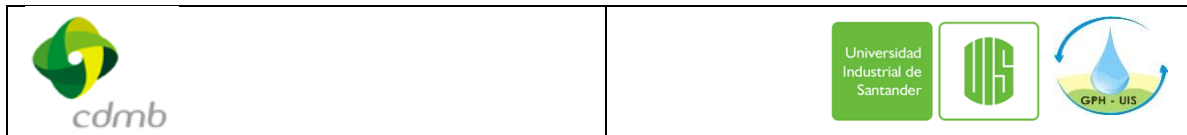


### MICROCUCNA RIO FRIO

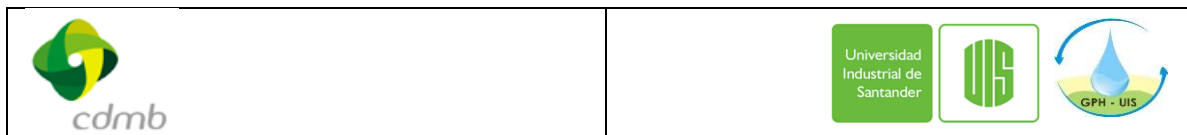
COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	MUNICIPIO	SUBCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
1115836	1281050	1	0,481	JAIRO CRISTANCHO VARGAS	Bucaramanga	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1116733	1280726	2,4	4,1677	FREDY RIVERA ROBAYO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112237	1277996	1,3	0,05	ROSO HELI GARZA TOSCANO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	1,2,3	0,2844	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277930	1,2,3	4,4764	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	1,3	0,0486	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	1,3	3,3485	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1116530	1280730	1	0,0121	FREDY RIVERA ROBAYO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1115510	1281600	1,2,3	0,0216	EMELINA ABRIL DE SANGUINO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1115510	1281600	1	0,0072	RAMON CHAHIN NOHRA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,013	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1115250	1281644	1,2	0,0117	HUMBERTO GUERRERO COTTE	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,16	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,0998	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,05	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	1,2	0,1408	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,37	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,01	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1113520	1280510	1,3	0,0206	JUSTO PASTOR MARTINEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,02	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,06	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,01	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1118755	1277910	2	0,01	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114280	1279500	1,3,8	0,1968	ESPERANZA JAIMES DE OTERO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112970	1279800	1	0,01	ESTEBAN QUINTERO SANGUINO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112910	1279780	1,2,3	0,025	BALDOMERO RAMON LANDAZABAL	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112910	1279780	1	0,1578	ASOCIACION DE USUARIOS ACUEDUCTO REGIONAL KM 18/MARIO BECERRA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112700	1279140	1,2,3	0,0173	GORGONIA ANAYA DE CARVAJAL	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112550	1278880	1,3	0,0289	JOSEFINA BOADA DE MENDEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112750	1278720	1	0,025	HERMES SUAREZ HERRERA -ACUABUENAV	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112971	1278226	2	0,0299	LUZ MARIANA NAVARRO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL



COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	MUNICIPIO	SUBCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
1114470	1278020	1,2,3,8	0,0809	JULIO CESAR MENDIETA PEÑA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112560	1276660	1,2,3	0,102	RAMIRO BLANCO GONSALEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1113475	1273510	1,2,3	0,071	ALFREDO SMITH ALANDATE PEREZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114200	1275700	0,1,2,3	4,3505	HILLER LOZANO GOMEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112290	1273130	1,2,3	0,0956	SIMON CALDERON MATAJIRA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112170	1273550	1	0,04	ANA DEL CARMEN ESTEBAN	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112170	1273550	1	0,01	MARIA REYES PABON	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114260	1273013	1,2,3	0,3249	FELIPE CALDERON MATAJIRA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114450	1273250	1,2,3	2,1912	CORP.SERV. PUB. ACUD. VEREDA CASIANO JESUS BARAJAS RICO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114340	1273130	1,2,3	2,1912	CORP.SERV. PUB. ACUD. VEREDA CASIANO JESUS BARAJAS RICO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1113426	1271586	1,2,3	0,0671	ALIRIO USEDA PEREIRA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1113325	1271321	1,3	0,0937	RICARDO GARCIA PALOMINO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112970	1271352	1,3	0,011	LUIS AGUSTIN PIMIENTO GOMEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112490	1271515	1,2,12	0,1	ANA MERCEDES CONDE DE FLOREZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112100	1277608	1,2,3	0,315	JORGE BRAND MEZA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112980	1278220	1,2,3	0,0587	JORGE BRAND MEZA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114810	1271860	1,2,3	0,0173	MARIA DEL ROSARIO CHAPARRO DE GUSLDRON	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114600	1278890	1	0,0087	MARIA CRISTINA SANCHEZ CARO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114920	1279285	1,2,3	0,347	MARIO IVAN ESPINEL MARTINEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1112041	1278260	1,2,3	0,0754	MARDORY CASTRO DE HERAZO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1111541	1278291	1,2,3,4	0,06	TEODORO ESTEBAN	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1111175	1278065	1,3	0,0643	VICTOR HUGO MARTINEZ TARAZONA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1110570	1278210	1,2,3	0,1258	LUIS ARTURO CABALLERO JAIMES	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1110780	1278400	1,3	0,0712	LILIANA CABALLERO ROJAS	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1110780	1278400	1,2,3	0,0712	DEYSI JOHANNA LANDAZABAL GELVES	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1110670	1278310	1,2,3	0,3472	LUIS EMEL PINEDA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1111780	1276510	1,2,3	0,4203	JULIO PARRA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1111270	1276306	1,3	0,1337	BEATRIZ ALVAREZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1111580	1276300	1,2	0,0102	JULIO ELIAS SANDOVAL GOMEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1111752	1275980	1,2,3	0,0292	LUIS HERMINDO CORZO CAMACHO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1113920	1269862	2,3	0,1737	EDUARDO PALOMINO PALOMINO	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
1114225	1269665	1,2,3	0,1129	MARIANO RODRIGUEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL



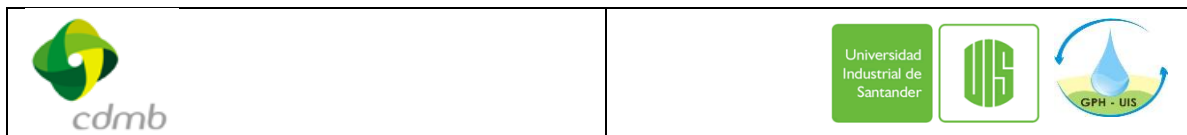
COORDENADAS		TIPO CONSUMO	CAUDAL (l/s)	NOMBRE	MUNICIPIO	SUBCUENCA	TIPO DE FUENTE
ESTE	NORTE						
111903 0	127936 0	1,2,3	0,0749	MISAEAL MONTANNEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
111885 0	127918 0	2,3	0,0602	AURA ALICIA ESTUPIÑAN DE ESTUPIÑAN	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
111885 0	127918 0	2,3	0,0602	LUIS AFRANIO VELANDIA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
111885 0	127918 0	1,2,3	0,0602	HELI MAYORGA CASTELLANOS	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
111815 0	128055 0	1,2,3	0,0403	LUZ MARINA NAVAS GONZALEZ	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
111789 5	128118 8	1,2,3	1,18	ASUACOR - ASOCIACION DE USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA CORCOVA	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL
111160 3	127420 6	1	614	ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P.	Floridablanca	RIO DE ORO	SUPERFICIAL



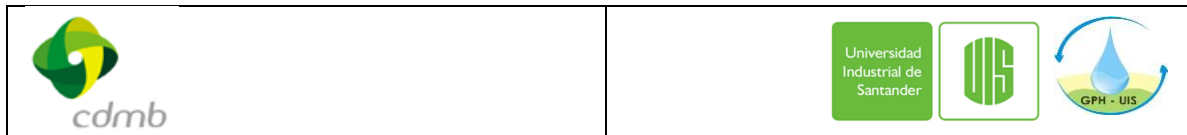
#### Anexo 4. Pozos Sépticos en Zona Montañosa

VEREDA	NOMBRE	MUNICIPIO	LOCALIZACION	TIPO DE VERTIMIENTO	E	N	COTA
VEREDA MONSERRATE	5611168 ALBERTO JAIMES	1 BUCARAMANGA	LA ESPERANZA	SIN VERTIMIENTO	1110030	1283530	1562
VEREDA MONSERRATE	91227901 ORLANDO ORTIZ	1 BUCARAMANGA	INNOMINADO	SIN VERTIMIENTO	1110883	1283436	1505
VEREDA MONSERRATE	27901241 CARLINA MANCILLA	1 BUCARAMANGA	EL COROZO	SIN VERTIMIENTO	1111448	1283247	1519
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	13834849 PEDRO JULIO TORRADO	1 BUCARAMANGA	SANTA ANA	SIN VERTIMIENTO	1109768	1277656	1407
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	13834849 PEDRO JULIO TORRADO	1 BUCARAMANGA	SANTA ANA 2	SIN VERTIMIENTO	1109780	1277653	1408
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	63497874 SAUL GOMEZ RIOS	1 BUCARAMANGA	LA PAZ	SIN VERTIMIENTO	1109781	1277675	1412
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	63301301 JOSEFINA ALVAREZ	1 BUCARAMANGA	BUENOS AIRES	SIN VERTIMIENTO	1108315	1281923	1399
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	28155017 OLGA LUCIA SANCHEZ	1 BUCARAMANGA	LOS ARRAYANES	SIN VERTIMIENTO	1108295	1281840	1410
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	63354684 CARMEN CECILIA VANEGAS	1 BUCARAMANGA	BUENOS AIRES	SIN VERTIMIENTO	1108373	1281979	1397
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	63366328 MARIA PRESENTACION SANCHEZ	1 BUCARAMANGA	EL MANGUITO	SIN VERTIMIENTO	1108474	1282099	1375
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	63270721 MARIA OLIVA ORDUZ	1 BUCARAMANGA	EL ORIENTE	SIN VERTIMIENTO	1109139	1280805	1445
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	91293579 FRANK PINZON	1 BUCARAMANGA	INNOMINADO	SIN VERTIMIENTO	1108236	1281292	1333
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	91201232 MANUEL FRANCISCO GOMEZ	1 BUCARAMANGA	CASA 280	SIN VERTIMIENTO	1108294	1281813	1413
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	91260339 ROBERT PINZON	1 BUCARAMANGA	CASA NO. 9	SIN VERTIMIENTO	1108253	1281338	1333
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	1758039 JOSE DE LA ROSA MIRANDA	1 BUCARAMANGA	LAS DELICIAS	SIN VERTIMIENTO	1109494	1279935	1547
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	5557880 ANIBAL FIGUEROA GOMEZ	1 BUCARAMANGA	EL PORVENIR Y VILLA JANICE	SIN VERTIMIENTO	1109121	1279923	1459
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	63307739 ISaura GOMEZ	1 BUCARAMANGA	BUENAVISTA	SIN VERTIMIENTO	1109400	1279951	1479
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	13835971 REYNALDO GOMEZ	1 BUCARAMANGA	BUENAVISTA	SIN VERTIMIENTO	1109402	1279858	1506
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	91201878 GABRIEL CRISTANCHO	1 BUCARAMANGA	EL TRIUNFO	SIN VERTIMIENTO	1109029	1279982	1436
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	91221306 JAIRO GOMEZ	1 BUCARAMANGA	LOS ALPES	SIN VERTIMIENTO	1109207	1279927	1466
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	4040981 MIGUEL APARICIO	1 BUCARAMANGA	SANTA BARBARA	SIN VERTIMIENTO	1109380	1280107	1540
VEREDA SOCIAL PEDREGAL	91215487 EMILSEN MUÑOZ	1 BUCARAMANGA	LA PRIMAVERA	SIN VERTIMIENTO	1107756	1282268	1155
VEREDA SOCIAL PEDREGAL	63558246 RAFAEL CASTILLO	1 BUCARAMANGA	LAS PALMAS	SIN VERTIMIENTO	1107824	1282250	1154
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	5564128 JACOBO SEPULVEDA	1 BUCARAMANGA	PRIMAVERA Y LOS ALPES	SIN VERTIMIENTO	1109121	1279923	1459
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	91234936 PEDRO EMILIO TORRADO ALVERNIA	1 BUCARAMANGA	EL GUAYABITO 1 , 2 Y 3	SIN VERTIMIENTO	1109772	1278326	1482
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	37805715 OLIVIA PUENTES	1 BUCARAMANGA	EL DIAMANTE	SIN VERTIMIENTO	1109623	1278503	1484
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	5407952 CIRO ANTONIO PLATA	1 BUCARAMANGA	10 DE MAYO	SIN VERTIMIENTO	1109807	1278686	1471
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	63492663 NEYRA OLIVA ALVAREZ	1 BUCARAMANGA	10 DE MAYO 1 Y 2	SIN VERTIMIENTO	1109783	1278708	1464





VEREDA	NOMBRE	MUNICIPIO	LOCALIZACION	TIPO DE VERTIMIENTO	E	N	COTA
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	5695620 SEVERO QUIROGA LOBO	1 Bucaramanga	ARBOL SOLO 2	Sin Vertimiento	1109761	1278515	1531
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	91238011 PEDRO BECERRA	1 Bucaramanga	INNOMINADOS 1 Y 2	Sin Vertimiento	1109776	1278676	1477
ESCUELA DE LA VEREDA MONSERRATE.	63392379 ESCUELA MONSERRATE	1 Bucaramanga	ESCUELA MONSERRATE	Sin Vertimiento	1111410	1283280	1511
PREDIO EL MANGUITO - VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO.	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga	EL MANGUITO	Sin Vertimiento	1108434	1282075	1382
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	63338222 ESMITH LEON NOVA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109799	1278851	1474
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	5562030 JUAN ESPARZA			Sin Vertimiento	1109617	1278621	1426
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	63304881 OLINTA RIVEROS ECHAVARRIA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109483	1279163	1415
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	63488515 AMPARO RIVERO ECHAVARRIA			Sin Vertimiento	1109581	1279018	1438
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	28385785 AGUSTINA ECHAVARRIA			Sin Vertimiento	1109553	1279032	1442
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	63323964 HELGA RIVEROS ECHAVARRIA	1 Bucaramanga		Tipo no definido	1109732	1279267	1921
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	91241363 MANUEL TORRES			Sin Vertimiento	1109726	1279127	1485
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	91218417 ENRIQUE TORRES	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109632	1279048	1457
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	37824254 MARIA EUGENIA PARRA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109514	1278521	1435
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	1936708 ELIAS CASTILLA PEREZ	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109528	1278477	1422
SANTA BARBARA - VEREDA SOCIAL	1936708 ELIAS CASTILLA PEREZ	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109483	1278470	1412
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109874	1278954	1490
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109588	1278579	1429
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109505	1278468	1422
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109190	1279645	1379
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109226	1280099	1514
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109014	1280028	1429
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109061	1279965	1444
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1110108	1280090	1611
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1108990	1279794	1354
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1108873	1279721	1301
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109368	1280086	1492
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1108840	1279778	1305
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	91499580 JORGE ENRIQUE CRUZ OCHOA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1108862	1279830	1310
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109514	1280326	1566



VEREDA	NOMBRE	MUNICIPIO	LOCALIZACION	TIPO DE VERTIMIENTO	E	N	COTA
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109387	1280687	1537
VEREDA SOCIAL SAN JOSE	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109309	1280042	1520
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1108327	1281970	1398
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1108444	1282096	1376
VEREDA SOCIAL GUALILO ALTO	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109038	1280457	1437
VEREDA SOCIAL PEDREGAL	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1107711	1282248	1164
VEREDA SOCIAL BOLARQUI ALTO	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1110837	1283864	1550
VEREDA SOCIAL SANTA BARBARA	999999999 USUARIO EXTERNO - NCA	1 Bucaramanga		Sin Vertimiento	1109782	1278732	1469

## Anexo 5. Informe de Visita de Campo para Identificación de Actividades Contaminantes en Zona Montañosa.

Durante la salida de campo se recorrieron diecinueve veredas de la zona de estudio, y se efectuaron observaciones de las actividades potencialmente contaminantes.

Se realizaron treinta y cuatro encuestas y en algunas ocasiones se hicieron entrevistas a personas de la región. Las encuestas diseñadas incluyen información sobre saneamiento y actividades agropecuarias. El modelo de las encuestas se puede observar en el Anexo 7.

Se presenta a continuación el análisis de la información observada en campo, del registro fotográfico y de las respuestas de las encuestas y entrevistas.

**RECORRIDO:** Carretera principal a Cúcuta hasta km40, entrada a la derecha hacia El Rasgón. Recorrido hasta Sevilla y regreso en la misma dirección hasta el km 16 donde se desvió a la derecha y se tomó el carretable hasta el barrio El Carmen de Floridablanca.

**VEREDAS Y CORREGIMIENTOS VISITADOS:** La Vega, Cristales, El Rasgón, Sevilla, La Corcova, Rosa Blanca y Vericute.

### Vereda La Vega

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno	50 a 60	Se ha deforestado bosque para hacer potreros. Valle del rio de Oro hasta parte alta de la montaña.	2 fotos
Establos Estiércol	10	En tierra	0 fotos
	En establos y en potreros	Algunas veces Lo utilizan para abono o lo dejan sobre el suelo.	0 fotos
Abrevadero Producción	10 aprox.	Ninguno	0 fotos
	1 balde a 1 cantina por vivienda	Se recoge diariamente	0 fotos
TRUCHA	5 a 8 trucheras	Las heces se depositan en estanques y luego los sedimentos son depositados en el suelo	0 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Mora	50% del área	Utilizan plaguicidas	2 fotos
Alverja	10%	Utilizan plaguicidas	2 fotos
Frijol	5%	Utilizan plaguicidas	2 fotos
Pastos	10%	Utilizan abonos	1 foto



<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	20 casas aprox.	Directamente al suelo o cañadas	1 foto y encuesta
Residuos sólidos	20 casas aprox.	Depositán basuras en el suelo o queman. Residuos biológicos para los animales.	1 foto y encuesta

### Vereda Cristales y El Rasgón:

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno	70 a 90	Se presentan en zonas de pastos propicios para ganadería y en las laderas.	8fotos
Establos	15	En tierra	6 fotos
Estiércol	En establos y en potreros	Algunas veces Lo utilizan para abono o lo dejan sobre el suelo.	4 fotos
Abrevadero	15 aprox.	Ninguno	0 fotos
Producción	2 cantinas por vivienda	Se recoge diariamente, transportado por una buseta.	0 foto
TRUCHA	4 a 6 trucheras	Las heces se depositan en estanques y luego los sedimentos son depositados en el suelo	3 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Mora	60% del área	Utilizan plaguicidas	11 fotos
Alverja	5%	Utilizan plaguicidas	2 fotos
Pastos	10%	Utilizan abonos	9 foto

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	40 casas aprox.	Directamente al suelo o cañadas	8 foto y 2 encuesta
Residuos sólidos	40 casas aprox. 1 escuela de primaria.	Depositán basuras en el suelo o queman. Residuos biológicos para los animales.	1 foto



### Vereda y Corregimiento de Sevilla:

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno y porcino	Entre 30 y 40 vacas 5 o 6 granjas porcícolas con 4 o 5 cerdos por granja	Se presentan en zonas de pastos propicios para ganadería y en las laderas. Los cerdos se encuentran en establos.	8fotos
Establos	5 o 6	En tierra	4 fotos
Estiércol	En establos y en potreros	Algunas veces Lo utilizan para abono o lo dejan sobre el suelo.	2 fotos
Abrevadero	5 aprox.	El agua llega en mangueras a cada abrevadero.	1 fotos
Producción	4 cantinas por vivienda	Se recoge diariamente, transportado por una buseta.	1 foto
TRUCHA	3 trucheras	Las heces se depositan en estanques y luego los sedimentos son depositados en el suelo	0 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Mora	10% del área	Utilizan plaguicidas	1 fotos
Alverja	5%	Utilizan plaguicidas	1 fotos
Pastos	20%	Utilizan abonos	4 fotos

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	100 casas aprox.	Directamente al suelo en la parte rural y en la parte del corregimiento descargan a la Q. Sevilla	2 foto y 2 encuesta
Residuos sólidos	100 casas aprox. 3 escuelas.	Depositán basuras en el suelo o queman. Residuos biológicos para los animales.	0 fotos

<i>Sacrificio de animales</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Ganado	Se sacrifica una res cada 8 días.	Se sacrifica el animal los sábados sin ningún tratamiento	0 foto. Una encuesta



### Corregimiento La Corcova:

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Avícola y porcino	Alrededor de 100 mil aves en los galpones	Se encuentran los galpones donde se ve el manejo de la gallinaza y sitios en donde se almacena el excremento del cerdo.	7fotos
Establos	4 o 5 galpones de pimiento	En tierra	4 fotos
Estiércol	Se almacena la gallinaza en bodegas o casas al igual que el estiércol de cerdos.	Se tiene almacenado al parecer para venta.	3 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Mora	15% del área	Utilizan plaguicidas	1 fotos
Pastos	5%	Utilizan abonos	4 foto
Plátano	3%	Utilizan abonos	1 foto
Bosques	15%	ninguno	

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	60 casas aprox.	No tienen sistema de alcantarillado y descargan a la montaña cerca al río frío.	9 fotos
Residuos sólidos	60 casas aprox.	Se presenta una caseta donde se recogen las basuras del corregimiento. Se observó que en algunas casas queman las basuras. Se presenta problemas con el botadero anterior el cual se deslizo y esta regada la basura por todo ese sector de la montaña.	9 fotos

### Vereda Rosa Blanca y Vericute. Km 16

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno avícola	Entre 30 y 40 cabezas de ganado.4 galpones caseros con 200 o 300 pollos	Pequeñas zonas de pasto.	7 fotos
Establos	8	En tierra	7 fotos
Estiércol	En establos y en potreros	Algunas veces Lo utilizan para abono o lo dejan sobre el suelo.	6 fotos
Abrevadero	5 o 6.	Ninguno	0 fotos
Producción	No se observó cantinas de leche, ni carro recolector		0 foto
TRUCHA	1 truchera	Las heces se depositan en estanques y luego los sedimentos son depositados en el suelo	1 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Café	40% del área	Utilizan plaguicidas	1 foto
Plátano	5%	Utilizan plaguicidas	1 foto
Pastos	10%	Utilizan abonos	9 foto

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	90 casas aprox.	Directamente al suelo o cañadas	3 fotos
Residuos sólidos	90 casas aprox.	La basura era recogida por una volqueta la cual llevaba más de dos meses sin pasar, se observó residuos sólidos almacenados en algunas casas.	2 fotos

#### Observación:

En esta zona se presenta contaminación a raíz del lavado del café, porque este arroja un contaminante, que afecta la salud de los animales de la zona, así como al suelo y por ende las aguas subterráneas.

## Registro de Fotos

### Vereda La Vega







**Vereda Cristales y el Rasgón:**









**Vereda y Corregimiento de Sevilla:**







## Corregimiento La Corcova: Galpones de Pimpollo









**Antiguo basurero.**

## Vereda Rosa Blanca y Vericute. Km 16







**RECORRIDO:** Se recorrió por la carretera principal que conduce de Bucaramanga a Cúcuta, desviándose después del peaje llegando a Berlín hacia la zona conocida como el uval, vereda Juan Rodríguez, luego se siguió hasta el municipio de Berlín recorriendo todo el municipio. De vuelta se realizó un desvío por el Km 19 de la misma vía.

**VEREDAS Y CORREGIMIENTOS VISITADOS:** Vereda Juan Rodríguez, Vereda Arenales, Vereda El topón, Corregimiento de Berlín, Vereda Aguablanca parte alta, Vereda San Ignacio.

### Vereda Juan Rodríguez

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno Y Ovino	Aprox. 100 cabezas de ganado y de 4 a 10 ovejas.	Grandes zonas de pastos para el manejo de ganado.	9 fotos
Establos	3 a 4	En tierra	1 foto
Estiércol	Descargados en el terreno.	Se dejan en el terreno esperando la descomposición del mismo.	2 fotos
Producción	2 o 3 cantinitas de leche.	Se recoge diariamente	1 fotos
TRUCHA	2 a 3 trucheras	Las heces se depositan en estanques y luego los sedimentos son depositados en el suelo	3 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Cebolla	50% del área	Utilizan plaguicidas	21 fotos
Vegetación de paramo	20%		4 fotos
Pastos	20%	Se deja excremento.	8 fotos

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	60 casas aprox.	Sistemas de pozos sépticos y descargas en el terreno. No se les hace mantenimiento.	8 fotos y 2 encuestas
Residuos sólidos	60 casas aprox.	Se queman las basuras en fosas, en cada una de las casas.	8 foto y 2 encuestas

### Vereda Arenales y El Topón:

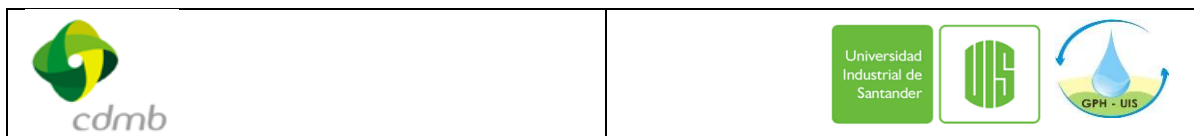
<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno	aprox. 100 cabezas de ganado.	Ganadería de pocas cabezas, en zonas de pastos propicios para ganadería.	4 fotos
Estiércol	En potreros	Se dejan en potreros dispuestas en el terreno esperando descomposición del mismo.	0 fotos
Producción	2 a 3 cantinas por vivienda	Se recoge diariamente.	0 foto

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Cebolla	40% del área	Utilizan plaguicidas	10 fotos
Vegetación de paramo	20%		4 fotos
Pastos	20%	Se deja excremento.	4 fotos

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	150 casas aprox. Entre las dos veredas	Existen sistemas de pozos sépticos y descargas en el terreno.	4 fotos y 2 encuestas.
Residuos sólidos	150 casas aprox. 1 escuela en el topón.	Son organizados de manera ordenada separando material reciclable y son recolectados cada 8 días y llevados a Berlín, para luego ser llevadas al Carrasco.	4 fotos 2 encuestas.

### Berlín:

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno y ovino	Aprox. 150 vacas 50 a 60 ovejas.	Ganadería de pocas cabezas, en zonas de pastos propicios para ganadería.	8 fotos
Establos	3 a 4	En tierra	2 fotos
Estiércol	En establos y en potreros	Se dejan tirados en el terreno.	0 fotos
Producción	4 cantinas por vivienda	Se recoge diariamente, transportado por una buseta.	0 foto



<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Cebolla	40% del área	Utilizan plaguicidas	9 fotos
Cultivos de fresas	1%	plaguicidas	1 foto
Pastos	20%	Se deja excremento.	4 fotos

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	300 casas aprox.	En la parte urbana se presenta sistema de alcantarillado, el cual realiza las descargas al río Jordán, y en la parte rural cuentan con sistemas de pozos sépticos y otras casas descargan al terreno.	5 fotos y 2 encuesta
Residuos sólidos	300 casas aprox.	Se recogen y existe un pequeño botadero donde se disponen luego son llevadas al Carrasco, en este mismo lugar se recogen todas las basuras reciclables.	0 fotos

<i>Sacrificio de animales</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Ganado	Cada dos días se realizan sacrificios	Se sacrifican sin ninguna medida de sanidad.	3 fotos, Una encuesta

El corregimiento de Berlín cuenta además con un cementerio, y una estación de servicio se tienen 8 fotos de estos dos sitios.

### **Vereda Aguablanca parte Alta:**

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno, conejos	Aproximadamente de 20 a 30 vacas y una granja de conejos	Zonas de pastos propicios para ganadería.	4 fotos
Establos	4 o 5 establos	En tierra	5 fotos
Estiércol	Se almacena en establos o potreros, en algunos casos se disponen en casas los bultos de estiércol.	Se tiene almacenado al parecer para venta.	4 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Plátano	15% del área	Utilizan plaguicidas y para fertilizantes usan residuos sólidos, como basuras orgánicas.	5 fotos
Pastos	5%	Utilizan abonos	4 foto
arveja	3%	Utilizan abonos	2 foto

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	70 casas aprox.	No tienen sistema de alcantarillado presentan sistemas de pozos sépticos y descargas en el terreno.	4 fotos
Residuos sólidos	70 casas aprox.	Algunas de estas basuras se queman y otras se utilizan como fertilizantes en cultivos de plátano.	4 fotos

### Vereda San Ignacio.

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno	Alrededor de 15 a 20 vacas.	Pequeñas zonas de pasto.	2 fotos
Establos	3	En tierra	2 fotos
Estiércol	En establos y en potreros	Algunas veces Lo utilizan para abono o lo dejan sobre el suelo.	2fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
plátano	10%	Utilizan plaguicidas y fertilizan con residuos sólidos, basuras, etc.	4 foto
Pastos	10%	Utilizan abonos	3 foto

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	60 casas aprox.	No tienen sistema de alcantarillado presentan sistemas de pozos sépticos y descargas en el terreno.	2 fotos
Residuos sólidos	60 casas aprox.	Algunas de estas basuras se queman y otras se utilizan como fertilizantes en cultivos de plátano.	2 foto s



## Registro de Fotos

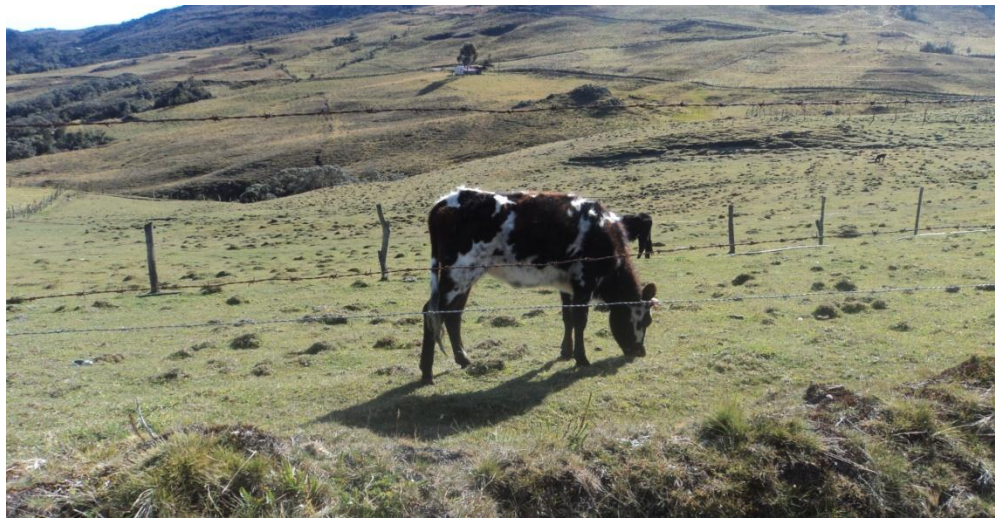
### Vereda Juan Rodríguez:





**Vereda Arenales y El Topón:**





**Berlín:**



**Matadero del corregimiento de Berlín**



**Botadero de Basuras Corregimiento de Berlín**



**Estación de Servicio la Berlinera**



**Cementerio de Berlín**



**Actividad Ovina**



**Descarga de Aguas residuales**

**Vereda Aguablanca parte Alta:**



**Establo con recolección de Excrementos de Vacas**



**Cultivos Agrícolas**



## Vereda San Ignacio.





**RECORRIDO:** se recorrió la microcuenca de Tona, transitando por el carretable que conduce de Berlín a Tona y de Tona al km 18 en la carretera principal que conduce de Bucaramanga a Cúcuta.

**VEREDAS Y CORREGIMIENTOS VISITADOS:** Vereda Pescadero, Vereda Tembladal, Vereda El Gramal, Vereda Pitones, Municipio de Tona, Vereda Pirgua, Vereda Carrizal.

### Vereda Pescadero

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno Y Ovino	Aprox. 150 cabezas de ganado y de 60 ovejas.	Grandes zonas de pastos para el manejo de ganado.	10 fotos
Estiércol	Descargados en el terreno.	Se dejan en el terreno esperando la descomposición del mismo.	2 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Cebolla	10% del área	Utilizan plaguicidas	3 fotos
Rastrojos	30%		2 fotos
Zonas rocosas	20%		2 fotos
pastos	20%		3 fotos

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuestas</i>
Aguas residuales	30 casas aprox.	Descargas al terreno y Sistemas de pozos sépticos. No se les hace mantenimiento.	5 fotos y 1 encuesta
Residuos sólidos	30 casas aprox.	Se queman las basuras en fosas, en cada una de las casas.  Se observó residuos sólidos tirados en el terreno.	5 foto y 1 encuesta

### Vereda Tembladal:

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno y ovina	Entre 40 o 50 vacas y 50 ovejas aprox.	Ganadería de pocas cabezas, en zonas de pastos propicios para ganadería.	5fotos
Establos	5 aproximadamente.	En tierra	4 fotos
Abrevaderos	De 10 a 15	Llega el agua en mangueras	5 fotos
Estiércol	En establos y Potreros.	Se dejan en potreros O en establos dispuestas en el terreno esperando descomposición del mismo.	4 fotos
Producción de leche.	3 cantinas en algunas fincas.	Se recoge diariamente.	1 foto

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
papa	3% del área	Utilizan plaguicidas	3 fotos
Alverja	3%	Utilizan plaguicidas	3 fotos
Habas	3%	Utilizan plaguicidas.	3 fotos
pastos	50%		5 fotos.
bosques	30%		3 fotos.

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	30 casas aprox.	Se descargan al terreno o a pequeñas quebradas que desembocan al río Tona.	3 fotos y 1 encuesta.
Residuos sólidos	30 casas aprox.	Las basuras se queman.	3 fotos y 1 encuesta.

## Vereda El Gramal

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno y ovina	Entre 120 a 150 vacas	Ganadería de pocas cabezas, en zonas de pastos propicios para ganadería.	3 fotos
Establos	7 aproximadamente.	En tierra	4 fotos
Abrevaderos	De 10 a 15	Llega el agua en mangueras	4 fotos
Estiércol	En establos y Potreros.	Se dejan en potreros O en establos dispuestas en el terreno esperando descomposición del mismo.	4 fotos
Producción de leche.	Alta producción de leche alrededor de 40 cantinas en el pueblo.	Se distribuye la leche en burros o vehículos. Existe una cooperativa de quesos en el caserío.	6 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Alverja	10% del área	Utilizan plaguicidas	2 fotos
Pastos	20%	Se deja excremento.	4 fotos

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	60casas aprox.	El caserío cuenta con sistema de alcantarillado con vertimiento al rio Tona.	5 fotos y 1 encuesta
Residuos sólidos	60 casas aprox.	Las basuras se queman.	2 fotos

<i>Sacrificio de animales</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Ganado	Cada dos días se realizan sacrificios	Se sacrifican sin ninguna medida de sanidad.	3 fotos, Una encuesta

### Vereda Pitones:

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno y ovino	Aproximadamente 30 a 40 vacas y de 10 a 20 ovejas.	Zonas de pastos propicios para ganadería.	4 fotos
Establos	4 o 5 establos	En tierra	3 fotos
Estiércol	Se almacena en establos o potreros.	Se dejan en potreros o establos almacenada.	4 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Alverja	5% del área	Utilizan plaguicidas y como fertilizantes usan basuras orgánicas.	5 fotos
Apio	5%	Utilizan abonos	4 foto
Pastos	15%		2 foto

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	20 a 30 casas aprox.	Descargas al terreno y presentan sistemas de pozos sépticos.	2 fotos
Residuos sólidos	20 a 30 casas aprox.	Las basuras se queman.	2 fotos

### Municipio de Tona.

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno	Entre 40 a 50 vacas	Ganadería de pocas cabezas, en zonas de pastos propicios para ganadería y establos dentro del pueblo.	5 fotos
Establos	10 aproximadamente.	En tierra	4 fotos
Abrevaderos	De 4 a 5	Llega el agua en mangueras	0 fotos
Estiércol	En establos y Potreros.	El pueblo presenta una plaza de toros, donde existen alrededor de 10 caballerizas donde se deja el excremento Y en establos también se dejan la de las vacas.	4 fotos
Producción de leche.	Alta producción de leche alrededor de 40 cantinas en el pueblo.	Se distribuye la leche en burros o vehículos. Existe una cooperativa de quesos en el caserío.	6 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
plátano	10%	Utilizan plaguicidas y fertilizan con residuos sólidos, basuras, etc.	4 foto
Pastos	10%	Utilizan abonos	3 foto

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	200 casas aprox.	El municipio cuenta con un sistema de alcantarillado.	2 fotos
Residuos sólidos	200 casas aprox.	Algunas de estas basuras se queman y otras se utilizan como fertilizantes en cultivos de plátano.	2 foto s

<i>Sacrificio de animales</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Ganado	Cada dos días se realizan sacrificios, martes, jueves y sábados.	Se sacrifican sin ninguna medida de sanidad.	3 fotos, Una encuesta

### **Vereda Pirgua.**

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno	Entre 30 a 40 vacas	Ganadería de pocas cabezas, en zonas de pastos propicios para ganadería.	5 fotos
Establos	10 a 15 aproximadamente.	En tierra	4 fotos
Estiércol	En establos y Potreros.	Se dejan dispuestas en el terreno.	4 fotos
Producción de leche.	Alta producción de leche alrededor de 40 cantinas en el pueblo.	Se distribuye la leche en burros o vehículos. Existe una cooperativa de quesos en el caserío.	6 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Apio	10%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	4 foto
Naranja	10%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	3 foto
Frijol	5%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	
Café	3%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	



<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	60 casas aprox.	No tienen sistema de alcantarillado se descargan al terreno.	2 fotos
Residuos sólidos	60 casas aprox.	Algunas de estas basuras se queman y otras se utilizan como fertilizantes en cultivos de plátano.	2 foto s

### Vereda Carrizal.

<i>Ganado</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Vacuno	Entre 30 a 40 vacas	Ganadería de pocas cabezas, en zonas de pastos propicios para ganadería.	5 fotos
Establos	10 a 15 aproximadamente.	En tierra	4 fotos
Estiércol	En establos y Potreros.	Se dejan dispuestas en el terreno.	4 fotos
Producción de leche.	Alta producción de leche alrededor de 40 cantinas en el pueblo.	Se distribuye la leche en burros o vehículos. Existe una cooperativa de quesos en el caserío.	6 fotos

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos numero</i>
Apio	10%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	4 foto
Naranja	10%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	3 foto
Frijol	5%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	
Café	3%	Utilizan plaguicidas y fertilizan.	

<i>Saneamiento</i>	<i>Cantidades Observadas</i>	<i>Manejo</i>	<i>Ver fotos y encuesta</i>
Aguas residuales	40 casas aprox.	No tienen sistema de alcantarillado se descargan al terreno.	2 fotos
Residuos sólidos	40 casas aprox.	Algunas de estas basuras se queman y otras se utilizan como fertilizantes en cultivos de plátano.	2 foto s

## Registro de fotos

### Vereda Pescadero



**Cultivos de Cebollas**



**Actividad Ovina**





**Actividad Ganadera Vacuna**

**Vereda Tembladal:**



**Actividad Ganadera Vacuna**



**Actividad Ganadera Vacuna**



**Cultivos Agrícolas**

## Vereda El Gramal



**Establos de Ganado Vacuno**



## Cultivos Agrícolas



**Producción Lechera (Cooperativa de quesos)**

## Vereda Pitones:



**Establos de actividad ganadera Vacuna**



**Establos de actividad ganadera Vacuna**



**Cultivos Agrícolas**

## Municipio de Tona



**Matadero Municipio de Tona**



## Establos de Actividad Ganadera



Caballerizas almacenamiento de estiércol



Establos de Actividad Ganadera



**Cementerio de Tona**



**Actividad Ganadera**



## Vereda Pirgua.



**Establos de Actividad Ganadera vacuna**



## Producción de Cultivos Agrícolas



**Cultivos de Naranjas**

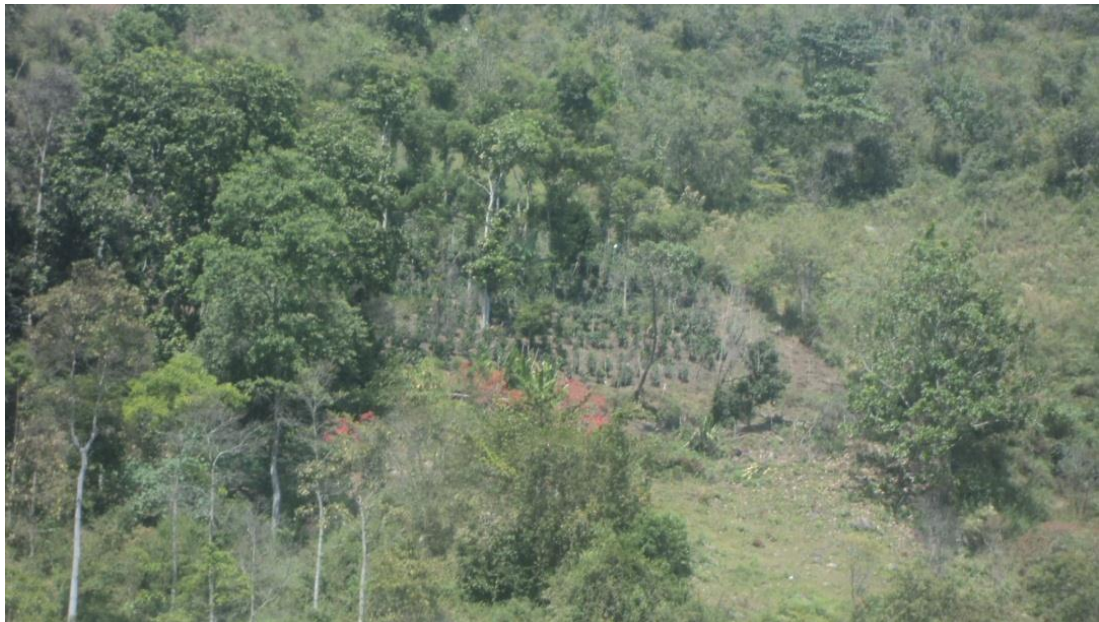
## **Vereda Carrizal.**



## Cultivos agrícolas



**Establos de Actividad Ganadera vacuna**



**Cultivos de Café**



## Anexo 6. Modelo de Encuestas Utilizado en Salida de Campo del Anexo 6.

### I. Actividad Residencial.

1. Ubicación del lugar en donde se realiza la encuesta.

Coordenadas X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_

Vereda \_\_\_\_\_

2. Presenta sistema de alcantarillado Si \_\_\_ No \_\_\_

3. Qué sistema de recolección para aguas residuales utiliza en el lugar.

a. Pozos sépticos \_\_\_ b. Letrina \_\_\_ c. Zanjas \_\_\_ d. Descargas al terreno \_\_\_ e. Otros \_\_\_\_\_

4. Descargan las aguas residuales a corrientes superficiales. Si \_\_\_ No \_\_\_  
a cuál \_\_\_\_\_

5. Que hacen con los residuos sólidos generados en el lugar.

a. Entierran \_\_\_ b. Queman \_\_\_ c. Arrojan a la corriente \_\_\_ c. Carro recolector \_\_\_\_\_

6. Quien recoge los residuos en caso de haber carro recolector y a donde llevan estos residuos sólidos : \_\_\_\_\_

7. Como se almacenan estos residuos sólidos:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. Que tal es el servicio de recolección: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

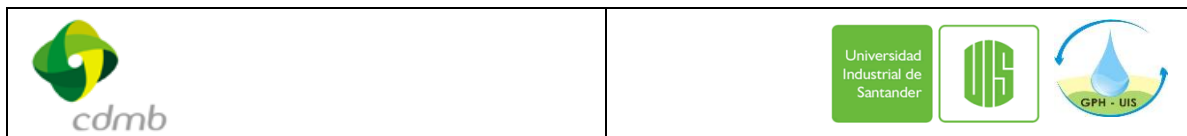


## II. Actividad Agropecuaria.

1. Qué tipo de actividad ganadera se realiza:  
a. Vacuna\_\_\_\_\_ b. Ovina\_\_\_ C. Porcina\_\_\_ d. Avícola\_\_\_\_\_ e.  
Otros\_\_\_\_\_
2. Qué tipo de ganadería se presenta:  
a. Extensiva\_\_\_\_\_ b. Pocas Cabezas\_\_\_\_\_ C. otros\_\_\_\_\_
3. utilizan el excremento de los animales como abono. Si\_\_\_ No\_\_\_
4. Que ocurre con los excrementos en caso de no ser utilizados como abono:\_\_\_\_\_
5. Qué tipo de cultivos se presentan:  
\_\_\_\_\_
6. Como realizan el control de plagas:\_\_\_\_\_
7. Utilizan fertilizantes:\_\_\_\_\_
8. Se utilizan aguas residuales para riego en estos cultivos. Si\_\_\_ No\_\_\_
9. Qué tipo de riego se implementa.  
a. Aspersor\_\_\_ b. Irrigación\_\_\_ c. Otros\_\_\_\_\_
10. Existen mataderos cercanos:\_\_\_\_\_
11. Como sacrifican los animales:\_\_\_\_\_

### OBSERVACIONES:

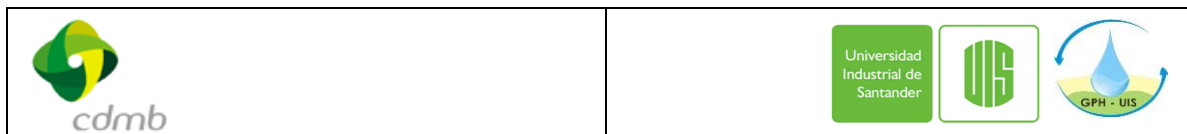
-----  
-----  
-----



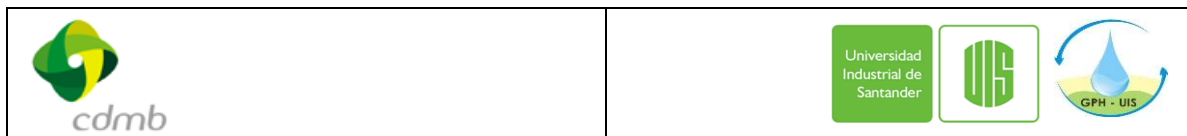
## Anexo 7. Concesiones de Agua Subterránea e Información de Pozos de Bombeo en Zona Aluvial y Sedimentaria

### COORDENADAS

X	Y	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	Q(L/s)
1113304	1264413	RICARDO ARDILA LAVA. Y PARQUEADERO	Lavado de vehículos	0.1157
1100896	1275390	INSERCOL SA	Lavado de vehículos	0.0379
1100340	1273940	SERVICENTRO POBLADO CAR'S	Lavado de vehículos	0.0121
1100897	1273324	LUIS ULLOA	Lavado de vehículos	0.1389
1100325	1272957	CAROLINA MARTINEZ	Lavado de vehículos	0.0379
1107272	1267504	RAFAEL ORTIZ	Lavado de vehículos	0.1
1106739	1264627	RAMIRO ROJAS	Lavado de vehículos	2
1104572	1280882	LUIS HERNANDO ULLOA	Lavado de vehículos	0.0076
1105070	1279592	JOSE MANTILLA	Lavado de vehículos	0.0174
1106035	1279390	CENTRO LUBRI. LUBRITAXIS	Lavado de vehículos	0.0116
1105635	1278410	CASTRO E HIJOS Y CIA LTDA	Lavado de vehículos	0.0463
1105280	1279610	FRANKLIN GONZALES	Lavado de vehículos	0.0556
1105707	1278587	AQUILES MORENO	Lavado de vehículos	0.03
1105410	1278700	ESTACION. SER. LA UNION	Lavado de vehículos	0.0694
1114484	1261376	SANDRA FONSECA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	JUAN CARREÑO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	ROSA INES MANTILLA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	CARMEN ALICIA GOMEZ	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	COOMULTRASALUD	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	CARLOS RUIZ VALDIVIESO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	RAFAEL JARAMILLO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	LUIS CARLOS VILLAMI. Y CIA	Consumo humano	0.0172



<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Q(L/s)</i>
1114484	1261376	PEDRO HERNANDEZ ABRIL	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	FRANCISCO CASTILLO	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	OLGA LUCIA MANTILLA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	BEATRIZ PINTO MANTILLA	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	CLAUDIA INES PINTO MANT.	Consumo humano	0.0172
1114484	1261376	OLGA RUEDA DE MARTINEZ	Consumo humano	0.0172
1100755	1277892	FRESKALECHE	Consumo humano	0.6
1111041	1257367	LUIGI GIUSEPPE	Consumo humano, abrevadero, riego	0.2867
1110157	1259263	YERNOS & CIA	Consumo humano, abrevadero	0.081
1112521	1258455	GUILLERMOS LANCHEROS	Consumo humano, abrevadero	0.0955
1111007	1270051	URBA. DAVID PUYANA	Consumo humano, riego	0.7
1108348	1267681	ANDRES JOYA	Consumo humano, riego	0.0203
1113960	1252960	JOSE DEL CARMEN PEÑA	Consumo humano, abrevadero	0.0443
1113960	1252925	MARGARITA CACERES	Consumo humano, abrevadero	0.0167
1113960	1252925	LUCILA PEÑA	Consumo humano, abrevadero	0.05
1113680	1253038	ALFONSO LIZARAZO	Consumo humano, riego	0.0245
1115946	1253176	HUMBERTO SANCHEZ	Consumo humano, abrevadero	0.0608
1116454	1254751	CONJ. CAMPESTRE BELTRAN DE ARIAS	Consumo humano, riego	0.2637
1113570	1252520	FRANCISCO PEÑA	Consumo humano, abrevadero, riego	0.1849
1113513	1261270	ELKIN F. RODIRGUEZ	Consumo humano, riego	0.2888
1095253	1279728	NESTOR DOMINGUEZ	Consumo humano, abrevadero, riego	0.25
1089500	1283390	ASOCIACION AGRICU. CUSAMAN	Consumo humano, abrevadero, riego, piscicu.	2.1875
1092643	1279757	LIGIA MOTTA DIAZ	Consumo humano, abrevadero, riego	0.1355
1099660	1282492	JUAN PARRA DOMINGUEZ	Consumo humano, abrevadero, riego	0.1317
1099303	1281929	JOSE ORLANDO TORRES	Consumo humano, abrevadero, riego	0.2756

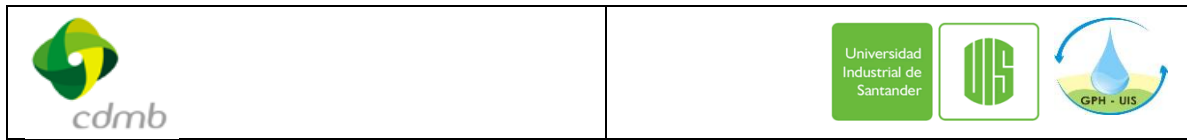


FUENTE: Inventario Concesiones de Aguas Subterráneas. CDMB

<i>COORDENADAS</i>				
<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Q(L/s)</i>
1098860	1282670	ORLANDO BAYONA	Consumo humano, abrevadero, riego	0.5411
1106269	1267447	LUIS DURAN IZQUIERDO	Consumo humano, abrevadero, riego	0.2
1106362	1266949	GLADYS VARGAS	Consumo humano, abrevadero	0.113
1103500	1273095	PREVESA LTDA	Riego, uso industrial	0.3831
1103980	1271291	INVERSIONES JV LTDA	Abrevado, riego	0.6979
1100778	1268681	FERNANDO DIAZ CAICEDO	Consumo humano, abrevadero	0.2699
1103985	1267277	GLORIA ISABEL PICO	Consumo humano, riego	
1109818	1272440	HOLCIM COLOMBIA	Riego, uso industrial	0.1592
1100755	1277892	FRESKALECHE	Consumo humano	0.6

FUENTE: Inventario Concesiones de Agua Subterránea. Entregada por CDMB en 2010

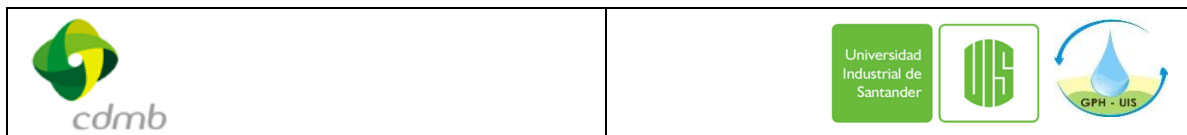




### Información de Pozos Profundos en Zona de Bucaramanga.

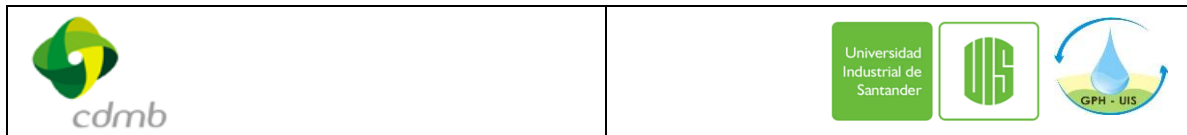
Pozo No.	Localización	Profundidad (m)	Caudal Aproximado Obtenido	Observaciones
1	Asovicrist	125	0.5 litros/ seg.	Aparece Formación Girón a los 80m
2	Ruitoque Condominio	190	Menos de 1litro/ seg.	Perforación a través de la misma formación.
3	Coca-Cola	160	Mínimo	No apareció roca.
4	Freska Leche	65	1 litro/ seg.	No apareció roca.
5	Terpel-Chimita	70-80	1.5 litros/ seg.	Saltante
6	Jardines Los Cesares	50	2.5 litros/ seg.	No apareció roca.
7	Santandereana de Aceites	60	Inicialmente 2.5 litros/ seg. A octubre de 2002 1.8 litros/ seg.	No apareció roca.
8	Metrocentro (Éxito)	125	7.5 litros/ seg.	No apareció roca.
9	La Aurora	48	1.5 litros/ seg.	
10	La Pedregosa	50	Seco	Apareció roca.
11	Calle 48 Carrera 32	30		No se encontró roca.
12	Palenque	50		Saltante
13	Estación Ciudad Bonita	60	Hasta 10 litros/ seg.	
14	Terminal de Transportes	60	0.15 litros/ seg.	
15	Parqueadero el Palenque	47	0.06 litros/ seg.	
16	Estación el Bosque	49	0.045 litros/ seg.	Apareció roca arcillosa a los 45 metros
17	S.O.S La Aldea	70	1 litro/ seg.	Limolitas (Jj)
18	Cementerio La Colina	74	0.86 litros/ seg.	Neis a 44 metros
19	Zona Norte	66	0.25 litros/ seg.	No apareció roca.

FUENTE: Ingeniería de Suelos Ltda. 2002



**Toma de Niveles en pozos -Febrero 2011 a partir de listado de lavadero de carros de CDMB (2004).**

No	PROPIETARIO	DIRECCIÓN	MUNICIPIO	ALTURA (msnm)	NIVEL FREÁTICO (m)	CAUDAL DE EXPLOTACIÓN	USO ACTUAL DEL POZO	HORAS DE BOMBEO al día	OBSERVACIONES
1	MIGUEL BADILLO ROA-LAVADERO LA ESPERANZA	KRA 16 N° 7-34	B/MANGA	940.64	23.13	No se conoce	Lavadero de autos, solo en el día	la bomba prende cada hora	Pozo
2	LUIS HERNANDO ULLOA CADENA	KRA 15 N° 11-07 EDS LA HORMIGA	B/MANGA	941.03	24.4	No se conoce	Lavadero de autos, 24 horas	12h	Cisterna
3	LUIS EMILIO NIÑO CASTELLANOS -LA MANSION	CLL 12 N° 21-51 B.SAN FRANCISCO	B/MANGA	-	-	-	-	-	Pozo Sellado
4	FRANKLIN GUSTAVO GONZALEZ CASTAÑO	AV. QDA. SECA N° 19-93 LA CASA DEL BOSEL	B/MANGA	966.33	21.4	No se conoce	Lavadero de autos 24 h	Cuando llueve	Pozo
5	JOSE IGNACIO MANTILLA GONZALEZ	KRA 17 N° 28-52 EDS	B/MANGA	962.11	-	No se conoce	Lavadero de autos 24 h	12h	Pozo Sellado
6	ESTACION DE SERVICIO LA UNION	KRA 17 CON CLL 45 ESQ.	B/MANGA	944.52	-	-	-	-	Pozo Sellado
7	CASTRO E HIJOS Y CÍA. LTDA.	KRA 17 N° 48-19 EDS LA CONCORDIA	B/MANGA	944.1	10.1	No se conoce	Lavado de autos 12 h	2h	Pozo
8	CENTRO DE LUBRICACION LUBRITAXIS LTDA.	KRA 25 N° 35-39	B/MANGA	-	-	-	-	-	Cerro, el lote lo compro OTECO LTDA
9	RAMIRO ROJAS SOLANO	CLL 48 N° 32-53	B/MANGA	-	0.64	No se conoce	Lavado de autos 12 h	12h	Pozo
10	Estación de servicio Real de minas	Cra 17 58-41	B/MANGA	-	-	-	-	-	No existe
11	Servicentro los Compadres	Cra 19 18-60	GIRON	-	-	-	-	-	El lugar esta cerrado
12	Serviroger	Cra 18 22-41	B/MANGA	963.21	19	No se conoce	Lavado de autos 12 h	2h	Cisterna. Ahora se llama multiservicios la playa
13	Center Car	Bulevar 20-59	B/MANGA	973.63	25.3	No se conoce	Lavado de autos 24 h	12h	Pozo
14	Miguel Autos	Bulevar Santander 18-21	B/MANGA	973.54	15.4	No se conoce	Lavado de autos 24 h	-	no lo utilizan



15	Serviautos la 55	Calle 55 17-40 p-2	B/MANGA	944.14	10.1	No se conoce	Lavado de autos 12 h	-	Cisterna
16	Servicentro el mejor	cra 17a-55-65	B/MANGA	946.95	11.61	No se conoce	Lavado de autos 12 h	-	pozo
17	Lavaautos bahia Cars	diag 15 55-17	B/MANGA	956.44	8	No se conoce	Lavado de autos 24 h	2h	Cisterna
18	Servicentro super Éxito	Av. La rosita 18-85	B/MANGA	939.97	0.5	No se conoce	Lavado de autos 24 h	2h	Cisterna
19	Estacion de servicio Dagar	Calle 31 21-45	B/MANGA	984.82	15.9	No se conoce	Lavado de autos 24 h	1h	Pozo
20	Car's express	cra 25 35-44	B/MANGA	-	-	-	-	-	Cerro en la semana del 7 al 18 de marzo
21	Estacion de servicio Colombia	calle 33 24-05	B/MANGA	982.51	-	No se conoce	Lavado de autos 24 h	2h	No se pudo abrir pozo
22	Serviautos la 17		B/MANGA	944.1	12.2	No se conoce	Lavado de autos 24 h	4h	No se pudo abrir pozo
23	Servicentro Acrópolis	Calle 57 16-09	B/MANGA	943.55	13.8	No se conoce	Lavado de autos 24 h	24h	cisterna
24	Lavadero la Isla		B/MANGA	-	-	-	-	-	No encontrado
25	Lavadero Centenario		B/MANGA	-	-	-	-	-	No existe, ahora hay una construcción
26	LUIS EFREN SAAVEDRA FONSECA	KM3 VIA GIRON. ENTRE NAL DE CHOCOLATES Y ROCAS Y MINAS	B/MANGA - GIRON	-	-	-	-	-	No dieron permiso, Esperando llamada
27	INSERCOL S.A.	KM 6 COSTADO NORTE B/MANGA - GIRON	B/MANGA - GIRON	-	-	-	-	-	No dieron permiso porque no estaba el administrado
28	Estación de servicio el Carmen	Av. Los caneyes 17-02	GIRON	691.43	-	-	-	-	No dieron permiso,( el administrador mando decir que no estaba)
29	Estación de servicio Centroabastos	Centro abastos módulo 7 zona industrial girón	GIRON	654.12	7.1	-	-	-	No está en uso, Cisterna
30	Lavadero de Darvi Repuestos	Calle 2 2-04 km 2 vía Chimitá	GIRON	-	-	-	-	-	No encontrado
31	JOSE A. GARCES Q.	CLL 55 N° 17-51 PARQUEADREO PALENQUE	GIRON	693.22	32.5	No se conoce	Lavado de autos 24 h	12	pozo
32	LA Bascula	cra 17a 60a-19 via chimitá	GIRON	680.04	4.28	No se conoce	lavado de autos 12h	12	Cisterna
33	LUIS HERNANDO ULLOA CADENA	AV LOS CANEYES N° 17-02 EDS CANEYES	GIRON	696.79	-	-	-	-	No se pudo abrir pozo

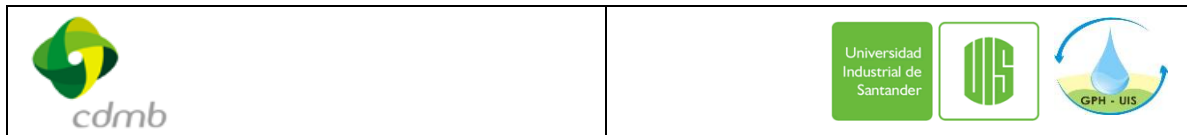


34	CAROLINA MARTINEZ GALVIS	CLL 25 N° 21B-29 AV LOS CANEYES LAV 6 ESQ	GIRON	693.7	3.6	No se conoce	lavo de autos 12h	8h	pozo
35	SERVICENTRO POBLADO CAR'S ROCIO CASTILLO ORTIZ	KRA 26 N° 39-24 LAVADERO POBLADO	GIRON	688.62	3.14	No se conoce	lavo de autos 24h	12h	Cisterna
36	PREVESA LTDA		GIRON	742.5	la sonda bajo 50m y no bajo más, estaba tapado el pozo	No se conoce	Cementera	12h	pozo
37	FRESKALECHE S. A.	FRESKALECHE VIA CHIMITA PARQUE INDUSTRIAL	GIRON	677.5	1.5	No se conoce	Usos varios	12h	Pozo
38	HOLCIM COLOMBIA S.A.	KRA 8 N ° 10-172 PLANTA CONCRETO	FLORIDABLANCA	-	-	-	-	-	El ingeniero Álvaro Gómez dijo que no tenían concesión de agua subterránea
39	RAFAEL ANTONIO ORTIZ MANTILLA	KRA 33 N° 98-03 EDS LA PEDREGOSA	FLORIDABLANCA	939.04	-	-	-	-	El pozo lo taparon hace 3 o 4 años
40	URBANIZADORA DAVID PUYANA S.A.	ENTRADA A RUITOQUE COUNTRY	VIA FLORIDA - P/CUESTA	-	-	-	-	-	Pasar carta a la ESP
41	RICARDO ARDILA VERA PARQUEADERO Y LAVADERO EL TRIUNFADOR	CLL 8 N° 5-52 PARQUEADERO EL TRIUNFADOR	PIECUESTA	992.28	6.52	No se conoce	Lavado de autos	12h	Cisterna
42	CLAUDIA INES PINTO MANTILLA	VDA. EL VOLADOR PARCELS EL FLORITAL	MESA DE LOS SANTOS	962.24	-	-	Provee a las casas	12h	No se pudo abrir pozo
43	ELKIN FERNANDO RODRIGUEZ PINZON	VDA. EL VOLADOR	MESA DE LOS SANTOS	-	-	-	-	-	No encontrado

## Anexo 8. Granjas Avícolas y Porcícolas e Industrias.

### GRANJAS AVÍCOLAS

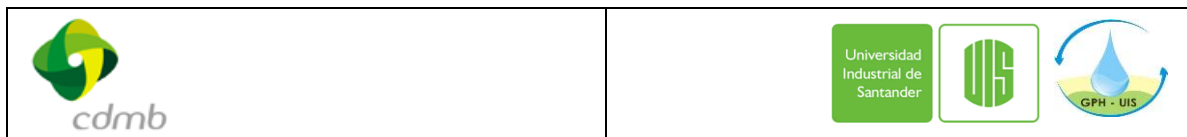
<i>VEREDA</i>	<i># GRANJAS</i>	<i>VEREDA</i>	<i># GRANJAS</i>	<i>VEREDA</i>	<i># GRANJAS</i>
Llanadas Lebrija	15	Llano grande	6	Casiano	2
Río frío	5	Peñas	2	Chocoita	7
Lagunetas	3	Chocoa	2	Llanadas Girón	2
Helechales	3	Barbosa	1	La venta	1
Guatiguara	12	Pajonal	3	Totumos	1
La esperanza mesa de rui.	5	Los colorados	4	El alto	1
Palogordo	9	Rosablanca	1	Corregidor	1
El volador	13	Valle de ruitoque	9	Las brisas	1
Ruitoque bajo	7	Acapulco	4	San francisco	1
la esperanza florida	2	Buenos aires	2	Mensuly	1
la esperanza Girón	3	La aldea	1	El guamo	15
Palonegro	6	Carrizal	6		
Vericute	8	Ruitoque bajo	7		
la esperanza Piedecuesta	19	Pantano	4		



GRANJAS PORCÍCOLAS

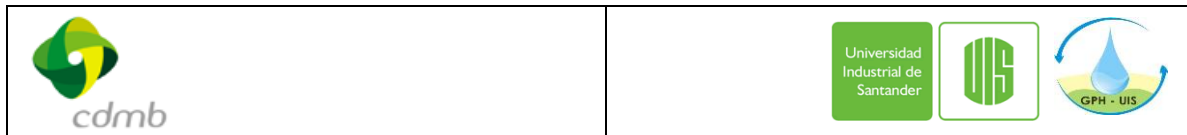
VEREDA	# GRANJAS	VEREDA	# GRANJAS	VEREDA	# GRANJAS
LOS CAUCHOS	9	CASIANO BAJO	9	PALOGORDO	3
CORREGIDOR	1	RUITOQUE BAJO	10	RUITOQUE BAJO	2
CARRIZAL	1	VERICUTE	5	QUEBRADA SECA	1
CHOCOITA	1	SANTA BARBARA	1	LLANO GRANDE	2
AGUADA DE SEFERINO	3	HELECHALES	1	FINCA SENA (GUATIGUARA)	1
LLANDAS	1	SAN MIGUEL	1	LA MATA	1
LLANADAS	1	MONTERREDONDO	3	LA ESPERANZA	1
PAJONAL	5	MENSULY BAJO	3	VIA AL ICP	2
GUAMO	3	GUAMO GRANDE	2		
VOLADOR	1	LOS COLORADOS	1		

FUENTE: Inventario de Granjas. CDMB



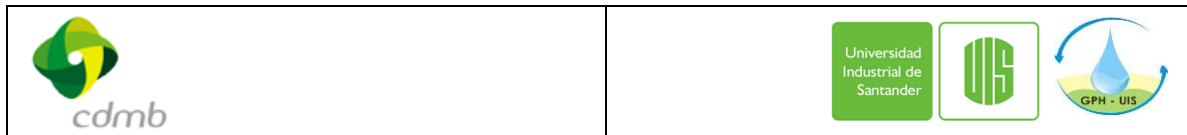
Industrias en la ciudad de Bucaramanga

<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>Qeflue.(L/s)</i>	<i>TIPO CONTA.</i>
HARINAGRO S.A.	Elaboración alimentos para animales	1.03	Grasas y Aceites
ICOHARINAS LTDA	Elaboración de productos de molinería	0.068	Grasas y Aceites
FRESKALECHE S.A	Elaboración de productos lácteos	2.85	Grasas y Aceites
AVICAMPO	Producción, transformación y conservación de carne	10.17	Grasas y Aceites
DISTRAVES S.A.	Producción, transformación y conservación de carne	30	Grasas y Aceites
AVIDESAS MAC POLLO S.A.	Producción, transformación y conservación de carne	1.67	Grasas y Aceites
PROCESAN S.A	Producción, transformación y conservación de carne	0.82	Grasas y Aceites
FRUTAS POTOSI LTDA.	Elaboración de alimentos de frutas y hortalizas	0.55	Bacterias
CENTRAL DE ABASTOS B/MANGA	Comercio al por mayor a cambio de una retribución	1.21	Bacterias
BAVARIA S.A	Producción de malta, cervezas y otra bebidas malte	23.4	Bacterias
EPAMINONDAS LOPEZ PRADA	Curtido y preparado de cueros	2.3	Metales Pesados
INSERCOL S.A.	Comercio al por menor de combustible para autom.	0.34	Hidrocarburos
CONSORCIO HERSUCO-CASTILLA	Comercio al por menor de combustible para autom.	0.327	Hidrocarburos
ORGANIZACION TERPEL S.A.	Elaboración de productos derivados del petróleo, f	0.3	Hidrocarburos
EDGAR BASTOS BASTOS	Mantenimiento y reparación de vehículos	0.46	Hidrocarburos



	automotores		
LYDA MARCELA BARRAGAN COMBITA	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.3	Hidrocarburos
COORDINADORA MERCANTIL	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.109	Hidrocarburos
MARCO ANTONIO NIÑO	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.45	Hidrocarburos
EMIRO ANAYA BASTO	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	0.45	Hidrocarburos
UNIDAD ESPECIAL DE AERONAUTICA	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores	1.168	Hidrocarburos
ECOPETROL S.A	Invest. y desar. exp. en la ciencias nat e ingenie	1.44	Hidrocarburos
COMFENALCO	Actividades deportivas	0.245	Nitratos
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	Invest. y desar. exp. en la ciencias nat e ingenie	0.187	Nitratos
SENA	Educación no formal	0.165	Nitratos
EDUARDO NORIEGA ORTIZ	Alojamiento en residencias, moteles y amoblados	0.15	Nitratos
PENITENCIARIA DE ALTA Y MEDIANA SEGURIDAD DE GIRON	Actividades de la justicia	5	Nitratos





<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Q<sub>eflue.</sub>(L/s)</i>	<i>TIPO CONTA.</i>
RECLUSION DE MUJERES DE BUCARAMANGA	Actividades de la justicia	5	Nitratos
SALON DE ASAMBLEAS TESTIGOS DE JEHOVA	No asignada	0.1	Nitratos
FUNDACION JORGE OTERO DE FRANCISCO Y MA	No asignada	0.288	Nitratos
DESCONT S.A. E.S.P.	Eliminación de desperdicios y aguas residuales, sa	0.26	Nitratos
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S A. E.S.P.	Captación, depuración y distribución de agua	653	Cloro
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S A. E.S.P.	Captación, depuración y distribución de agua	500	Cloro
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S A. E.S.P.	Captación, depuración y distribución de agua	880	Cloro
TESICOL S.A.	Fabricación de cuerdas, cordeles, cables , bramant	0.2	Metales Pesados
CEMEX COLOMBIA S.A.	Fabricación de cemento, cal y yeso	0.93	Nitratos
CONDOMINIO HACIENDA SAN MIGUEL	Preparación de terrenos para obras civiles	0.99	Nitratos
CONSTRUCTORA M Y D - MARTINEZ Y DANGOND	no asignada	0.3	Nitratos

FUENTE: Inventario de Industrias. CDMB



## **Anexo 9. MAPAS (6)**

- **Mapas Zona Montañosa:**

**Mapa de Vulnerabilidad**

**Mapa de Amenaza**

**Mapa de Peligro)**

- **Mapas Zona Aluvial y Sedimentaria**

**Mapa de Vulnerabilidad**

**Mapa de Amenaza**

**Mapa de Peligro**