

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| 15. OFERTA HÍDRICA E INDICADORES..... | 7 |
| 15.1 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO | 7 |
| 15.1.1 Subcuenca río Teusacá..... | 13 |
| 15.1.2 Subcuenca embalse Tominé..... | 71 |
| 15.1.2.1 Unidad Hidrográfica río Chiguanos..... | 72 |
| 15.1.2.2 Unidad Hidrográfica río Alto Siecha..... | 78 |
| 15.1.2.3 Unidad Hidrográfica río Chipatá..... | 85 |
| 15.1.2.4 Unidad Hidrográfica quebrada Montoque..... | 92 |
| 15.1.2.5 Unidad Hidrográfica río Bajo Siecha..... | 97 |
| 15.1.2.6 Unidad Hidrográfica río Chiquito..... | 104 |
| 15.1.2.7 Unidad Hidrográfica quebrada Corales..... | 110 |
| 15.1.2.8 Unidad Hidrográfica río Medio y Bajo Aves..... | 116 |
| 15.1.2.9 Unidad Hidrográfica río Alto Aves..... | 122 |
| 15.1.2.10 Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé..... | 128 |
| 15.2 CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES E ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA (IRH)..... | 134 |
| 15.2.1 RÍO TEUSACÁ..... | 136 |
| 15.2.2 EMBALSE DE TOMINÉ..... | 152 |
| 15.3 OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE Y CAUDAL AMBIENTAL | 166 |
| 15.3.1 SUBCUENCA RÍO TEUSACÁ..... | 166 |
| 15.3.2 SUBCUENCA EMBALSE TOMINÉ..... | 167 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 15.1 Distribución de pendientes. | 8 |
| Tabla 15.2. Valores de clasificación según la forma de la subcuenca. | 9 |
| Tabla 15.3 Clases de valores de forma. | 10 |
| Tabla 15.4. Clases de valores de alargamiento. | 10 |
| Tabla 15.5. Unidades Hidrográficas subcuenca río Teusacá. | 13 |
| Tabla 15.6. Distribución de pendientes U.H. río Alto Teusacá. | 15 |
| Tabla 15.7. Parámetros morfométricos U.H. río Alto Teusacá. | 15 |
| Tabla 15.8. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Alto Teusacá. | 18 |
| Tabla 15.9. Distribución de pendientes U.H. Quebrada San Lorenzo. | 22 |
| Tabla 15.10. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada San Lorenzo. | 22 |
| Tabla 15.11. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada San Lorenzo. | 24 |
| Tabla 15.12. Distribución de pendientes U.H. Río Teusacá, hasta quebrada Aguas Claras. | 28 |
| Tabla 15.13. Parámetros morfométricos U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 29 |
| Tabla 15.14. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 31 |
| Tabla 15.15. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Aguas Claras. | 35 |
| Tabla 15.16. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada Aguas Claras. | 35 |
| Tabla 15.17. Cálculo Curva Hipsométrica e histograma de frecuencia U. H. Quebrada Aguas Claras. | 38 |
| Tabla 15.18. Distribución de pendientes U. H. Quebrada el Asilo. | 40 |
| Tabla 15.19. Parámetros Morfométricos U. H. Quebrada el Asilo. | 42 |
| Tabla 15.20. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada el Asilo. | 44 |
| Tabla 15.21. Distribución de pendientes U. H. Río Medio Teusacá. | 48 |
| Tabla 15.22. Parámetros morfométricos U. H. Río Medio Teusacá. | 48 |
| Tabla 15.23. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Medio Teusacá. | 51 |
| Tabla 15.24. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Laureles. | 53 |
| Tabla 15.25. Parámetros morfométricos U.H. Quebrada Laureles. | 55 |
| Tabla 15.26. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada Laureles. | 57 |
| Tabla 15.27. Distribución de pendientes U. H. quebrada el Chuscal. | 59 |
| Tabla 15.28. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada el Chuscal. | 61 |
| Tabla 15.29. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada el Chuscal. | 63 |
| Tabla 15.30. Distribución de pendientes U.H. Río Bajo Teusacá. | 65 |
| Tabla 15.31. Parámetros morfométricos U. H. Río Bajo Teusacá. | 67 |
| Tabla 15.32. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Bajo Teusacá. | 69 |
| Tabla 15.33. Unidades Hidrográficas subcuenca Embalse Tominé. | 71 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 15.34. Distribución de pendientes U.H. Río Chiguanos..... | 73 |
| Tabla 15.35. Parámetros morfométricos U. H. Río Chiguanos..... | 73 |
| Tabla 15.36. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Chiguanos..... | 76 |
| Tabla 15.37. Distribución de pendientes U. H. Río Alto Siecha..... | 79 |
| Tabla 15.38. Parámetros morfométricos U. H. Río Alto Siecha..... | 80 |
| Tabla 15.39. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Alto Siecha..... | 82 |
| Tabla 15.40. Distribución de pendientes U.H. Río Chipatá..... | 85 |
| Tabla 15.41. Parámetros morfométricos U. H. Río Chipatá..... | 86 |
| Tabla 15.42. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Chipatá..... | 89 |
| Tabla 15.43. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Montoque..... | 93 |
| Tabla 15.44. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada Montoque..... | 93 |
| Tabla 15.45. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada Montoque..... | 95 |
| Tabla 15.46. Distribución de pendientes U. H. Río Bajo Siecha..... | 99 |
| Tabla 15.47. Parámetros morfométricos U. H. Río Bajo Siecha..... | 99 |
| Tabla 15.48. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Bajo Siecha..... | 101 |
| Tabla 15.49. Distribución de pendientes U. H. Río Chiquito..... | 105 |
| Tabla 15.50. Parámetros morfométricos U. H. Río Chiquito..... | 105 |
| Tabla 15.51. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Chiquito..... | 107 |
| Tabla 15.52. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Corales..... | 111 |
| Tabla 15.53. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada Corales..... | 111 |
| Tabla 15.54. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada Corales..... | 114 |
| Tabla 15.55. Distribución de pendientes U. H. Río Medio y Bajo Aves..... | 116 |
| Tabla 15.56. Parámetros morfométricos U. H. Río Medio y Bajo Aves..... | 117 |
| Tabla 15.57. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Medio y Bajo Aves..... | 120 |
| Tabla 15.58. Distribución de pendientes U. H. Río Alto Aves..... | 122 |
| Tabla 15.59. Parámetros morfométricos U. H. Río Alto Aves..... | 123 |
| Tabla 15.60. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Alto Aves..... | 126 |
| Tabla 15.61. Distribución de pendientes Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé..... | 128 |
| Tabla 15.62. Parámetros Morfométricos U. H. Tributarios Embalse Tominé..... | 130 |
| Tabla 15.63. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Tributarios Embalse Tominé..... | 132 |
| Tabla 15.64. Calificación de los rangos de valores del IRH..... | 135 |
| Tabla 15.65. Caudal Ambiental Unidades Hidrográficas Subcuenca Río Teusacá..... | 166 |
| Tabla 15.66. Caudal Ambiental Unidades Hidrográficas Subcuenca Embalse Tominé..... | 167 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 15.1. Relación factor de forma – Hidrograma unitario. | 10 |
| Figura 15.2. Variación de la Curva Hipsométrica. | 11 |
| Figura 15.3. Mapa de pendientes U.H. río Alto Teusacá. | 14 |
| Figura 15.4. Curva hipsométrica U.H. Río Alto Teusacá. | 19 |
| Figura 15.5. Histograma de frecuencia de alturas U.H. Río Alto Teusacá. | 20 |
| Figura 15.6. Relación área – elevación U. H. Río Alto Teusacá. | 20 |
| Figura 15.7. Mapa de pendientes U. H. Quebrada San Lorenzo. | 21 |
| Figura 15.8. Curva hipsométrica U. H. Quebrada San Lorenzo. | 26 |
| Figura 15.9. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada San Lorenzo. | 26 |
| Figura 15.10. Relación área – elevación U. H. Quebrada San Lorenzo. | 27 |
| Figura 15.11. Mapa de pendientes U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 28 |
| Figura 15.12. Curva hipsométrica U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 32 |
| Figura 15.13. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 33 |
| Figura 15.14. Relación área – elevación U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 33 |
| Figura 15.15. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Aguas Claras. | 34 |
| Figura 15.16. Curva hipsométrica U. H. Quebrada Aguas Claras. | 39 |
| Figura 15.17. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada Aguas Claras. | 39 |
| Figura 15.18. Relación área – elevación U. H. Quebrada Aguas Claras. | 40 |
| Figura 15.19. Mapa de pendientes U.H. Quebrada el Asilo. | 41 |
| Figura 15.20. Curva hipsométrica U. H. Quebrada el Asilo. | 45 |
| Figura 15.21. Histograma de frecuencias U. H. Quebrada el Asilo. | 46 |
| Figura 15.22. Relación área – elevación U. H. Quebrada el Asilo. | 46 |
| Figura 15.23. Mapa de pendientes U.H. Río Medio Teusacá. | 47 |
| Figura 15.24. Curva hipsométrica U. H. Río Medio Teusacá. | 52 |
| Figura 15.25. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Medio Teusacá. | 52 |
| Figura 15.26. Relación área – elevación U. H. Río Medio Teusacá. | 53 |
| Figura 15.27. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Laureles. | 54 |
| Figura 15.28. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada Laureles. | 58 |
| Figura 15.29. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada Laureles. | 58 |
| Figura 15.30. Relación área – elevación U. H. Quebrada Laureles. | 59 |
| Figura 15.31. Mapa de pendientes U. H. Quebrada el Chuscal. | 60 |
| Figura 15.32. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada el Chuscal. | 64 |
| Figura 15.33. Histograma de Frecuencia de alturas U. H. Quebrada el Chuscal. | 64 |
| Figura 15.34. Relación área – elevación U. H. Quebrada el Chuscal. | 65 |
| Figura 15.35. Mapa de pendientes U. H. Río Bajo Teusacá. | 66 |
| Figura 15.36. Curva Hipsométrica U. H. Río Bajo Teusacá. | 70 |
| Figura 15.37. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Bajo Teusacá. | 70 |
| Figura 15.38. Relación área – elevación U. H. Río Bajo Teusacá. | 71 |
| Figura 15.39. Mapa de pendientes U. H. Río Chiguanos. | 72 |
| Figura 15.40. Curva hipsométrica U. H. Río Chiguanos. | 77 |
| Figura 15.41. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Chiguanos. | 78 |
| Figura 15.42. Relación área – elevación U. H. Río Chiguanos. | 78 |

| | |
|---|-----|
| Figura 15.43. Mapa de pendientes U. H. Río Alto Siecha. | 79 |
| Figura 15.44. Curva hipsométrica U. H. Río Alto Siecha..... | 84 |
| Figura 15.45. Histograma de frecuencias de alturas U. H. Río Alto Siecha..... | 84 |
| Figura 15.46. Relación área – elevación U. H. Río Alto Siecha..... | 85 |
| Figura 15.47. Mapa de pendientes U. H. Río Chipatá. | 86 |
| Figura 15.48. Curva hipsométrica U. H. Río Chipatá..... | 90 |
| Figura 15.49. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Chipatá. | 91 |
| Figura 15.50. Relación área – elevación U. H. Río Chipatá. | 91 |
| Figura 15.51. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Montoque. | 92 |
| Figura 15.52. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada Montoque. | 96 |
| Figura 15.53. Histograma de frecuencia de alturas. U. H. Quebrada Montoque..... | 97 |
| Figura 15.54. Relación área – elevación U. H. Quebrada Montoque..... | 97 |
| Figura 15.55. Mapa de pendientes U. H. Río Bajo Siecha. | 98 |
| Figura 15.56. Curva hipsométrica U. H. Río Bajo Siecha..... | 102 |
| Figura 15.57. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Bajo Siecha..... | 103 |
| Figura 15.58. Relación área – elevación U. H. Río Bajo Siecha..... | 103 |
| Figura 15.59. Mapa de pendientes U. H. Río Chiquito. | 104 |
| Figura 15.60. Curva hipsométrica U. H. Río Chiquito..... | 108 |
| Figura 15.61. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Chiquito. | 109 |
| Figura 15.62. Relación área – elevación U. H. Río Chiquito..... | 109 |
| Figura 15.63. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Corales..... | 110 |
| Figura 15.64. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada Corales..... | 115 |
| Figura 15.65. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada Corales. | 115 |
| Figura 15.66. Relación área – elevación U. H. Quebrada Corales. | 116 |
| Figura 15.67. Mapa de pendientes U. H. Río Medio y Bajo Aves. | 117 |
| Figura 15.68. Curva hipsométrica U. H. Río Medio y Bajo Aves. | 121 |
| Figura 15.69. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Medio y Bajo Aves. | 121 |
| Figura 15.70. Relación área – elevación U. H. Río Medio y Bajo Aves. | 122 |
| Figura 15.71. Mapa de pendientes U. H. Río Alto Aves. | 123 |
| Figura 15.72. Curva hipsométrica U. H. Río Alto Aves..... | 127 |
| Figura 15.73. Histograma de frecuencia de alturas U. H. río Alto Aves..... | 127 |
| Figura 15.74. Relación área – elevación U. H. Río Alto Aves..... | 128 |
| Figura 15.75. Mapa de pendientes U. H. Tributarios Embalse Tominé. | 129 |
| Figura 15.76. Curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Tributarios Embalse Tominé..... | 133 |
| Figura 15.77. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Tributarios Embalse Tominé.. | 133 |
| Figura 15.78. Relación área – elevación U. H. Tributarios Embalse Tominé. | 134 |
| Figura 15.79. Curva de duración de caudales río Teusacá – Puente Francis. | 137 |
| Figura 15.80. Histograma caudal río Teusacá – Puente Francis..... | 137 |
| Figura 15.81. Curva de duración de caudales río Teusacá – La Cabaña..... | 138 |
| Figura 15.82. Histograma caudal río Teusacá – La Cabaña. | 138 |
| Figura 15.83. Curva de duración de caudales río Teusacá – El Vergel..... | 139 |
| Figura 15.84. Histograma caudal río Teusacá – El Vergel. | 139 |
| Figura 15.85. Curva de duración de caudales río Teusacá – Puente Adobes. | 140 |
| Figura 15.86. Histograma caudal río Teusacá – Puente Adobes..... | 140 |
| Figura 15.87. Curva de duración de caudales UH Río Alto Teusacá..... | 142 |
| Figura 15.88. Curva de duración de caudales UH San Lorenzo..... | 143 |

| | |
|--|-----|
| Figura 15.89. Curva de duración de caudales UH Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras. | 144 |
| Figura 15.90. Curva de duración de caudales UH Aguas Claras. | 145 |
| Figura 15.91. Curva de duración de caudales UH Medio Teusacá..... | 146 |
| Figura 15.92. Curva de duración de caudales UH Quebrada El Asilo. | 147 |
| Figura 15.93. Curva de duración de caudales UH Quebrada Laureles. | 148 |
| Figura 15.94. Curva de duración de caudales UH Quebrada El Chuscal. | 149 |
| Figura 15.95. Curva de duración de caudales UH Bajo Teusacá. | 150 |
| Figura 15.96. IRH Río Teusacá. | 151 |
| Figura 15.97. Curva de duración de caudales río Chipatá – Santo Domingo. | 152 |
| Figura 15.98. Histograma río Chipatá – Santo Domingo. | 153 |
| Figura 15.99. Curva de duración de caudales río Siecha – San Isidro. | 153 |
| Figura 15.100. Histograma de caudales río Siecha – San Isidro. | 154 |
| Figura 15.101. Curva de duración de caudales río Aves – La Vega..... | 154 |
| Figura 15.102. Histograma de caudales río Aves – La Vega..... | 155 |
| Figura 15.103. Curva de duración de caudales UH Río Chiguanos. | 156 |
| Figura 15.104. Curva de duración de caudales UH Río Alto Siecha. | 157 |
| Figura 15.105. Curva de duración de caudales UH Río Chipatá. | 158 |
| Figura 15.106. Curva de duración de caudales UH Quebrada Montoque. | 159 |
| Figura 15.107. Curva de duración de caudales UH Río Chiquito. | 160 |
| Figura 15.108. Curva de duración de caudales UH Quebrada Corales. | 161 |
| Figura 15.109. Curva de duración de caudales UH Alto Aves. | 162 |
| Figura 15.110. Curva de duración de caudales UH Río Medio y Bajo Aves. | 163 |
| Figura 15.111. Curva de duración de caudales UH Río Bajo Siecha. | 164 |
| Figura 15.112. IRH Embalse de Tominé. | 165 |

15. OFERTA HÍDRICA E INDICADORES

15.1 Análisis Morfométrico

El análisis morfométrico de una cuenca, reviste una gran importancia, debido a la relación existente entre la morfometría y el comportamiento hidrológico de la misma, algunas de estas características impactan directamente el drenaje de la cuenca, mientras que otras están relacionadas con la velocidad de respuesta de esta frente a un evento.

Estos elementos, están directamente relacionados con el régimen hidrológico, lo que hace que el cálculo de estos factores sea de gran utilidad para el conocimiento de la cuenca, ya que permiten establecer relaciones de comparación con datos hidrológicos conocidos o nos pueden ayudar a establecer datos hidrológicos en sectores donde no se tenga la suficiente información.

Para poder identificar, estudiar y analizar el comportamiento de los componentes del ciclo hidrológico, se hace indispensable el conocimiento de las características físicas concernientes a la cuenca, a la red de drenaje y al cauce principal.

Existen algunos parámetros que se pueden definir como generales y que corresponden a la mínima información que debemos conocer, para formarnos una idea inicial de la cuenca, estos parámetros son: *Área, Longitud, Ancho de la Cuenca* y la *Diferencia Altitudinal*; otros parámetros son los que nos definen la forma de la cuenca como el *Índice de Compacidad o de Gravelius*, el *Factor de Forma Adimensional de Horton*; también existen unos parámetros que nos permiten la caracterización del relieve de la cuenca como: la *Curva Hipsométrica*, el *Histograma de Frecuencias Altimétricas*, la *Altura Media de la Cuenca*, la *Pendiente Media de la Cuenca*, la *Pendiente Media del Cauce Principal*; por último, se tienen los parámetros que nos permiten caracterizar la red de canales como: la *Densidad de Drenaje*.

Otro factor determinante en este tipo de análisis es el *Análisis de Pendientes* (forma del relieve), ya que entre mayor sean los desniveles mayores serán las velocidades de circulación y menor el tiempo de concentración, lo que implica un rápido aumento de caudales en un lapso de tiempo muy corto.

A continuación, se hace una pequeña definición de cada uno de estos parámetros y la forma de cálculo, para posteriormente empezar a desarrollarlos a nivel de Unidad Hidrográfica.

- *Análisis de Pendientes*: La pendiente del terreno está definida por el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en un punto y la vertical. Su estimación es sencilla a partir del modelo digital del terreno y se basa en el cálculo de la pendiente de un plano de ajuste en cada punto o celda del modelo.

En el desarrollo del presente estudio, para la clasificación de pendientes se tomó como base la Resolución No. 2965 de septiembre 12 de 1995, capítulo II criterios y definiciones, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC que a continuación transcribimos:

“Ligeramente ondulado: Tierras con ondulaciones ligeras, con lomos a alturas aproximadamente similares, cuyas pendientes varían entre 1 – 3 y 3 – 7%.

Ondulado: Tierras con lomos ligeramente planos o redondeados a alturas aproximadamente similares y pendientes cortas, que varían entre 1 – 3 y 7 – 12%.

Fuertemente ondulado: Tierras con lomos ligeramente planos o redondeados a alturas aproximadamente similares y pendientes cortas, que varían entre 1- 3 y 12 -25%.

Fuertemente quebrado: Tierras con diferentes formas: Inclinaciones y longitud de pendientes, las cuales pueden ser cortas o largas con lomos redondeados, afilados, o ambos con pendientes de 25 – 50%.

Escarpado: Tierras con diferentes formas e inclinaciones, con pendientes largas y diferencias apreciables de nivel entre los puntos más altos y más bajos: Lomos de cualquier forma. Las pendientes se encuentran entre 50 – 75%.

Muy escarpado: Tierra con pendientes largas y diferencias apreciables de nivel con pendientes mayores del 75%”.

Según la clasificación anterior los terrenos con pendientes menores a 7% se califican como planos a ligeramente inclinados u ondulados. Las pendientes entre 7 y 25% describen relieves de tipo ondulado con grados que van de moderado a fuertemente ondulado o colinado. Las pendientes entre 25-50% califican como relieve fuertemente quebrado o escarpado. En el rango entre 50 hasta 75% se considera que el relieve es moderadamente escarpado. Finalmente, las pendientes por encima de 75% se consideran como fuertemente empinadas o muy escarpadas.

En la Tabla 15.1, se presenta la distribución de pendientes utilizada en el presente análisis.

Tabla 15.1 Distribución de pendientes.

| Rango | Descripción del relieve |
|-----------|-------------------------|
| 0 - 3 % | Ligeramente plano |
| 3 - 7 % | Ligeramente inclinado |
| 7 - 12 % | Moderadamente ondulado |
| 12 - 25 % | Fuertemente ondulado |
| 25 - 50 % | Fuertemente quebrado |
| 50 - 75 % | Moderadamente escarpado |
| > 75 % | Fuertemente empinado |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Área: El área de la cuenca está definida por la línea perimetral que nos sirve de divisoria de aguas con áreas hidrográficas adyacentes, y que corresponde a la máxima altura existente entre las dos, este parámetro permite identificar otros elementos de la cuenca, ya que el aumento del área genera un aumento de caudales, actúa como un factor

de compensación ya que permite detectar crecientes instantáneas y de respuesta inmediata en cuencas pequeñas, con mayor facilidad que en cuencas grandes.

- **Longitud:** Definida como la distancia medida paralelamente a la fuente, entre el punto más alto del cauce aguas arriba en donde la tendencia general del cauce corta la línea divisoria de aguas y el punto más bajo aguas abajo en donde desemboca la corriente o punto de salida.
- **Ancho:** este parámetro está definido por la mayor distancia medida perpendicular a la corriente entre dos puntos de la divisoria de aguas, algunos autores la definen como W y es la relación existente entre el área (A) y la longitud de la corriente (L).

$$W = A/L$$

- **Diferencia altitudinal:** Corresponde a la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la cota más baja.
- **Índice de compacidad o de Gravelius:** Es la relación entre el perímetro (P) y el perímetro de un círculo que contenga la misma área A de la cuenca:

$$K = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Aunque la mayoría de cuencas tienden a tener forma de pera, este índice lo que muestra es que una cuenca de forma circular tiene una mayor posibilidad de producir avenidas muy grandes dada su simetría.

Tabla 15.2. Valores de clasificación según la forma de la subcuenca.

| Valores de K_0 | Forma |
|------------------|---------------------------------------|
| 1.00 – 1.25 | Redonda a oval redonda |
| 1.25 – 1.50 | De oval redonda a oval oblonga |
| 1.50 – 1.75 | De oval oblonga a rectangular oblonga |

Por definición, este coeficiente tiene un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma circular exacta. Cuanto más se acerque el valor a la unidad, mayor será la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento. Se han establecido tres categorías para la clasificación de este parámetro. (Tabla 15.2).

- **Factor de forma adimensional de Gravelius:** Este factor (K_f) hace una relación entre el área de la cuenca (A) y la longitud de la misma (L), medida en línea recta desde la salida hasta el límite cerca de la cabecera del cauce principal.

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

Este índice se relaciona con la forma del Hidrograma Unitario (SIG, 2013).

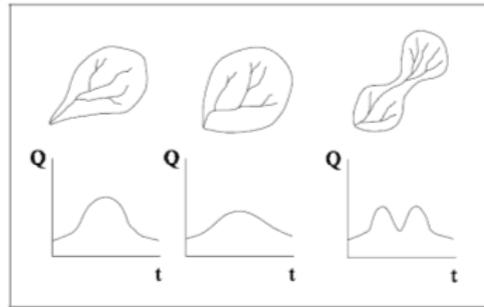


Figura 15.1. Relación factor de forma – Hidrograma unitario.

En algunos casos se utiliza la siguiente clasificación de las cuencas de acuerdo con los valores de los factores de forma obtenidos:

Tabla 15.3 Clases de valores de forma.

| Rangos de $\frac{A}{l^2}$ | Clases de forma |
|---------------------------|------------------------|
| 0,01 – 0,18 | Muy poco achatada |
| 0,18 – 0,36 | Ligeramente achatada |
| 0,36 – 0,54 | Moderadamente achatada |

- Índice de alargamiento (Horton): Relacionado con el comportamiento de la forma de la cuenca, con su tendencia a ser de forma alargada, en relación con su longitud axial y al ancho máximo de la cuenca.

$$I_a = \frac{l_m}{l}$$

En donde: I_a : Índice de alargamiento
 l_m : Longitud máxima de la cuenca
 l : Ancho máximo de la cuenca

Las cuencas que presentan valores mayores a 1, presentan una forma más larga que ancha, mientras que las cuencas cuyo índice se aproxima a 1 presentan una forma más ancha que larga.

Tabla 15.4. Clases de valores de alargamiento.

| Rangos de I_a | Clases de alargamiento |
|-----------------|------------------------|
| 0,0 – 1,4 | Poco alargada |
| 1,5 – 2,8 | Moderadamente alargada |
| 2,9 – 4,2 | Muy alargada |

- Índice asimétrico: Este índice (I_{as}) evalúa la homogeneidad de la distribución de la red de drenaje, relacionando las áreas de las vertientes, mayor (A_{may}) y menor (A_{men}).

$$I_{as} = \frac{A_{may}}{A_{men}}$$

Cuando el valor obtenido es mayor a 1 se habla de un cauce principal bastante recargado a una de las vertientes y cuando el valor obtenido se aproxima a 1 se habla de un cauce principal uniformemente distribuido.

- Curva hipsométrica: Corresponde a la representación gráfica de la variación del área drenada con la altura de la superficie de la cuenca y nos indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada.

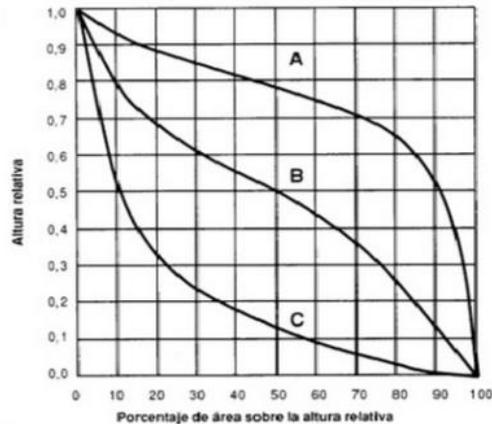


Figura 15.2. Variación de la Curva Hipsométrica.

Como se observa en la Figura 15.2, (DOMINGUEZ C, 2015); la Curva A, se dice que corresponde a una cuenca con gran potencial erosivo (fase de juventud), la Curva B nos representa a una cuenca que se encuentra en equilibrio (fase de madurez), mientras que la Curva C, es la representación de una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

- Histograma de frecuencias altimétricas: Corresponde a la representación de la superficie en Km² o en porcentaje, comprendida entre dos niveles, siendo la marca de clase el promedio de las alturas, este diagrama contiene la misma información de la curva hipsométrica pero representado de una manera diferente, pero nos da la variación de alturas en la cuenca desde un punto de vista probabilístico.

- Altura media de la cuenca: Nos indica la elevación promedio referida al nivel de la cota más baja o boca de la cuenca.

- Pendiente media de la cuenca: Es un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, debido a la velocidad que adquiere y a la erosión que produce. Se obtiene con la media ponderada de las pendientes de todas las superficies de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante.

$$I_m = \frac{E_d * \sum l_i}{A}$$

En donde: I_m : Pendiente media de la cuenca (m/Km)
 E_d : Valor de la equidistancia entre las curvas de nivel (m)
 l_i : Longitud de cada una de las curvas de nivel enmarcadas dentro
de la cuenca (Km)
 A : Área de la cuenca (Km²).

- Pendiente media del cauce principal: Entendida como el desnivel entre los extremos del cauce (cota mayor – cota menor), dividido entre la longitud horizontal de dicho tramo.

- Densidad de drenaje: Es el resultado de dividir la longitud total de las corrientes existentes dentro de las cuencas (efímeras, permanentes e intermitentes), por el área total de la misma.

$$D_d = \frac{\sum l_i}{A}$$

En donde: D_d : Densidad de drenaje (m/Km²).
 l_i : Longitud de cada una de las corrientes superficiales enmarcadas dentro de la cuenca (Km).
 A : Área de la cuenca (Km²).

- Coefficiente de Masividad: Es la relación entre la altitud media del relieve obtenida de la curva hipsométrica y el área proyectada de la cuenca. Entre mayor sea la altura media del relieve y menor sea el área de drenaje, mayor será el coeficiente de masividad, por lo que en cuencas pequeñas y montañosas se obtendrán valores bastante grandes, y valores pequeños en cuencas extensas y de bajas pendientes.

Este coeficiente, es un indicador de la vulnerabilidad a la degradación y de las bondades de aprovechamiento hidroenergético del sistema evaluado.

- Tiempo de concentración T_c (Kirpich): Una forma sencilla de definirlo, es señalar que el tiempo de concentración es aquel tiempo que tarda una partícula de agua en viajar desde el punto más remoto hasta el punto de interés, lo que equivaldría al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial.

La fórmula propuesta por Kirpich para este cálculo es:

$$T_c = 3.97 * \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.395}} \right)$$

En donde:
 T_c : Tiempo de Concentración en minutos (min).
 L : Longitud del cauce principal en (Km).
 S : Pendiente del cauce principal. (m/m).

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos de los parámetros morfométricos de las subcuencas: Río Teusacá y embalse de Tominé, para cada una de las Unidades Hidrográficas establecidas.

15.1.1 Subcuenca río Teusacá.

En la Tabla 15.5, se relacionan las Unidades Hidrográficas en que ha sido subdividida la subcuenca del río Teusacá, que serán tenidas en cuenta en el desarrollo del presente estudio y a continuación, se hace la descripción de los parámetros morfométricos obtenidos para cada una de ellas.

Tabla 15.5. Unidades Hidrográficas subcuenca río Teusacá.

| Cuenca | Subcuenca | Unidad Hidrográfica | Código |
|------------|-------------|---|----------|
| RÍO BOGOTÁ | Río Teusacá | Río Alto Teusacá | 21201306 |
| | | Quebrada San Lorenzo | 21201307 |
| | | Río Teusacá hasta Quebrada Aguas Claras | 21201305 |
| | | Quebrada Aguas Claras | 21201304 |
| | | Quebrada el Asilo | 21201308 |
| | | Río Medio Teusacá | 21201303 |
| | | Quebrada Laureles | 21201302 |
| | | Quebrada el Chuscal | 21201309 |
| | | Río Bajo Teusacá | 21201301 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.1.1 Unidad hidrográfica río Alto Teusacá.

- Análisis de Pendientes: El análisis de pendientes, se hace a partir de la generación en Arc-Gis del modelo digital de elevación a partir de imágenes satelitales y de las curvas de nivel, en este caso cada 20 m, luego se generó el mapa de pendientes del área de estudio y sobre él se hace la clasificación según los parámetros establecidos.

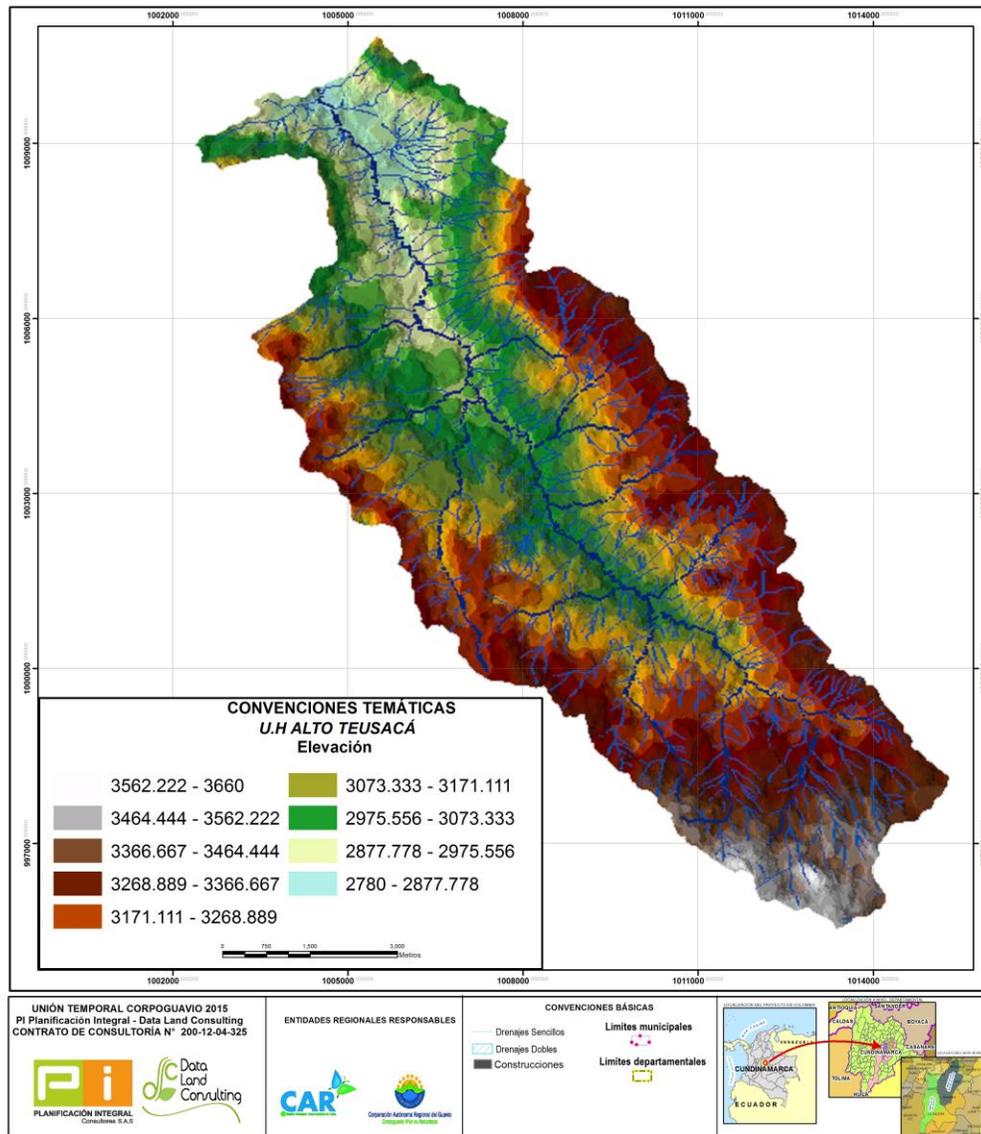


Figura 15.3. Mapa de pendientes U.H. río Alto Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

En la Figura 15.3, se muestra el mapa de pendientes de la unidad hidrográfica y en la Tabla 15.6, se presentan los resultados obtenidos, haciendo una revisión de los mismos, se tiene que el 56,64% del área total de la cuenca, más de la mitad del área de la Unidad Hidrográfica, equivalentes a 203,716 Has, presenta relieves que varían de ondulados a colinados y escarpados, con pendientes que fluctúan entre el 12 y el 50%; con pendientes entre el 0% y el 12% encontramos 121,619 Has, y con pendientes entre el 50% y mayores al 75% se tienen 34,33 Has, en terrenos cuyo relieve fluctúa entre escarpado a muy escarpado.

Lo anterior nos permite concluir que la mayor parte del área de la U.H. presenta pendientes que fluctúan entre medias a altas, ya que la mayor parte de sus terrenos se extienden en zonas con pendientes entre el 12% y el 50%.

Tabla 15.6. Distribución de pendientes U.H. río Alto Teusacá.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 305,460 | 3,055 | 5,663 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 337,674 | 3,377 | 6,260 |
| 7 – 12% | Ondulado | 548,104 | 5,481 | 10,161 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 1730,150 | 17,302 | 32,075 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 1987,101 | 19,871 | 36,839 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 408,354 | 4,084 | 7,570 |
| > 75% | Muy escarpado | 77,218 | 0,772 | 1,432 |
| TOTAL | | 5394,059 | 53,941 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

A continuación, en la Tabla 15.7, se muestran los resultados del cálculo de los demás parámetros morfométricos, luego se hace una breve evaluación de los resultados obtenidos.

Tabla 15.7. Parámetros morfométricos U.H. río Alto Teusacá.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Alto Teusacá |
|--|-----------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3615 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2800 |
| Diferencia altitudinal (m) | 815 |
| Área (Km ²) | 53,952 |
| Perímetro (Km) | 43,988 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 18,520 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 291,353 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 13,780 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 4,660 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 2,913 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 4,401 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,044 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 859,374 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 318,569 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,284 |
| Índice de compacidad (Gravelius) | 1,677 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 3148,10 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 2,957 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 5400,224 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 29,918 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 24,034 |
| Índice de asimetría | 1,245 |

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Alto Teusacá |
|--|-----------------------|
| Coefficiente de masividad | 58,350 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 125,061 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

- Diferencia altitudinal: Esta Unidad Hidrográfica, se desarrolla entre los 3615 m.s.n.m., en donde nace la quebrada el Verjón y los 2800 m.s.n.m., en donde el río Teusacá se aproxima a la conexión con el Embalse de San Rafael, la diferencia de alturas es de 815 m.

- Área: El área de esta Unidad Hidrográfica es de 5395,2 Has equivalentes a 53,952 Km², por lo que se considera como una cuenca pequeña.

- Perímetro: El perímetro definido como la longitud de la línea divisoria de aguas o línea de divorcio de aguas es de 43,988 Km.

- Longitud del drenaje de la cuenca: En la determinación de este parámetro, se hacen dos tipos de mediciones, el primero es el de la longitud del drenaje principal en este caso desde el nacimiento de la quebrada el Verjón, hasta proximidades de la confluencia del río Teusacá en el Embalse de San Rafael, en este caso la longitud del drenaje principal es de 18,52 Km.

La otra medición corresponde a la sumatoria de la longitud de todos los cauces existentes en la Unidad Hidrológica, lo que nos permite obtener un valor total de longitud de drenajes de 291,353 Km.

- Longitud de la cuenca: Esta dada por la medida en línea recta y siguiendo el sentido del cauce principal entre la parte más alta de la cuenca y el punto más bajo o salida, en este caso dicha distancia es de 13,78 Km.

- Ancho de la cuenca: Una manera de determinar este ancho, es haciendo una medida de los puntos extremos localizados sobre la perpendicular a la medida de la longitud del drenaje principal, en este caso el valor obtenido fue de 4,66 Km. El ancho entendido como la relación entre el área y la longitud de la corriente dio un valor de 2,913 Km.

- Pendiente media de la corriente: Esta variable, tiene una incidencia directa sobre el tiempo de concentración de la Unidad Hidrológica, para el caso la pendiente media de la corriente es del 4,401%, este valor de pendiente expresado en unidades de m/m es de 0,044, por cada metro que se avanza horizontalmente, se asciende 0,044 m.

- Pendiente media del área de drenaje: Para el cálculo de este parámetro, se toma en cuenta la sumatoria de las longitudes de las curvas de nivel inscritas dentro de la Unidad hidrológica, en este caso 859,374 Km, la separación entre las mismas 20 m, y el área de la cuenca 53,952 Km², aplicando la fórmula tenemos que la pendiente media del

área de drenaje es de 318,569 m/Km lo que me indica que por cada kilómetro que se avanza horizontalmente se ascienden 318,569 m. en la vertical.

- Factor de forma (Gravelius): relaciona el área de la cuenca con la longitud de la misma, el resultado es de 0,284, por ser un valor alejado de la unidad, nos habla de una cuenca que no está sujeta a grandes crecidas, nos representa un área de drenaje de forma ligeramente achatada, pues se encuentra en el rango entre 0,18 y 0,36.

- Índice de compacidad (Gravelius): Es la relación del perímetro con el área, lo que nos permite determinar que entre más se asemeje la forma de la cuenca a una forma circular, mayor será la posibilidad de que en ella se presenten grandes avalanchas, en este caso el valor obtenido es de 1,677 lo que nos indica que la Unidad Hidrológica tiene una forma que puede variar de oval oblonga rectangular oblonga, lo que se traduce en que es una U.H. más larga que ancha y con muy pocas probabilidades de concentrar grandes volúmenes de agua de escorrentía.

- Altura media (m.s.n.m.): Valor que se obtiene de la curva hipsométrica equivalente al promedio de altura que maneja la Unidad Hidrográfica, en este caso es de 3148,10 m.s.n.m.

- Índice de alargamiento (Horton): El resultado de este índice es de 2,957 lo que nos indica que el área de drenaje tiene una forma muy alargada.

- Densidad de drenaje (m/Km²): Al cuantificar el grado de desarrollo del sistema hidrográfico de esta unidad, encontramos un valor de 5400,224 m de drenaje por Km² de área o 5,4 Km por Km² de área.

- Índice de asimetría: Para su cálculo se hizo necesaria la medición de las áreas existentes a cada lado de la corriente principal, en la U.H. río Alto Teusacá, el área mayor es de 29,918 Km² y se localiza en la margen izquierda aguas abajo del cauce, el área de la margen derecha es de 24,034 Km² y el índice de asimetría es de 1,245, lo que nos indica que se trata de un área de drenaje ligeramente asimétrica recargada sobre su vertiente derecha.

- Coefficiente de masividad: Relacionando la altura media de la U.H. con el área de la misma se obtiene un coeficiente de masividad de 58,35, por tratarse de un valor medio, nos indica que se trata de un área de drenaje grande, alargada y poco montañosa.

- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): En el cálculo de este índice se obtuvo un valor de 125,06 minutos que sería el tiempo que demora el escurrimiento de la U.H después de terminada la lluvia, un valor considerablemente alto, debido a la forma alargada de la Unidad Hidrológica y las bajas pendientes de la misma.

- Curva hipsométrica: La curva hipsométrica, nos permite conocer la distribución de masa en la cuenca desde su cota más alta hasta su cota más baja, al momento de graficar, se colocan en las ordenadas las alturas y en las abscisas los valores de áreas que se encuentran por encima de las alturas correspondientes, referidas al área total de la

cuenca. Por lo general esta curva tiene una forma sigmoideal cóncava hacia arriba en la parte superior y convexa en la parte baja.

En la Tabla 15.8, se relacionan los valores y los cálculos necesarios para graficar la curva hipsométrica de la U. H. Río Alto Teusacá, y en la Figura 15.4, se muestra la curva respectiva, la forma de la misma, nos permite concluir que estamos frente a una cuenca en equilibrio que se encuentra en fase de madurez.

Tabla 15.8. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Alto Teusacá.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------|------------|--|---------------------|----------------------|-------------|
| 2800 | 2820 | 2810 | 17,24 | 0,1724 | 0,32 | 100,00 | 484,55 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 76,08 | 0,7608 | 1,41 | 99,68 | 2153,09 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 74,28 | 0,7428 | 1,38 | 98,27 | 2117,00 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 101,76 | 1,0176 | 1,89 | 96,89 | 2920,42 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 83,38 | 0,8338 | 1,55 | 95,01 | 2409,57 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 104,41 | 1,0441 | 1,94 | 93,46 | 3038,32 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 93,32 | 0,9332 | 1,73 | 91,52 | 2734,41 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 124,40 | 1,2440 | 2,31 | 89,79 | 3669,83 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 191,01 | 1,9101 | 3,54 | 87,49 | 5672,91 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 220,57 | 2,2057 | 4,09 | 83,95 | 6594,98 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 217,06 | 2,1706 | 4,02 | 79,86 | 6533,57 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 232,32 | 2,3232 | 4,31 | 75,83 | 7039,19 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 198,97 | 1,9897 | 3,69 | 71,53 | 6068,46 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 205,60 | 2,0560 | 3,81 | 67,84 | 6311,86 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 209,48 | 2,0948 | 3,88 | 64,03 | 6473,01 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 209,01 | 2,0901 | 3,87 | 60,14 | 6500,18 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 181,06 | 1,8106 | 3,36 | 56,27 | 5667,14 |
| Altura Media | | 3148,097731 | | | | 53,23 | |
| 3140 | 3160 | 3150 | 196,88 | 1,9688 | 3,65 | 52,91 | 6201,77 |
| Elevación Mediana | | 3165,957652 | | | | 50,00 | |
| 3160 | 3180 | 3170 | 235,63 | 2,3563 | 4,37 | 49,26 | 7469,55 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 232,41 | 2,3241 | 4,31 | 44,89 | 7413,91 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 273,91 | 2,7391 | 5,08 | 40,59 | 8792,50 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 306,60 | 3,0660 | 5,68 | 35,51 | 9903,08 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 313,04 | 3,1304 | 5,80 | 29,82 | 10173,79 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 266,05 | 2,6605 | 4,93 | 24,02 | 8699,70 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 206,74 | 2,0674 | 3,83 | 19,09 | 6801,58 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 165,80 | 1,6580 | 3,07 | 15,26 | 5488,14 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 112,65 | 1,1265 | 2,09 | 12,18 | 3751,33 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 96,64 | 0,9664 | 1,79 | 10,09 | 3237,46 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 51,35 | 0,5135 | 0,95 | 8,30 | 1730,57 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 43,58 | 0,4358 | 0,81 | 7,35 | 1477,46 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 41,21 | 0,4121 | 0,76 | 6,54 | 1405,41 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 53,25 | 0,5325 | 0,99 | 5,78 | 1826,37 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 41,40 | 0,4140 | 0,77 | 4,79 | 1428,43 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 51,16 | 0,5116 | 0,95 | 4,02 | 1775,34 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| 3480 | 3500 | 3490 | 58,55 | 0,5855 | 1,09 | 3,07 | 2043,49 |
| 3500 | 3520 | 3510 | 32,69 | 0,3269 | 0,61 | 1,99 | 1147,32 |
| 3520 | 3540 | 3530 | 23,97 | 0,2397 | 0,44 | 1,38 | 846,16 |
| 3540 | 3560 | 3550 | 20,84 | 0,2084 | 0,39 | 0,94 | 739,96 |
| 3560 | 3580 | 3570 | 13,36 | 0,1336 | 0,25 | 0,55 | 476,92 |
| 3580 | 3600 | 3590 | 8,53 | 0,0853 | 0,16 | 0,30 | 306,12 |
| 3600 | 3620 | 3610 | 2,65 | 0,0265 | 0,05 | 0,15 | 95,77 |
| 3620 | 3640 | 3630 | 3,03 | 0,0303 | 0,06 | 0,10 | 110,06 |
| 3640 | 3660 | 3650 | 2,08 | 0,0208 | 0,04 | 0,04 | 76,08 |
| 3660 | 3680 | 3670 | 0,09 | 0,0009 | 0,002 | 0,002 | 3,48 |
| TOTAL | | | 5394,06 | 53,94 | 100,00 | 0,00 | 169810,26 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Adicionalmente la construcción de la curva nos permite obtener la altura media, que para el caso es de 3148,09 m.s.n.m., y la elevación mediana, 3165,95 m.s.n.m., sobre esta altura se distribuye la mitad del área de la U. H. y bajo ella la mitad restante.

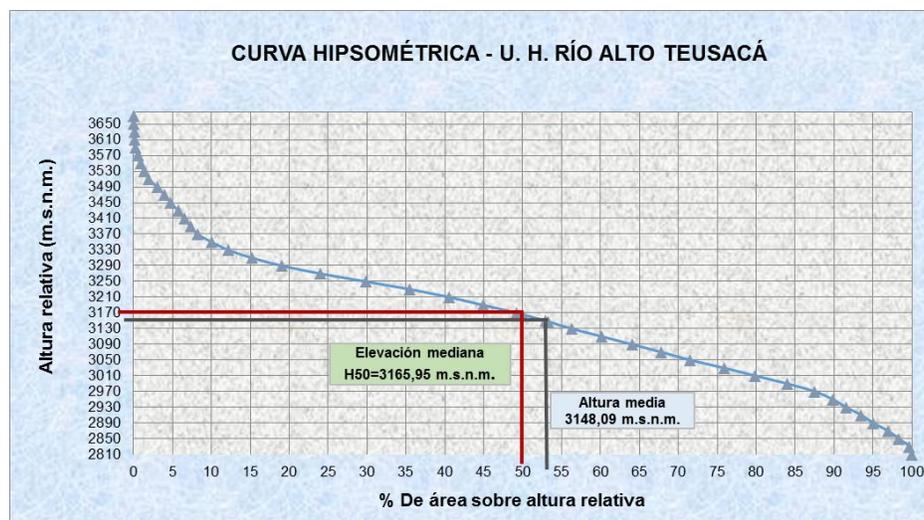


Figura 15.4. Curva hipsométrica U.H. Río Alto Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Histograma de frecuencias altimétricas: El análisis de las frecuencias altimétricas, se utiliza en la descripción de altitudes sucesivas, frecuencias de ciertos niveles, como la altitud de determinados sitios, puntos más altos en áreas de muestreo, altitudes de cumbres o las de áreas llanas o de depresiones.

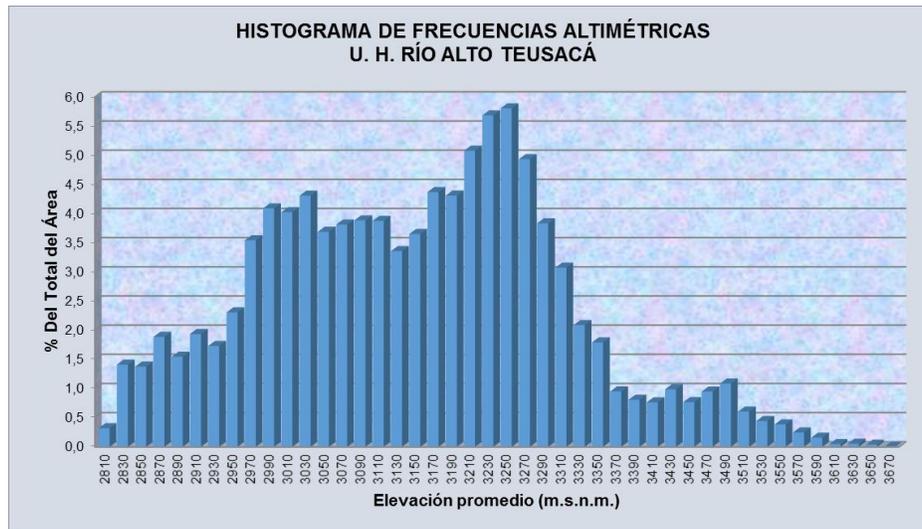


Figura 15.5. Histograma de frecuencia de alturas U.H. Río Alto Teusacá.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la construcción de esta gráfica se toma la información de la Tabla 15.8 y su representación está en la Figura 15.5, como se determinó anteriormente, la U. H. se desarrolla entre los 2800 y los 3615 m.s.n.m., las alturas que más se repiten se encuentra entre los 3210 y los 3270 m.s.n.m., en este intervalo se encuentra representado el 21,49% de las alturas de la Unida Hidrográfica.

- Relación curva hipsométrica – histograma de frecuencias altimétricas: La Figura 15.6 nos representa la combinación de la curva hipsométrica y el histograma de frecuencias de la Unidad Hidrográfica Río Alto Teusacá.

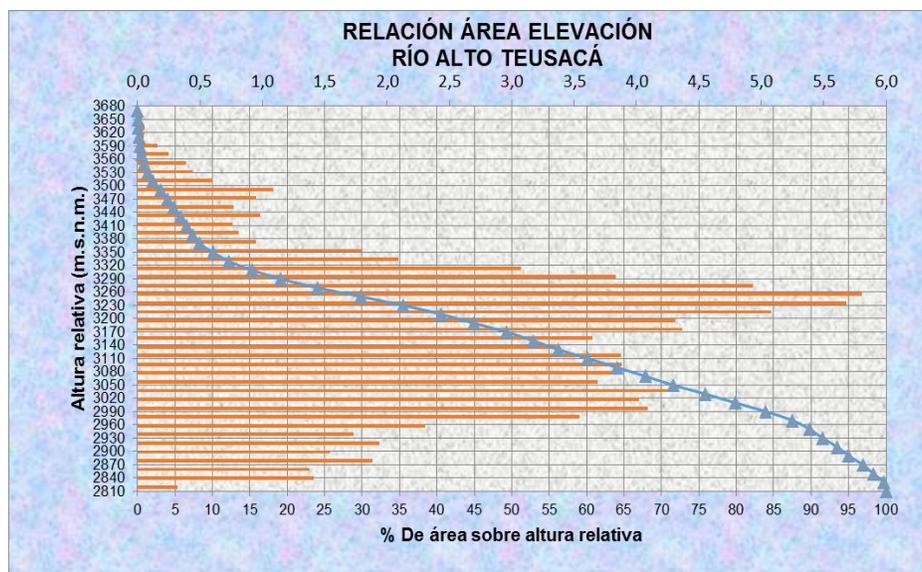


Figura 15.6. Relación área – elevación U. H. Río Alto Teusacá.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La gráfica nos permite observar claramente como entre los 3210 m.s.n.m. y los 3270 m.s.n.m., se incrementa la frecuencia de alturas, mientras que por abajo y por encima de este rango las frecuencias disminuyen, la altura más repetida es 3250 m.s.n.m. con el 5,80%, seguida de 3230 m.s.n.m. con el 5,68%.

15.1.1.2 Unidad hidrográfica quebrada San Lorenzo.

- Análisis de Pendientes: Con el modelo digital del terreno, generado en Arc-Gis a partir de imágenes satelitales y de las curvas de nivel en este caso cada 20 m, se generó el mapa de pendientes del área de estudio y sobre él se hizo la clasificación según los parámetros establecidos, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 15.7, y en la Tabla 15.9.

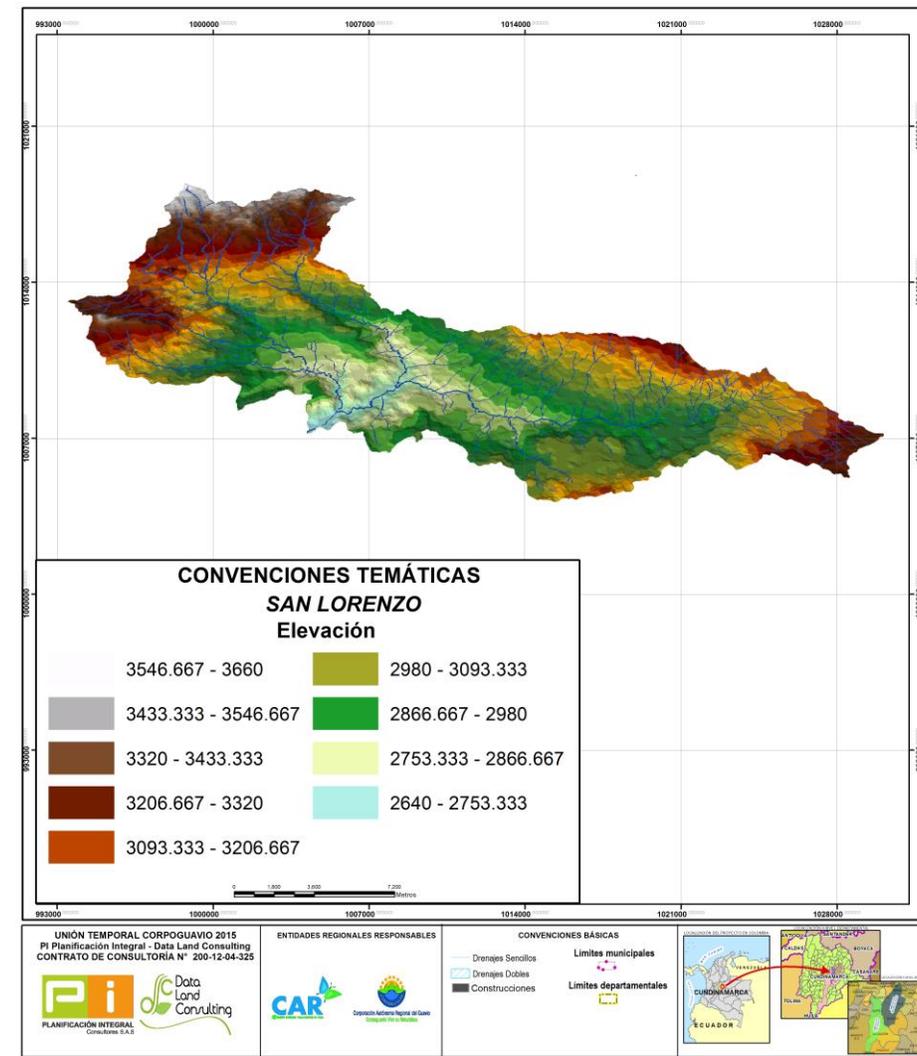


Figura 15.7. Mapa de pendientes U. H. Quebrada San Lorenzo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En esta Unidad Hidrográfica, la característica principal es tener el 70,594% de su área en zonas con relieves que varían de ondulado a colinado con pendientes entre el 7 y el 25%, (4378 Has); las pendientes superiores al 50%, están representadas en el 1,85% del área y equivalen a 114,737 Has, representada en relieves de escarpados a muy escarpados, por último, los relieves planos, ondulados ocupan el 21,636% (1341,788 Has.).

Tabla 15.9. Distribución de pendientes U.H. Quebrada San Lorenzo.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 491,351 | 4,914 | 7,923 |
| 3 - 7% | Plano a Ondulado | 850,437 | 8,504 | 13,713 |
| 7 - 12% | Ondulado | 2353,861 | 23,539 | 37,955 |
| 12 - 25% | Ondulado a Colinado | 2024,146 | 20,241 | 32,639 |
| 25 - 50% | Colinado a Escarpado | 367,139 | 3,671 | 5,920 |
| 50 - 75% | Escarpado a muy escarpado | 114,737 | 1,147 | 1,850 |
| > 75% | Muy escarpado | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| TOTAL | | 6201,671 | 62,017 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 15.10, se muestran los resultados del cálculo de los parámetros morfométricos de la U.H Quebrada San Lorenzo, posteriormente se hace una breve evaluación de los resultados obtenidos.

Tabla 15.10. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada San Lorenzo.

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada San Lorenzo |
|--|---------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3660 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2640 |
| Diferencia altitudinal (m) | 1020 |
| Área (Km ²) | 65,047 |
| Perímetro (Km) | 55,076 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 14,130 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 211,347 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 7,500 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 3,690 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 0,308 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 7,219 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,072 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 955,033 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 293,643 |
| Factor de forma (Gravelius) | 1,156 |
| Índice de compacidad (Gravelius) | 1,912 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 3037,72 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 2,033 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3249,135 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 37,51 |

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada San Lorenzo |
|--|---------------------------|
| Área vertiente menor (Km ²) | 27,54 |
| Índice de asimetría | 1,36 |
| Coefficiente de masividad | 46,70 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 83,93 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** En esta Unidad Hidrográfica se localizan varias quebradas como: De Santos, San Rafael, La Socha, Simayá, Tembladeros, los Morenos, Rajadero o Fonseca, Santa Catalina, Tres Quebradas, Cerro Verde, el Arizal y San Lorenzo, la parte más alta se localiza a los 3660 m.s.n.m., en donde se ubica el nacimiento de la quebrada Tres Quebradas y la parte más baja a los 2640 m.s.n.m. en donde se conectan las quebradas Simayá y San Lorenzo con el río Teusacá, alcanzando una diferencia de alturas de 1020 m.
- **Área:** El área de la U.H. es de 65,047 Km², (6504,7 Has), por lo que se considera una cuenca pequeña.
- **Perímetro:** La divisora de guas que separa a la Unidad Hidrográfica Quebrada San Lorenzo de las áreas de drenaje circundantes mide 55,076 Km.
- **Longitud del drenaje de la cuenca:** Medida desde la parte más alta donde nace la quebrada Tres Quebradas hasta la parte alta del nacimiento de la quebrada de Santos es de 14,13 Km; la sumatoria de la totalidad de los drenajes existentes en la U.H. es de 211,347 Km.
- **Longitud de la cuenca:** La línea recta que une los extremos de la Unidad Hidrográfica en el sentido del cauce principal, tiene una longitud de 7,5 Km.
- **Ancho de la cuenca:** Medido en sentido perpendicular a la línea sobre la cual se midió la longitud de la cuenca tenemos una distancia entre puntos extremos de 3,69 Km; al obtener este parámetro por la fórmula que relaciona la longitud con el área de drenaje, se obtiene un valor de 0,308 Km.
- **Pendiente media de la corriente:** Obtenida por la relación entre la diferencia altitudinal del drenaje principal y la longitud del mismo, la pendiente media de la corriente es de 7,21% igual 0,072 m/m.
- **Pendiente media del área de drenaje:** Para la obtención de este parámetro se midieron y sumaron las longitudes de las curvas de nivel al interior de la Unidad Hidrográfica, se obtuvo un valor de 955,033 Km, adicionalmente se tuvo en cuenta la distancia entre curvas de nivel que para el caso es de 20 m, al final el valor obtenido fue de 293,643 m/Km, es decir que, por 1 Km avanzado horizontalmente, ascendemos 293,643 m.

- Factor de forma (Gravelius): Nos define a una Unidad Hidrográfica con forma moderadamente achatada, ya que el valor del índice es de 1,156.
- Índice de compacidad (Gravelius): El valor obtenido en el cálculo de este índice es de 1,912 lo que nos habla de una unidad de drenaje con una forma que varía de oval oblonga a rectangular oblonga, es decir más larga que ancha.
- Altura media (m.s.n.m.): El valor de la altura media obtenida con los cálculos hechos para graficar la curva hipsométrica es de 3037,72 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): Nos habla de una cuenca moderadamente alargada, ya que el valor obtenido es de 2,033 y se encuentra en el rango de 1,5 a 2,8 establecido.
- Densidad de drenaje (m/Km²): Nos indica que por cada Km² de área hay 3249,135 m. de drenaje o 3,2 Km.
- Índice de asimetría: Haciendo la medición de las áreas localizadas a lado y lado del cauce principal, se tiene que el área mayor es de 37,51 Km² y se localiza en la margen derecha aguas abajo del drenaje principal (quebrada de Santos), el área de la vertiente menor localizada al costado izquierdo aguas debajo de la quebrada de Santos es de 27,54 Km², el índice de asimetría es de 1,36, la cuenca se encuentra recargada sobre la margen derecha del cauce principal.
- Coefficiente de masividad: Nos indica que tenemos una Unidad Hidrográfica con un área pequeña en terrenos de bajas pendientes, ya que el valor obtenido es bajo 46,70.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): Por tratarse de una U.H. con un área pequeña y valores bajos de pendientes, tanto del terreno como del cauce principal, se obtiene un tiempo de escurrimiento de 83,93 min.
- Curva hipsométrica: La U. H. río Pan de Azúcar, se localiza entre los 2630 y los 3530 m.s.n.m., en la Tabla 15.11, se relacionan las diversas alturas existentes al interior de la U. H. y se hacen los cálculos respectivos; en la Figura 15.8, se hace la representación gráfica de la misma.

Tabla 15.11. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada San Lorenzo.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------|--|---------------------|----------------------|-------------|
| 2660 | 2680 | 21,13 | 0,21 | 0,32 | 100,00 | 564,13 |
| 2680 | 2700 | 21,41 | 0,21 | 0,33 | 99,68 | 576,00 |
| 2700 | 2720 | 36,00 | 0,36 | 0,55 | 99,35 | 975,69 |
| 2720 | 2740 | 52,30 | 0,52 | 0,80 | 98,79 | 1427,78 |
| 2740 | 2760 | 63,95 | 0,64 | 0,98 | 97,99 | 1758,72 |
| 2760 | 2780 | 94,37 | 0,94 | 1,45 | 97,01 | 2613,96 |
| 2780 | 2800 | 113,69 | 1,14 | 1,75 | 95,56 | 3172,08 |
| 2800 | 2820 | 144,20 | 1,44 | 2,22 | 93,81 | 4052,10 |



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA DEL EMBALSE DE TOMINÉ DEL CUAL HACEN PARTE LOS RÍOS SIECHA –
AVES Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS, Y DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO TEUSACÁ Y
PRINCIPALES TRIBUTARIOS EN LAS JURISDICIONES DE LA CAR Y CORPOGUAVIO LAS
CUALES PERTENECEN A LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ



| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| 2820 | 2840 | 2830 | 200,86 | 2,01 | 3,09 | 91,59 | 5684,36 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 221,70 | 2,22 | 3,41 | 88,50 | 6318,59 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 254,87 | 2,55 | 3,92 | 85,10 | 7314,65 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 257,42 | 2,57 | 3,96 | 81,18 | 7439,55 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 262,26 | 2,62 | 4,03 | 77,22 | 7631,65 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 344,31 | 3,44 | 5,29 | 73,19 | 10088,16 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 336,92 | 3,37 | 5,18 | 67,90 | 9939,01 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 307,83 | 3,08 | 4,73 | 62,72 | 9142,51 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 328,58 | 3,29 | 5,05 | 57,99 | 9824,48 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 305,55 | 3,06 | 4,70 | 52,94 | 9197,20 |
| Elevación Mediana | | 3017,475969 | | | | 50,00 | |
| 3020 | 3040 | 3030 | 262,82 | 2,63 | 4,04 | 48,24 | 7963,58 |
| Altura Media | | 3037,722037 | | | | 46,68 | |
| 3040 | 3060 | 3050 | 268,13 | 2,68 | 4,12 | 44,20 | 8177,97 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 336,63 | 3,37 | 5,17 | 40,08 | 10334,58 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 277,23 | 2,77 | 4,26 | 34,91 | 8566,28 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 220,28 | 2,20 | 3,39 | 30,65 | 6850,82 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 209,10 | 2,09 | 3,21 | 27,26 | 6544,94 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 157,94 | 1,58 | 2,43 | 24,05 | 4975,14 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 125,06 | 1,25 | 1,92 | 21,62 | 3964,54 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 135,77 | 1,36 | 2,09 | 19,70 | 4331,08 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 132,55 | 1,33 | 2,04 | 17,61 | 4254,83 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 106,68 | 1,07 | 1,64 | 15,58 | 3445,88 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 105,07 | 1,05 | 1,61 | 13,94 | 3414,87 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 95,03 | 0,95 | 1,46 | 12,32 | 3107,48 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 77,98 | 0,78 | 1,20 | 10,86 | 2565,40 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 76,65 | 0,77 | 1,18 | 9,66 | 2537,09 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 77,31 | 0,77 | 1,19 | 8,48 | 2574,50 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 66,04 | 0,66 | 1,01 | 7,30 | 2212,26 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 62,91 | 0,63 | 0,97 | 6,28 | 2120,10 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 47,47 | 0,47 | 0,73 | 5,31 | 1609,15 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 48,98 | 0,49 | 0,75 | 4,58 | 1670,34 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 40,17 | 0,40 | 0,62 | 3,83 | 1377,90 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 41,50 | 0,41 | 0,64 | 3,21 | 1431,70 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 46,52 | 0,47 | 0,72 | 2,58 | 1614,25 |
| 3480 | 3500 | 3490 | 34,30 | 0,34 | 0,53 | 1,86 | 1197,00 |
| 3500 | 3520 | 3510 | 24,63 | 0,25 | 0,38 | 1,33 | 864,65 |
| 3520 | 3540 | 3530 | 18,19 | 0,18 | 0,28 | 0,96 | 642,15 |
| 3540 | 3560 | 3550 | 14,69 | 0,15 | 0,23 | 0,68 | 521,34 |
| 3560 | 3580 | 3570 | 10,80 | 0,11 | 0,17 | 0,45 | 385,60 |
| 3580 | 3600 | 3590 | 8,43 | 0,08 | 0,13 | 0,28 | 302,72 |
| 3600 | 3620 | 3610 | 5,50 | 0,05 | 0,08 | 0,15 | 198,38 |
| 3620 | 3640 | 3630 | 2,75 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 99,74 |
| 3640 | 3660 | 3650 | 1,33 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 48,42 |
| 3660 | 3680 | 3670 | 0,47 | 0,00 | 0,01 | 0,007 | 17,39 |
| TOTAL | | | 6506,28 | 65,06 | 100,00 | 0,00 | 197642,66 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

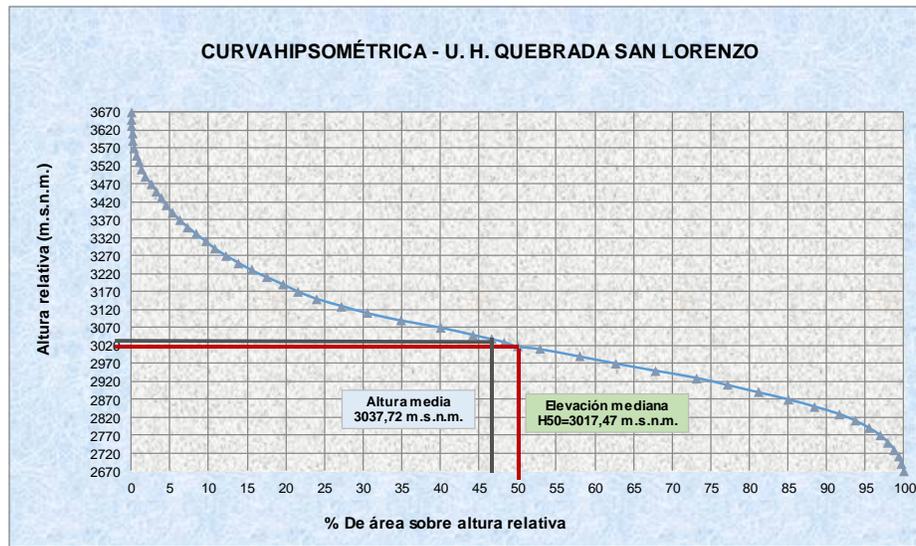


Figura 15.8. Curva hipsométrica U. H. Quebrada San Lorenzo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La forma que toma la curva hipsométrica de la Figura 15.8, nos indica que la cuenca se encuentra en equilibrio y que ha alcanzado su fase de madurez, la altura media de la U. H. obtenida es de 3037,72 m.s.n.m., en tanto que la altura a la que la mitad del área se encuentra por arriba es de 3017,47 m.s.n.m.

- Histograma de frecuencias altimétricas: Con la información de la Tabla 15.11, se procedió a construir la gráfica de la Figura 15.9, en el histograma podemos ver la distribución de alturas en la Unidad Hidrográfica, con intervalos de 20 m, entre las curvas de nivel, los valores de altura que más se repiten están entre los 2910 y los 3090 m.s.n.m.

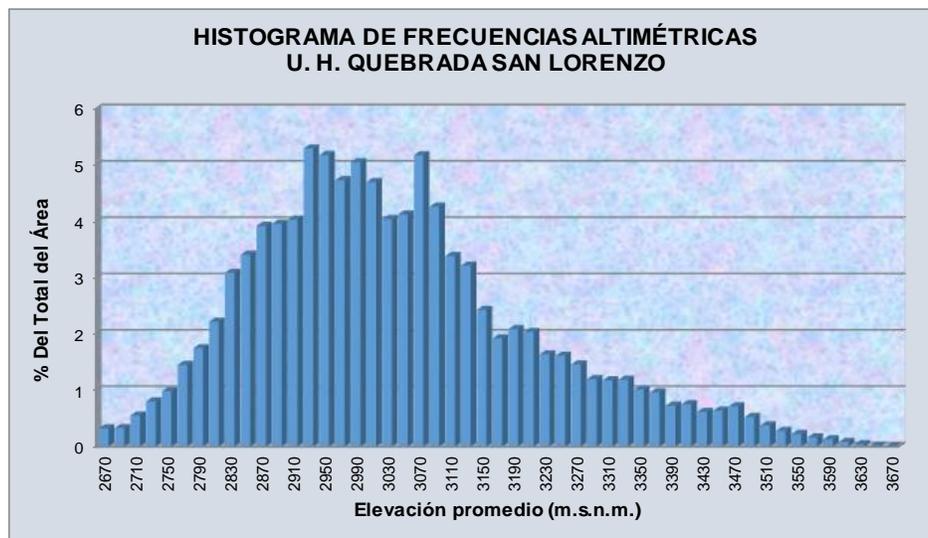


Figura 15.9. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada San Lorenzo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Relación curva hipsométrica – histograma de frecuencias altimétricas: La gráfica de la Figura 15.10, nos muestra la distribución de las alturas respecto de la curva hipsométrica, los valores menos repetidos de alturas, se localizan en las partes más altas de la Unidad Hidrográfica, la altura que más se repite es 2930, seguida de 2950, 2990 y 3070 m.s.n.m., los valores más bajos están a partir de los 3550 m.s.n.m.

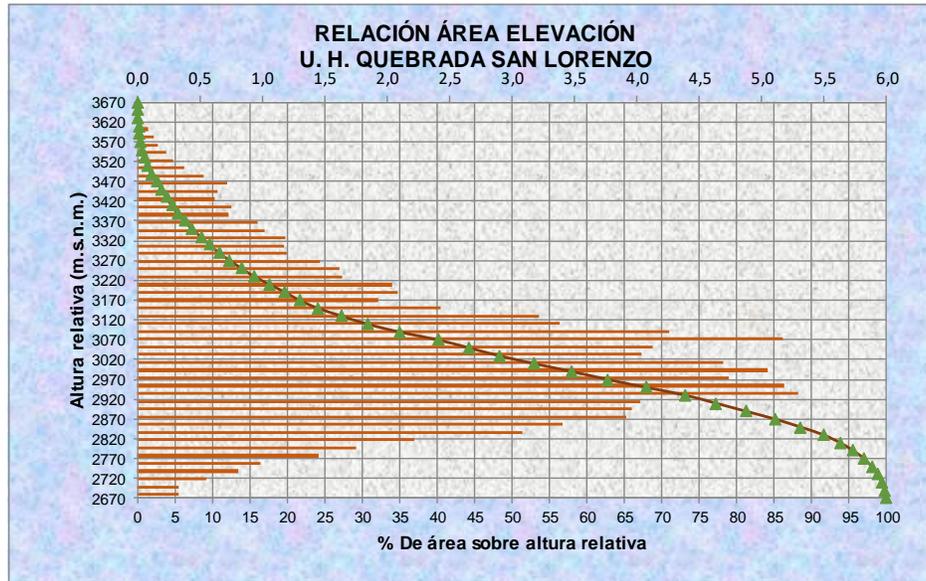


Figura 15.10. Relación área – elevación U. H. Quebrada San Lorenzo.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.1.3 Unidad hidrográfica río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

- Análisis de Pendientes: Con el modelo digital del terreno, generado en Arc-Gis a partir de imágenes satelitales y de las curvas de nivel en este caso cada 20 m, se generó el mapa de pendientes del área de estudio y sobre él se hizo la clasificación según los parámetros establecidos.

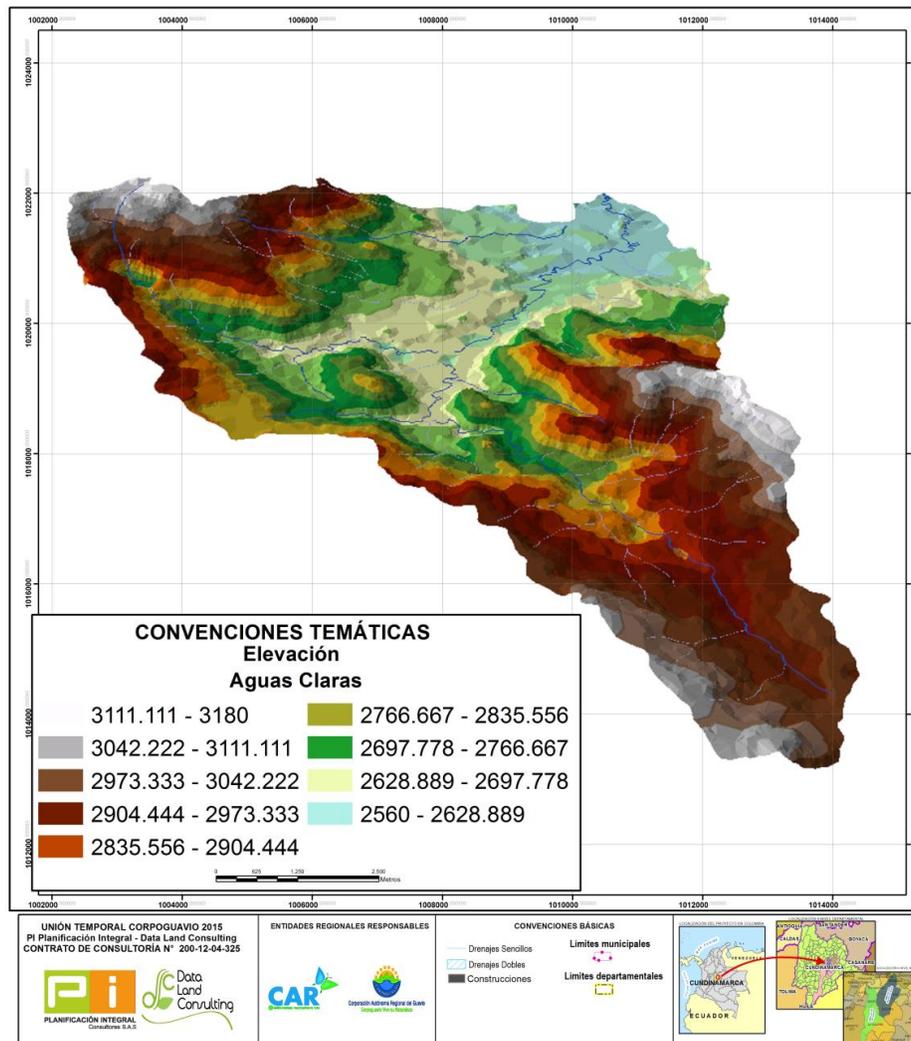


Figura 15.11. Mapa de pendientes U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.
Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

Tabla 15.12. Distribución de pendientes U.H. Río Teusacá, hasta quebrada Aguas Claras.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 398,784 | 3,988 | 7,984 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 377,182 | 3,772 | 7,551 |
| 7 – 12% | Ondulado | 574,064 | 5,741 | 11,493 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 1488,454 | 14,885 | 29,799 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 1412,184 | 14,122 | 28,272 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 466,149 | 4,661 | 9,332 |
| > 75% | Muy escarpado | 278,173 | 2,782 | 5,569 |
| TOTAL | | 4994,991 | 49,950 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

En la Tabla 15.12, se muestra el resultado de la evaluación de pendientes de la Unidad Hidrográfica, y en la Figura 15.11, se muestra el modelo digital del terreno, se puede observar que el 58,071% del área, (2900,638 Has), presenta pendientes que varían entre el 12% y el 50%, relieves que fluctúan entre ondulado, colinado y escarpado, el 11,901% del área presenta pendientes mayores al 50%, relieves que varían de escarpados a muy escarpados y el 27,028% del área restante, (1350,03 Has), presenta pendientes que varían del 7 al 12%, relieves entre planos y ondulados.

A continuación, en la Tabla 15.13, se presentan los resultados de los cálculos de los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

Tabla 15.13. Parámetros morfométricos U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras |
|--|--|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3180 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2560 |
| Diferencia Altitudinal (m) | 620 |
| Área (Km ²) | 49,952 |
| Perímetro (Km) | 39,763 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 10,590 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 91,725 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 5,28 |
| Ancho de la cuenca (medido)(Km) | 4,46 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 0,545 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 5,855 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,059 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 877,269 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 351,241 |
| Factor de forma (Gravelius) | 1,792 |
| Coefficiente de compacidad (Gravelius) | 1,575 |
| Elevación media (m.s.n.m.) | 2816,865 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,184 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 1836,25 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 27,231 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 22,722 |
| Índice de asimetría | 1,198 |
| Coefficiente de masividad | 56,391 |
| Tiempo de concentración T _c (Kirpich) (min) | 72,858 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: En esta Unidad Hidrográfica, se localiza el Embalse de San Rafael, las quebradas: Aposentos, la Nutria, Agua Hedionda y San Cayetano, entre otras las cotas más altas se presentan al sur occidente del embalse de San Rafael y en el nacimiento de las quebradas Agua Hedionda y San Cayetano, 3180 m.s.n.m. y las cotas

más bajas se localizan en las proximidades del río Teusacá después de la desembocadura de las quebradas antes mencionadas, la diferencia altitudinal es de 620 m.

- Área: El área de la U.H. es de 49,952 Km², (4995,2 Has), por lo que se considera una cuenca pequeña.

- Perímetro: La divisora de guas que separa a la Unidad Hidrográfica río Teusacá, hasta quebrada Aguas Claras de las áreas de drenaje circundantes mide 39,763 Km.

- Longitud del drenaje de la cuenca: La longitud del drenaje principal de esta Unidad Hidrográfica es de 10,59 Km, medio sobre el cauce del río Teusacá, desde antes de que entregue sus aguas al Embalse de San Rafael, hasta antes de la confluencia de la quebrada Aguas Claras; la sumatoria de las longitudes de todos los drenajes existentes en la Unidad Hidrográfica es de 91,725 Km.

- Longitud de la cuenca: La línea recta que une el punto antes del ingreso del río Teusacá al Embalse de San Rafael, hasta el punto antes de la confluencia de la quebrada Aguas Claras, tiene una longitud de 5,28 Km.

- Ancho de la cuenca: Medido en sentido perpendicular a la línea sobre la cual se midió la longitud de la cuenca tenemos una distancia entre puntos extremos de 4.46 Km; al obtener este parámetro por la fórmula que relaciona la longitud con el área de drenaje, se obtiene un valor de 0,545 Km.

- Pendiente media de la corriente: Obtenida por la relación entre la diferencia altitudinal del drenaje principal y la longitud del mismo, se obtuvo un valor de 5,85% igual 0,059 m/m.

- Pendiente media del área de drenaje: Para la obtención de este parámetro se midieron y sumaron las longitudes de las curvas de nivel al interior de la Unidad Hidrográfica, se obtuvo un valor de 877,269 Km, adicionalmente se tuvo en cuenta la distancia entre curvas de nivel que para el caso es de 20 m, al final el valor obtenido fue de 351,241 m/Km, es decir que, por 1 Km avanzado horizontalmente, ascendemos 351,241 m.

- Factor de forma (Gravelius): Nos define a una Unidad Hidrográfica con forma moderadamente achatada, ya que el valor del índice es alto, 1,792.

- Índice de compacidad (Gravelius): El valor obtenido en el cálculo de este índice es de 1,575 lo que nos habla de una unidad de drenaje con una forma que varía de oval oblonga a rectangular oblonga, es decir más larga que ancha y poca tendencia a concentrar fuertes volúmenes de agua de escurrimiento.

- Altura media (m.s.n.m.): El valor de la altura media obtenida con los cálculos hechos para graficar la curva hipsométrica es de 2816,865 m.s.n.m.

- Índice de alargamiento (Horton): Nos habla de una cuenca poco alargada, ya que el valor obtenido es de 1.184 y se encuentra en el rango de 0,0 a 1,4 establecido.
- Densidad de drenaje (m/Km²): Nos indica que por cada Km² de área hay 1836,25 m. de drenaje o 1,8 Km.
- Índice de asimetría: Haciendo el seguimiento al drenaje principal, río Teusacá en este caso, se tiene que el área de la vertiente izquierda aguas abajo en el sentido que corre el río es mayor que la que se encuentra en la margen derecha, en la margen izquierda se tiene un área de 27,231 Km² y en la margen derecha 22,722 Km²; el índice de asimetría es de 1,198, lo que nos indica que el cauce principal se encuentra cargado hacia el costado derecho del área de drenaje.
- Coefficiente de masividad: Nos indica que tenemos una Unidad Hidrográfica con un área pequeña en terrenos de bajas pendientes, ya que el valor obtenido es bajo 56,391.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): Por tratarse de una U.H. con un área pequeña y valores bajos de pendientes, tanto del terreno como del cauce principal, se obtiene un tiempo de escurrimiento de 72,858 min.
- Curva hipsométrica: La U. H. río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras, se localiza entre los 2560 y los 3180 m.s.n.m., en la Tabla 15.14, se relacionan las diversas alturas existentes al interior de la U. H. y se hacen los cálculos respectivos; en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se hace la representación gráfica de la misma.

Tabla 15.14. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e _i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A _i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | A _i * e _i |
|--------------------------------------|------|--|------------|---|---------------------|----------------------|---------------------------------|
| 2560 | 2580 | 2570 | 76,65 | 0,766 | 1,535 | 100,00 | 1969,89 |
| 2580 | 2600 | 2590 | 193,38 | 1,934 | 3,871 | 98,47 | 5008,44 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 92,28 | 0,923 | 1,847 | 94,59 | 2408,57 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 113,41 | 1,134 | 2,270 | 92,75 | 2982,70 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 117,67 | 1,177 | 2,356 | 90,48 | 3118,36 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 176,70 | 1,767 | 3,538 | 88,12 | 4717,91 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 155,00 | 1,550 | 3,103 | 84,58 | 4169,60 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 206,17 | 2,062 | 4,127 | 81,48 | 5587,11 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 241,98 | 2,420 | 4,844 | 77,35 | 6606,06 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 289,64 | 2,896 | 5,799 | 72,51 | 7965,03 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 358,99 | 3,590 | 7,187 | 66,71 | 9944,06 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 320,90 | 3,209 | 6,425 | 59,52 | 8953,21 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 466,72 | 4,667 | 9,344 | 53,10 | 13114,75 |
| Elevación Mediana | | 2816,630126 | | | | 50,00 | |
| Altura Media | | 2816,864947 | | | | 46,96 | |
| 2820 | 2840 | 2830 | 296,08 | 2,961 | 5,928 | 43,75 | 8379,07 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 229,57 | 2,296 | 4,596 | 37,83 | 6542,71 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 204,84 | 2,048 | 4,101 | 33,23 | 5878,91 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 170,83 | 1,708 | 3,420 | 29,13 | 4936,88 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| 2900 | 2920 | 2910 | 166,66 | 1,667 | 3,336 | 25,71 | 4849,74 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 151,59 | 1,516 | 3,035 | 22,37 | 4441,68 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 160,88 | 1,609 | 3,221 | 19,34 | 4745,90 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 157,28 | 1,573 | 3,149 | 16,12 | 4671,15 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 141,36 | 1,414 | 2,830 | 12,97 | 4226,68 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 135,11 | 1,351 | 2,705 | 10,14 | 4066,73 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 100,81 | 1,008 | 2,018 | 7,43 | 3054,52 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 69,64 | 0,696 | 1,394 | 5,42 | 2123,96 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 57,89 | 0,579 | 1,159 | 4,02 | 1777,21 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 40,08 | 0,401 | 0,802 | 2,86 | 1238,39 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 38,28 | 0,383 | 0,766 | 2,06 | 1190,42 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 32,12 | 0,321 | 0,643 | 1,29 | 1005,32 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 19,04 | 0,190 | 0,381 | 0,65 | 599,88 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 9,95 | 0,099 | 0,199 | 0,27 | 315,36 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 2,94 | 0,029 | 0,059 | 0,07 | 93,69 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 0,57 | 0,006 | 0,011 | 0,01 | 18,25 |
| TOTAL | | | 4994,99 | 49,95 | 100,00 | 0,00 | 140702,14 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

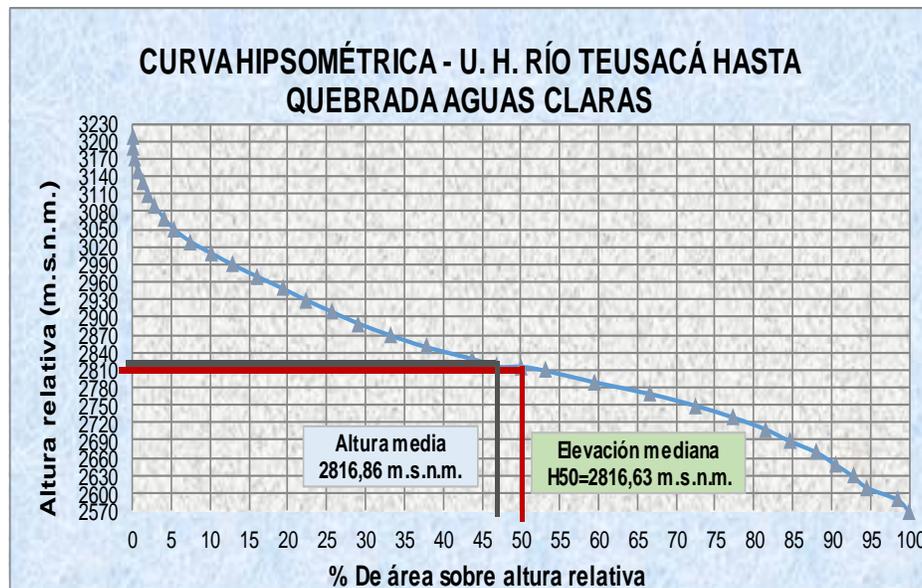


Figura 15.12. Curva hipsométrica U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Al observar la curva hipsométrica de esta Unidad Hidrográfica, tenemos que se trata de un área de drenaje en equilibrio, fase de madurez, al mismo tiempo obtenemos el valor de altura media de la unidad 2816,86 m.s.n.m., mientras que la altura que divide el área de la cuenca en dos partes iguales se localiza a los 2816,63 m.s.n.m.

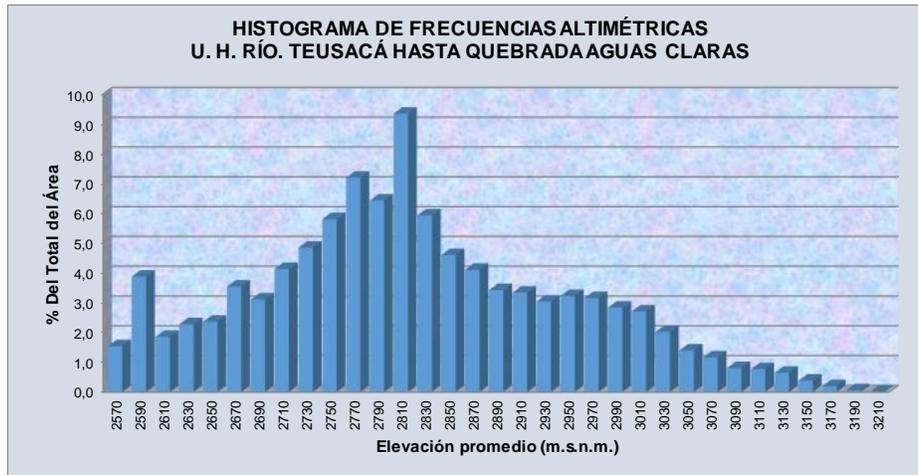


Figura 15.13. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Teusacá hasta quebrada

 Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En el histograma de la Figura 15.13, tenemos que los valores de altura que menos se

 repiten están a partir de los 3090 m.s.n.m., mientras que los valores de altura más

 repetidos corresponden a los 2810 m.s.n.m. (9,34%), seguido de 2770 m.s.n.m. (7,187%)

 y 2790 m.s.n.m. (6,425 %).

La Figura 15.14, corresponde a la representación gráfica de la relación área – elevación

 de la Unida Hidrográfica Río Teusacá hasta la quebrada Aguas Claras, la altura que

 menos se repite 0,011% corresponde a los 3210 m.s.n.m., la altura más repetida es 2810

 m.s.n.m. con el 9,344% del total del área; esta Unidad se distribuye entre los 2560

 m.s.n.m. y los 3180 m.s.n.m.

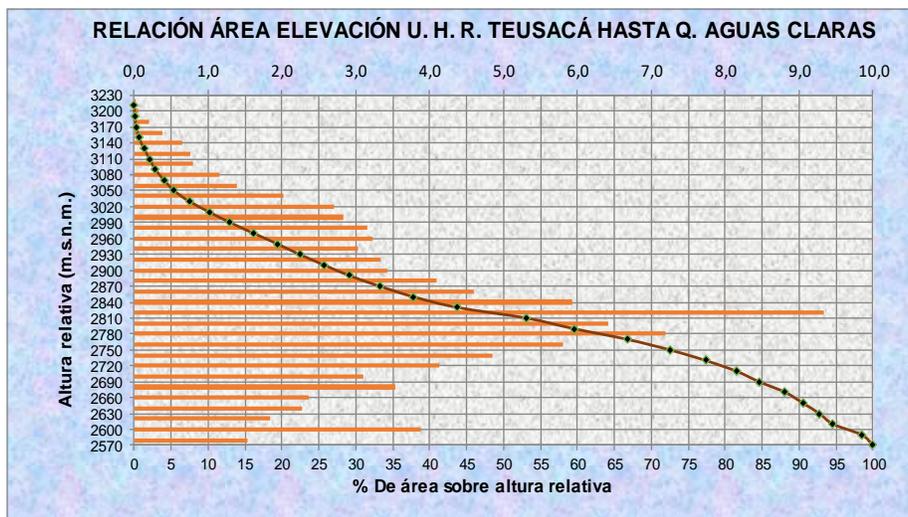


Figura 15.14. Relación área – elevación U. H. Río Teusacá hasta quebrada Aguas

 Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.1.4 Unidad Hidrográfica quebrada Aguas Claras.

- Análisis de pendientes: Una vez elaborado el modelo digital del terreno, (Figura 15.15), se procedió a hacer la evaluación de la distribución de pendientes de la Unidad Hidrográfica quebrada Aguas Claras, según los parámetros establecidos.

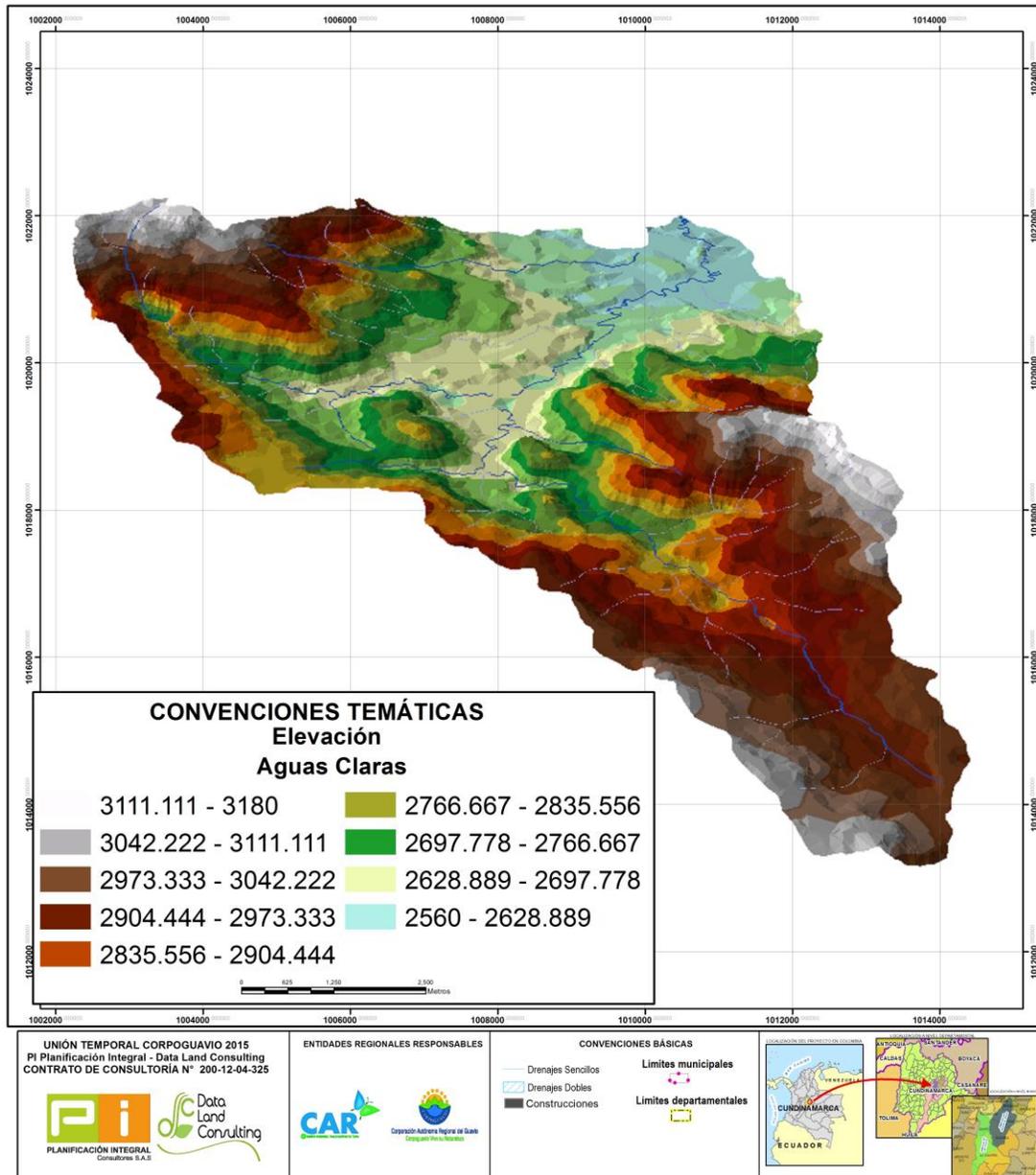


Figura 15.15. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal CorpoGUAVIO 2015.

Tabla 15.15. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Aguas Claras.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 162,205 | 1,622 | 5,627 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 199,819 | 1,998 | 6,932 |
| 7 – 12% | Ondulado | 293,617 | 2,936 | 10,186 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 841,531 | 8,415 | 29,195 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 1026,948 | 10,269 | 35,628 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 289,827 | 2,898 | 10,055 |
| > 75% | Muy escarpado | 68,501 | 0,685 | 2,376 |
| TOTAL | | 2882,447 | 28,824 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Revisando la información de la Tabla 15.15, podemos concluir que el 39,38% del total del área de la Unidad Hidrográfica, (1135,148 Has), presentan relieves conformas que varían de ondulado a colinado, con relieves de colinados a escarpados hay 1026,948 Has, el 35,62%, los relieves de escarpados a muy escarpados están en el 12,43% del total del área (358,328 Has) y el 12,55%, (362,024 Has), tienen relieves que fluctúan entre planos y ondulados.

A continuación, en la Tabla 15.16, se relacionan los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica quebrada Aguas Claras y a continuación se hace una breve evaluación de los mismos.

Tabla 15.16. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada Aguas Claras.

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada Aguas Claras |
|--|----------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3180 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2560 |
| Diferencia Altitudinal (m) | 620 |
| Área (Km ²) | 28,823 |
| Perímetro (Km) | 27,793 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 10,751 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 91,725 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 8,380 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 5,270 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 2,681 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 5,767 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,058 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 473,75 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 328,736 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,410 |
| Índice de compacidad (Gravelius) | 1,450 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 2802,76 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,590 |

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada Aguas Claras |
|--|----------------------------|
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3182,42 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 15,01 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 13,81 |
| Índice de asimetría | 1,087 |
| Coefficiente de masividad | 97,242 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 74,138 |

- Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: El total del área de esta Unidad Hidrográfica, se distribuye entre los 3180 y los 2560 m.s.n.m., las partes más altas, se localizan en el nacimiento de las quebradas Cartagena y Aguas Claras mientras que los parte más baja se encuentran en la confluencia de la quebrada Aguas Claras en el río Teusacá.

- Área: El área de la unidad Hidrográfica es de 2882,3 Has, equivalentes a 28,823 Km², esto nos indica que se trata de una subcuenca pequeña.

- Perímetro: La longitud de la línea divisoria de aguas o la línea parteaguas, que divide la unidad de las áreas de drenaje circundantes, es de 27,793 Km.

- Longitud del drenaje de la cuenca: La medida de la longitud del drenaje principal de la Unidad hidrográfica, se hizo desde el nacimiento de la quebrada la Nutria, continuando por esta hasta su confluencia en la quebrada Aguas Claras, hasta la desembocadura en el río Teusacá, esta longitud es de 10,751 Km.

Haciendo la medición de las longitudes de todas las fuentes de agua superficiales existentes en la unida Hidrográfica quebrada Aguas Claras y obteniendo su sumatoria, se tiene la longitud del drenaje de la cuenca, en este caso 91,725 Km.

- Longitud de la cuenca: La medida de la longitud de la cuenca, se hace sobre una línea recta trazada en el sentido del drenaje principal desde la parte más alta de la cuenca, hasta la salida de la misma, en este caso la longitud de la cuenca es de 8,38 Km.

- Ancho de la cuenca: Una forma de obtener el ancho de la cuenca es determinando la distancia entre los puntos extremos de la misma, sobre una línea perpendicular a la línea sobre la cual se midió la longitud de la misma, en este caso el valor obtenido es de 5,27 Km.

Para algunos autores, el ancho de la cuenca es el resultado del cociente entre el área y la longitud de la misma, en este caso el valor obtenido aplicando la fórmula es de 2,681 Km.

- Pendiente media de la Corriente: Relacionando la diferencia de alturas existente en la cuenca con la longitud del drenaje principal, se obtiene el valor de la pendiente media de la corriente, en este caso es del 5,76%, (0,058 m/m).

- *Pendiente media del área de drenaje:* Este parámetro, permite establecer el efecto del agua al caer sobre su superficie, debido a que entre mayor sea el valor de la pendiente, mayor será la velocidad del agua que discurra por la misma y mayores serán los efectos causados por la erosión, de la misma manera menor será el tiempo de concentración de la misma, la pendiente media de esta Unidad Hidrográfica es de 328,736 m/Km.
- *Factor de forma (Gravelius):* La Unidad Hidrográfica quebrada Aguas Claras, tiene una forma moderadamente achatada, de acuerdo con el valor obtenido de la relación entre el área y la longitud de la misma 0,410.
- *Índice de compacidad (Gravelius):* Este índice lo que busca es relacionar la forma de la cuenca con un círculo de la misma área, entre más cercano sea el valor a 1 la cuenca tenderá a tener una forma circular, aplicando la fórmula el valor obtenido es de 1,45, lo que nos indica que la forma de la unidad Hidrográfica varía de oval oblonga a rectangular oblonga, tiene forma más larga que ancha.
- *Altura media (m.s.n.m.):* Nos indica la altura media de la cuenca, con respecto a la cota más baja de la misma, para este caso la altura media es de 2802,76 m.s.n.m. y el porcentaje de área de la cuenca, que se encuentra por debajo de esta cota es del 48,83%.
- *Índice de alargamiento (Horton):* Está relacionado con el comportamiento de la forma de la cuenca y su tendencia a ser alargada en relación a su longitud Axial y al ancho máximo, el índice de alargamiento es de 1,59, valor alejado de 1, lo que nos corrobora que se trata de una cuenca de forma alargada, más larga que ancha.
- *Densidad de drenaje (m/Km²):* Es el valor obtenido de la relación entre el área total de la cuenca 28,823 Km² y la sumatoria de todos los drenajes existentes en el mismo 91,725 Km, la densidad de drenaje es de 3182,42 m/Km².
- *Índice de asimetría:* Nos permite evaluar la homogeneidad de la distribución del drenaje, respecto de las áreas a lado y lado del cauce principal, en la Unidad Hidrográfica quebrada Aguas Claras tenemos que, el área mayor se localizada en la margen izquierda aguas abajo del cauce principal quebrada la Nutria y quebrada Aguas Claras, 15,01 Km², el área menor, se localiza en la margen derecha del mismo 13,81 Km², el índice de asimetría es de 1,087, lo que nos indica que el cauce principal se encuentra recostado hacia su margen derecha.
- *Coefficiente de masividad:* El resultado obtenido 97,242, es un valor alto que nos indica que se trata de una cuenca pequeña y montañosa vulnerable a la degradación.
- *Tiempo de concentración (Kirpich) (m):* En esta unidad Hidrográfica, el tiempo que tarda una partícula de agua en viajar desde el punto más remoto hasta el punto de salida, es de 74,13 min, un valor relativamente alto, teniendo en cuenta la pendiente del cauce principal.

- Curva hipsométrica: En la Tabla 15.17, se muestra el detalle del cálculo de la curva hipsométrica de la unidad Hidrográfica quebrada Aguas Claras y en la Figura 15.16, se hace la representación gráfica de la misma.

Tabla 15.17. Cálculo Curva Hipsométrica e histograma de frecuencia U. H. Quebrada Aguas Claras.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 2560 | 2580 | 2570 | 37,140 | 0,371 | 1,29 | 100,00 | 954,51 |
| 2580 | 2600 | 2590 | 208,725 | 2,087 | 7,24 | 98,71 | 5405,97 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 91,619 | 0,916 | 3,18 | 91,47 | 2391,26 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 135,392 | 1,354 | 4,70 | 88,29 | 3560,80 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 165,521 | 1,655 | 5,74 | 83,59 | 4386,30 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 144,771 | 1,448 | 5,02 | 77,85 | 3865,40 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 138,708 | 1,387 | 4,81 | 72,83 | 3731,24 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 131,791 | 1,318 | 4,57 | 68,02 | 3571,54 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 121,843 | 1,218 | 4,23 | 63,45 | 3326,31 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 117,769 | 1,178 | 4,09 | 59,22 | 3238,64 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 116,916 | 1,169 | 4,06 | 55,13 | 3238,58 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 101,473 | 1,015 | 3,52 | 51,08 | 2831,09 |
| Elevación Mediana | | 2796,11578 | | | | 50,00 | |
| Altura Media | | 2802,757453 | | | | 48,83 | |
| 2800 | 2820 | 2810 | 96,356 | 0,964 | 3,34 | 47,56 | 2707,61 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 128,759 | 1,288 | 4,47 | 44,21 | 3643,89 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 111,042 | 1,110 | 3,85 | 39,75 | 3164,69 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 100,525 | 1,005 | 3,49 | 35,89 | 2885,07 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 97,304 | 0,973 | 3,38 | 32,41 | 2812,08 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 108,673 | 1,087 | 3,77 | 29,03 | 3162,39 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 103,273 | 1,033 | 3,58 | 25,26 | 3025,89 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 93,230 | 0,932 | 3,23 | 21,68 | 2750,28 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 90,293 | 0,903 | 3,13 | 18,44 | 2681,69 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 77,691 | 0,777 | 2,70 | 15,31 | 2322,97 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 80,818 | 0,808 | 2,80 | 12,62 | 2432,62 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 69,449 | 0,694 | 2,41 | 9,81 | 2104,29 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 45,194 | 0,452 | 1,57 | 7,40 | 1378,41 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 57,795 | 0,578 | 2,01 | 5,83 | 1774,30 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 43,488 | 0,435 | 1,51 | 3,83 | 1343,79 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 24,823 | 0,248 | 0,86 | 2,32 | 772,01 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 16,959 | 0,170 | 0,59 | 1,46 | 530,83 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 15,254 | 0,153 | 0,53 | 0,87 | 480,50 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 6,348 | 0,063 | 0,22 | 0,34 | 201,23 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 3,506 | 0,035 | 0,12 | 0,12 | 111,83 |
| TOTAL | | | 2882,45 | 28,82 | 100,00 | 0,00 | 80788,00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La forma que toma la curva hipsométrica nos habla de una cuenca en estado de transición de una cuenca en estado de equilibrio, fase de madurez, a una cuenca sedimentaria en fase de vejez. La altura que divide el área de la unidad en dos partes iguales o elevación mediana es de 2796,11 m.s.n.m., la mitad del área se encuentra sobre esta cota y la mitad restante bajo la misma, la altura media con relación a la cota más baja se localiza a los 2802,75 m.s.n.m.

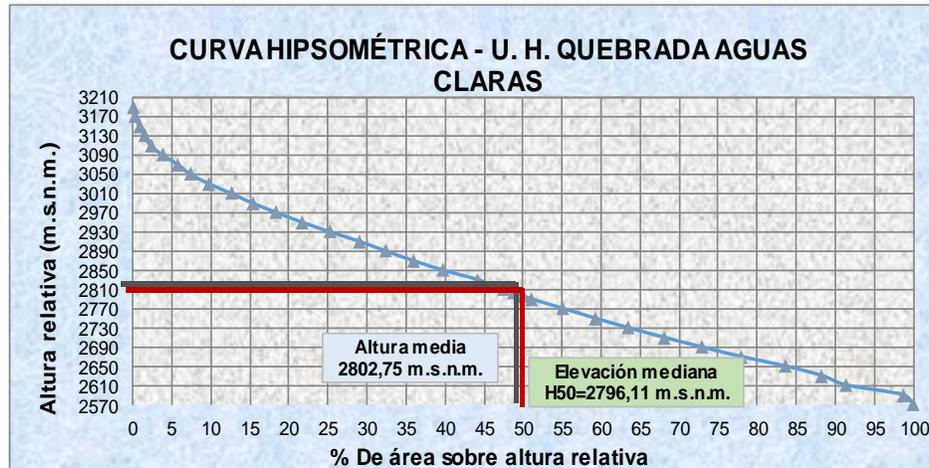


Figura 15.16. Curva hipsométrica U. H. Quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El histograma de frecuencias altimétricas de esta Unidad, nos muestra una distribución de alturas poco uniforme, la altura que más se da en toda el área de la cuenca es 2590 m.s.n.m., con el 7,24% del total del área, seguida de 2650 m.s.n.m., con el 5,74%, las alturas más bajas están en los 3190 m.s.n.m. con el 0,12% del área, seguida del 0,22% de área sobre los 3170 m.s.n.m. Figura 15.17.

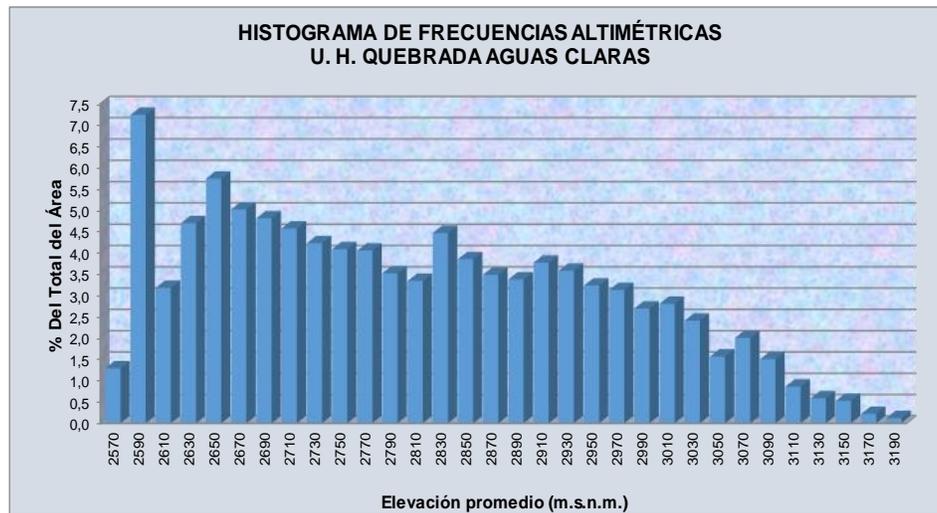


Figura 15.17. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 15.18, se muestra la relación área - elevación de la cuenca, la altura más representativa de la cuenca es 2590 m.s.n.m., la altura de menor representatividad es 3190 m.s.n.m., la altura media es 2802,75 m.s.n.m. y la elevación mediana 2796,11 m.s.n.m.

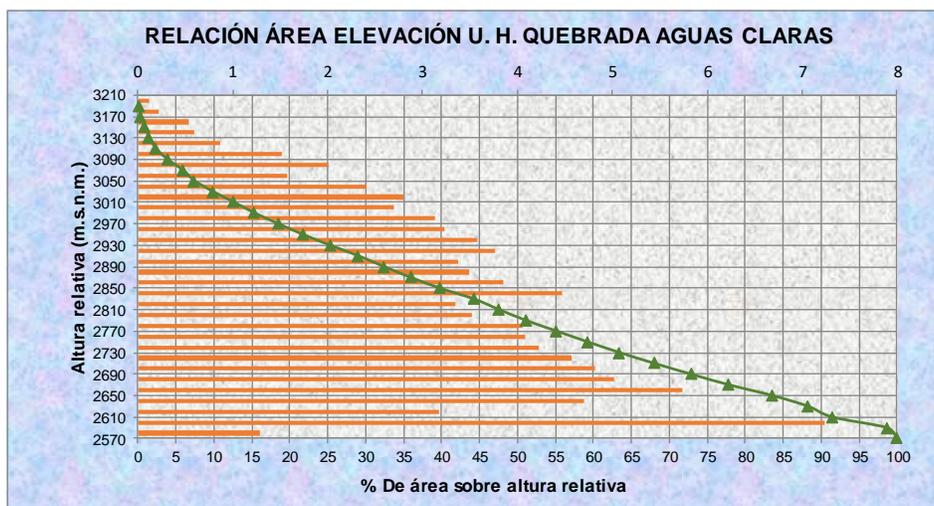


Figura 15.18. Relación área – elevación U. H. Quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

15.1.1.5 Unidad Hidrográfica quebrada el Asilo.

- Análisis de pendientes: En la Tabla 15.18, se muestran los resultados de la distribución de pendientes de la Unidad Hidrográfica quebrada el Asilo, para la obtención de la misma se utilizó el mapa del modelo digital del terreno de la Figura 15.19.

La información de la tabla nos muestra que el 65,62% del área, es decir 559,473 Has, se encuentran en terrenos con relieves ondulados, colinados y escarpados, el 6,41%, (54,66 Has), con relieves escarpados y muy escarpados y el restante 27,96%, (238,38 Has), presentan relieves que varían de planos a ondulados.

Tabla 15.18. Distribución de pendientes U. H. Quebrada el Asilo.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 64,238 | 0,642 | 7,535 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 74,754 | 0,748 | 8,769 |
| 7 – 12% | Ondulado | 99,388 | 0,994 | 11,658 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 277,794 | 2,778 | 32,585 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 281,679 | 2,817 | 33,041 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 43,109 | 0,431 | 5,057 |
| > 75% | Muy escarpado | 11,559 | 0,116 | 1,356 |
| TOTAL | | 852,521 | 8,525 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

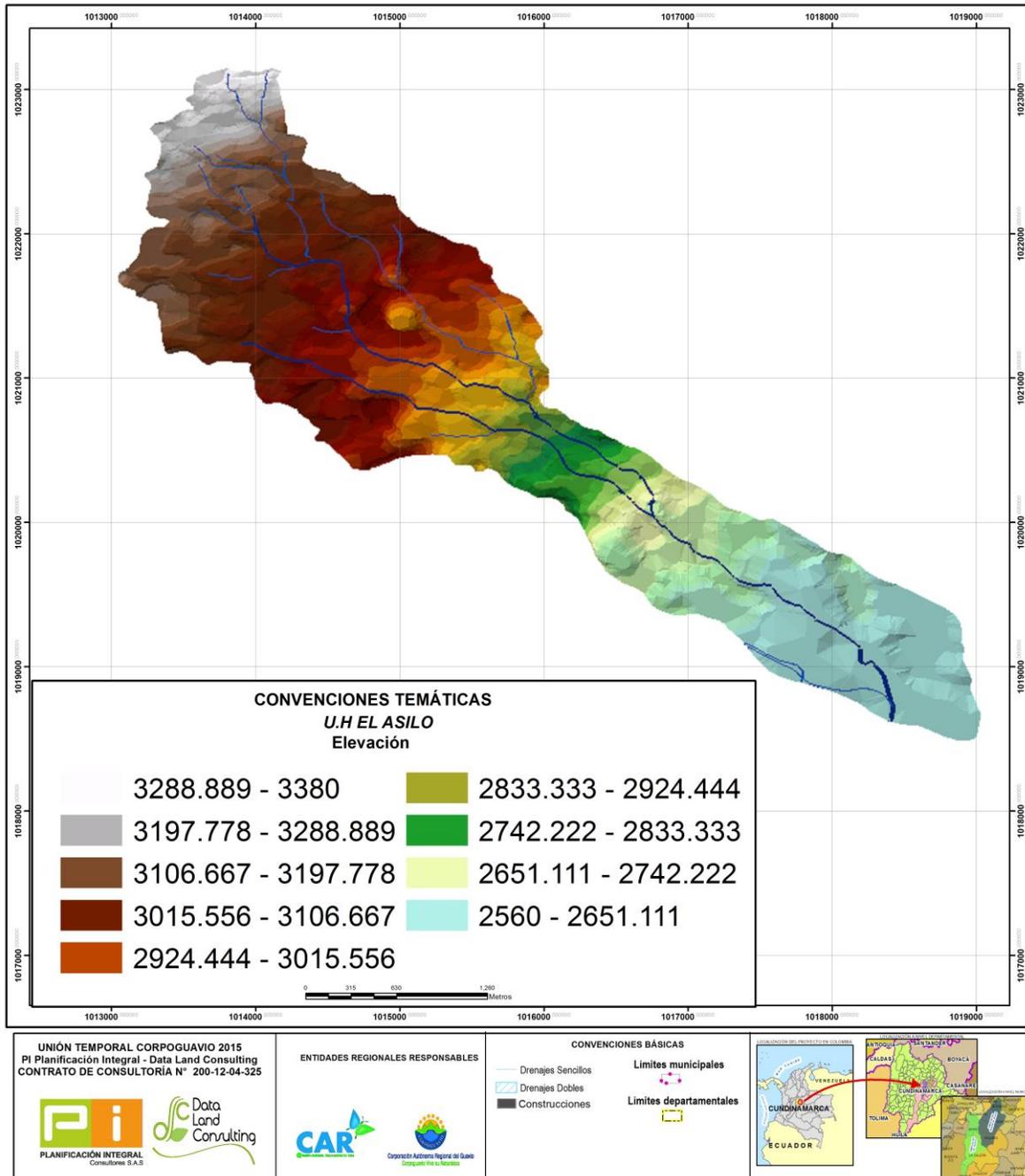


Figura 15.19. Mapa de pendientes U.H. Quebrada el Asilo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 15.19, se muestran los valores de los parámetros morfométricos de la U. H. quebrada el Asilo.

Tabla 15.19. Parámetros Morfométricos U. H. Quebrada el Asilo.

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada el Asilo |
|--|------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3380 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2560 |
| Diferencia altitudinal (m) | 820 |
| Área (Km ²) | 8,514 |
| Perímetro (Km) | 18,140 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 8,350 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 19,982 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 7,19 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 1,9 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 1,020 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 9,820 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,098 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 129,96 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 305,273 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,165 |
| Índice de compacidad (Gravelius) | 1,741 |
| Elevación media (m.s.n.m.) | 2955,232 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 3,784 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 2346,80 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 4,52 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 3,99 |
| Índice de asimetría | 1,132 |
| Coficiente de masividad | 347,084 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 49,719 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: Esta Unidad Hidrográfica, se distribuye entre los 3380 m.s.n.m., en donde nace la quebrada el Asilo y los 2560 m.s.n.m., en la desembocadura de la misma al río Teusacá, la diferencia altitudinal es de 820 m.
- Área: Se trata, de una unida Hidrográfica con un área pequeña de 851,4 Hectáreas, (8,514 Km²).
- Perímetro: La longitud de la línea divisoria de aguas es de 18,14 Km.
- Longitud del drenaje de la cuenca: La longitud del drenaje principal de la Unidad Hidrográfica es de 8,350 Km, para obtener este valor se hizo la medición sobre la quebrada el Asilo, hasta encontrar la quebrada San Jorge, continuando por esta hasta la desembocadura en el río Teusacá.

En este parámetro, también se calcula el valor de la sumatoria de las longitudes de todos los cauces superficiales existentes en la cuenca, el valor obtenido en este caso fue de 19,982 Km.

Longitud de la cuenca: Esta Unidad Hidrográfica, tiene una longitud de 7,19 Km, medida sobre la línea recta en el sentido del cauce principal, desde el punto de corte de la prolongación del cauce en la parte más alta con la línea perimetral, hasta la salida en la desembocadura en el río Teusacá.

- Ancho de la cuenca: Haciendo la medición del ancho de la cuenca, sobre la distancia entre los puntos extremos de la misma, en la perpendicular a la línea sobre la cual se midió la longitud, se obtuvo un valor de 1,9 Km.

Mediante la utilización de la fórmula que relaciona el área de la cuenca con la longitud de la corriente principal, se obtuvo un valor de 1,02 Km.

- Pendiente media de la Corriente: La pendiente media de la corriente principal de esta unidad Hidrográfica es del 9,82%, y es la relación de la diferencia de altitudinal, con la longitud del cauce principal.

- Pendiente media del área de drenaje: Uno de los parámetros de mayor importancia en el análisis de la morfometría de las cuencas, que nos permite hacernos una idea de la afectación que puede causar el agua al caer sobre la superficie, debido a la velocidad que adquiere la misma y a los efectos erosivos que pueda causar, la pendiente media del área de drenaje es de 305,273 m/Km,

- Factor de forma (Gravelius): El resultado de la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma es de 0,165, lo que nos indica que se trata de una Unidad Hidrográfica poco achatada, pues está en el rango entre 0,01 y 0,18, se trata de una cuenca extremadamente alargada.

- Índice de compacidad (Gravelius): Relaciona el perímetro de la cuenca, con el perímetro de un círculo que tenga un área igual a la de la cuenca, ya que entre mayor sea esta relación (valor igual a 1), mayor será la posibilidad de que en la cuenca se produzcan avenidas muy grandes, debido a su simetría.

El valor del índice de compacidad de la cuenca es de 1,741, valor este muy alejado de la unidad, lo que equivale a decir que se trata de una cuenca de forma que fluctúa entre oval oblonga y rectangular oblonga.

- Altura media (m.s.n.m.): La altura media de la cuenca, entendida como la elevación promedio referida al nivel de la cota más baja o cota de salida de la cuenca, la altura media de esta Unidad Hidrográfica es de 2955,23 m/Km.

- Índice de alargamiento (Horton): Este parámetro, busca establecer la relación de la forma de la cuenca con un rectángulo que tenga un área igual a la de la cuenca, las cuencas con valores mayores a 1, presentan formas más largas que anchas, en este caso se obtuvo un valor de 3,784, que no indica que se trata de una cuenca muy alargada.

- Densidad de drenaje (m/Km²): Corresponde al cociente entre la sumatoria de las longitudes de todos los drenajes existentes dentro de la cuenca y el área de la misma, el valor obtenido es de 2346,80 m/Km².
- Índice de asimetría: Para la determinación de este índice, se hace necesario obtener el valor de las áreas de las vertientes a lado y lado del cauce principal, El área de la vertiente mayor es de 4,52 Km² y se localiza en la margen derecha aguas abajo del cauce principal, el área menor es de 3,99 Km² y se localiza en la margen izquierda aguas abajo del cauce principal, el índice de asimetría es de 1,132, al ser un valor próximo a 1, no indica que se trata de un cauce principal uniformemente distribuido.
- Coefficiente de masividad: Busca establecer la relación entre la altitud media del relieve, obtenida de la curva hipsométrica y el área proyectada de la cuenca, el valor del coeficiente de masividad de esta Unidad Hidrográfica es de 347,84, se trata de un valor relativamente grande, pues se trata de una cuenca pequeña y al mismo tiempo montañosa.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): En esta Unidad, el tiempo de concentración es corto, 49,719 min, debido a la longitud del cauce principal y a la pendiente del mismo.
- Curva hipsométrica: Para la obtención de la gráfica de la curva hipsométrica, se hace necesario la obtención de los valores relacionados en la Tabla 15.20 a continuación, con los valores de elevación promedio y % de área sobre el área total, se procede a hacer la gráfica, tal como se muestra en la Figura 15.20.

Tabla 15.20. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada el Asilo.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e _i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A _i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | A _i * e _i | |
|--------------------------------------|--|-------------|---|---------------------|----------------------|---------------------------------|---------|
| 2560 | 2580 | 2570 | 83,850 | 0,838 | 9,84 | 100,00 | 2154,94 |
| 2580 | 2600 | 2590 | 34,961 | 0,350 | 4,10 | 90,16 | 905,49 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 22,360 | 0,224 | 2,62 | 86,06 | 583,60 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 10,990 | 0,110 | 1,29 | 83,44 | 289,05 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 26,434 | 0,264 | 3,10 | 82,15 | 700,50 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 9,854 | 0,099 | 1,16 | 79,05 | 263,09 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 6,916 | 0,069 | 0,81 | 77,90 | 186,05 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 5,590 | 0,056 | 0,66 | 77,08 | 151,49 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 7,390 | 0,074 | 0,87 | 76,43 | 201,75 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 4,737 | 0,047 | 0,56 | 75,56 | 130,28 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 12,885 | 0,129 | 1,51 | 75,01 | 356,93 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 8,148 | 0,081 | 0,96 | 73,49 | 227,33 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 5,685 | 0,057 | 0,67 | 72,54 | 159,74 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 6,632 | 0,066 | 0,78 | 71,87 | 187,69 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 7,201 | 0,072 | 0,84 | 71,09 | 205,22 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 9,190 | 0,092 | 1,08 | 70,25 | 263,76 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 14,117 | 0,141 | 1,66 | 69,17 | 407,98 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 23,213 | 0,232 | 2,72 | 67,52 | 675,49 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 16,770 | 0,168 | 1,97 | 64,79 | 491,36 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 22,170 | 0,222 | 2,60 | 62,83 | 654,03 |
| Altura Media | | 2955,232274 | | | | 62,14 | |
| 2960 | 2980 | 2970 | 34,014 | 0,340 | 3,99 | 60,22 | 1010,21 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|---------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 2980 | 3000 | 2990 | 34,487 | 0,345 | 4,05 | 56,23 | 1031,17 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 41,404 | 0,414 | 4,86 | 52,19 | 1246,26 |
| Elevación Mediana | | 3019,016018 | | | | 50,00 | |
| 3020 | 3040 | 3030 | 30,224 | 0,302 | 3,55 | 47,33 | 915,78 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 30,698 | 0,307 | 3,60 | 43,79 | 936,28 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 27,855 | 0,279 | 3,27 | 40,19 | 855,16 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 48,510 | 0,485 | 5,69 | 36,92 | 1498,95 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 30,698 | 0,307 | 3,60 | 31,23 | 954,70 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 28,992 | 0,290 | 3,40 | 27,63 | 907,45 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 29,182 | 0,292 | 3,42 | 24,23 | 919,22 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 39,604 | 0,396 | 4,65 | 20,80 | 1255,44 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 47,183 | 0,472 | 5,53 | 16,16 | 1505,15 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 21,034 | 0,210 | 2,47 | 10,62 | 675,18 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 12,317 | 0,123 | 1,44 | 8,16 | 397,84 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 9,380 | 0,094 | 1,10 | 6,71 | 304,84 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 6,822 | 0,068 | 0,80 | 5,61 | 223,07 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 13,170 | 0,132 | 1,54 | 4,81 | 433,28 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 10,706 | 0,107 | 1,26 | 3,27 | 354,38 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 8,148 | 0,081 | 0,96 | 2,01 | 271,33 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 4,074 | 0,041 | 0,48 | 1,06 | 136,48 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 4,832 | 0,048 | 0,57 | 0,58 | 162,84 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 0,095 | 0,001 | 0,01 | 0,01 | 3,21 |
| TOTAL | | | 852,52 | 8,53 | 100,00 | 0,00 | 25193,99 |

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015.

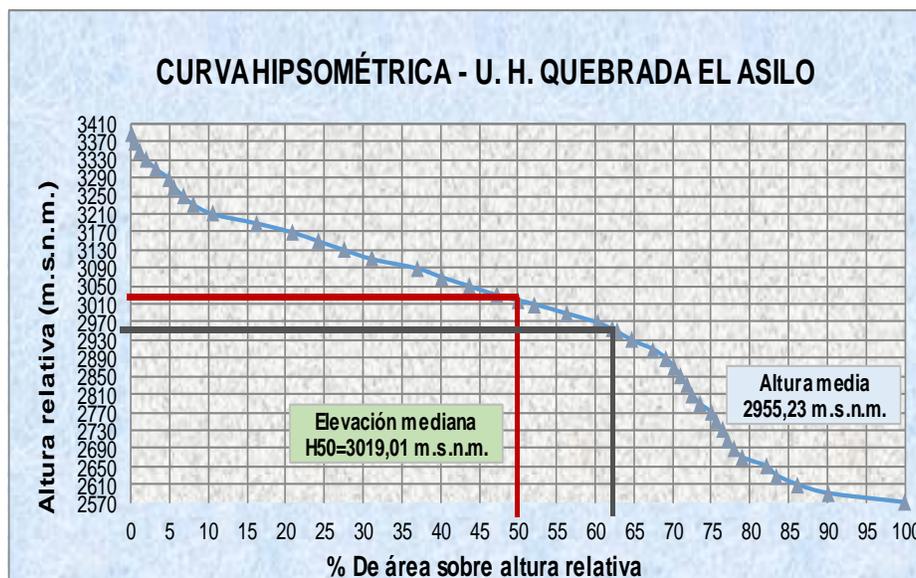


Figura 15.20. Curva hipsométrica U. H. Quebrada el Asilo.

Fuente: Unión Temporal Coropguavio 2015.

La forma de la gráfica obtenida, nos indica que la Unidad Hidrográfica quebrada el Asilo, puede ser una cuenca en fase de juventud y que puede corresponder a una cuenca con un gran potencial erosivo.

La Gráfica de la curva hipsométrica, también nos permite obtener los valores de la altura media 2955,23 m.s.n.m., y elevación mediana 3019,01 m.s.n.m., que corresponde al punto de altura, en donde la mitad del área queda por encima y la otra mitad queda por debajo.

La Figura 15.21, nos muestra el histograma de frecuencia de alturas de la Unidad Hidrográfica quebrada el Asilo, se observa que la altura que más se repite dentro de la cuenca es 2570 m.s.n.m., con el 9,84% del total del área, seguida de la altura 3090 m.s.n.m. con el 5,69% del total del área, los menores porcentajes de área se presentan en las alturas 3390 m.s.n.m., con el 0,01% y 3350 m.s.n.m., con el 0,48%.

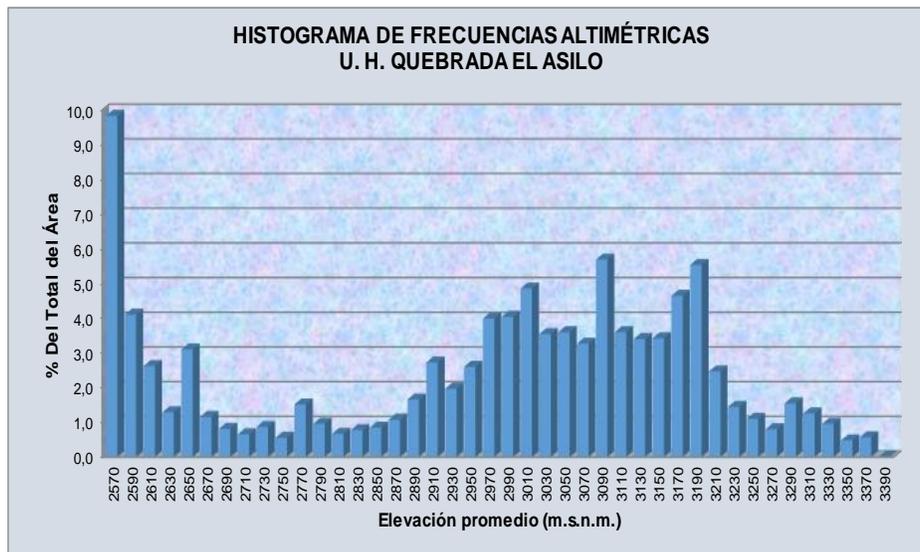


Figura 15.21. Histograma de frecuencias U. H. Quebrada el Asilo.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

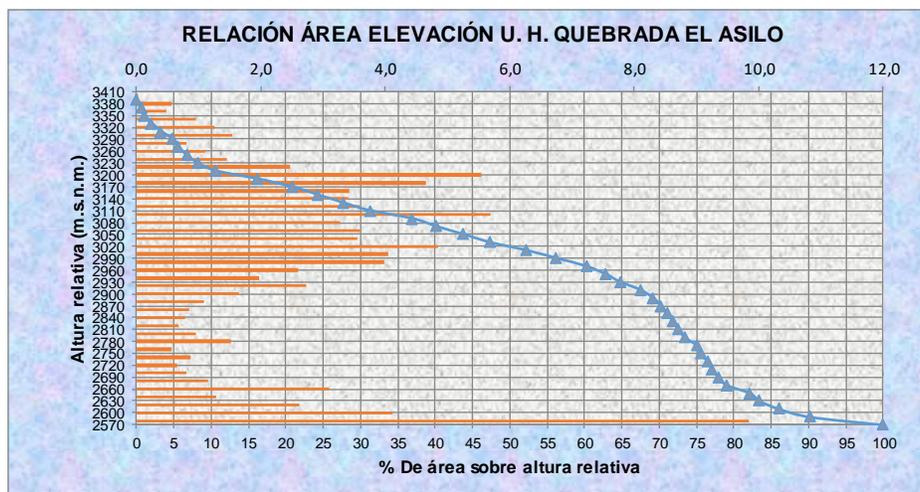


Figura 15.22. Relación área – elevación U. H. Quebrada el Asilo.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 15.22, se muestra la relación área elevación de la Unidad Hidrográfica, en donde podemos observar, los porcentajes de área por encima y por debajo de cada una de las alturas referidas, igualmente la altura más representativa es 2570 m.s.n.m., la altura de menor representatividad es 3390 m.s.n.m.

15.1.1.6 Unidad Hidrográfica río Medio Teusacá.

- Análisis de pendientes: el 48,55% del total del área de la Unidad Hidrográfica río Medio Teusacá, (1720,107 Has), presentan relieves con formas onduladas, colinadas y escarpadas, el 9,073% del área, ((321,378 Has), presentan relieves con formas entre escarpadas y muy escarpadas, el resto del área de la Unidad, el 42,36% (1500,771 Has), presentan relieves con formas planas y onduladas. Tabla 15.21 y Figura 15.23.

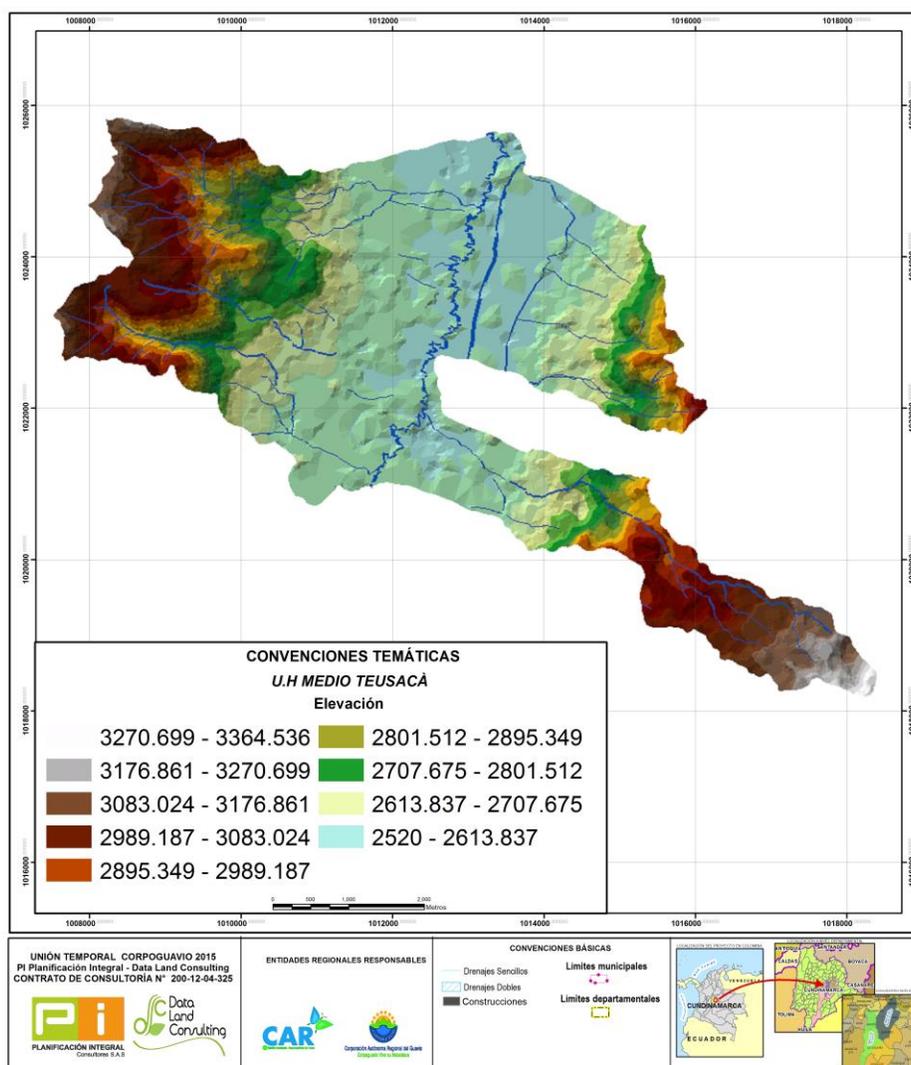


Figura 15.23. Mapa de pendientes U.H. Río Medio Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Coroguvio 2015.

Tabla 15.21. Distribución de pendientes U. H. Río Medio Teusacá.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 650,713 | 6,507 | 18,370 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 387,036 | 3,870 | 10,926 |
| 7 – 12% | Ondulado | 463,022 | 4,630 | 13,071 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 907,853 | 9,079 | 25,629 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 812,254 | 8,123 | 22,930 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 244,918 | 2,449 | 6,914 |
| > 75% | Muy escarpado | 76,460 | 0,765 | 2,159 |
| TOTAL | | 3542,256 | 35,423 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

A continuación, en la Tabla 15.22, se presenta la relación de los parámetros obtenidos para la unidad Hidrográfica río Medio Teusacá, posteriormente se hace un breve análisis de cada uno de ellos.

Tabla 15.22. Parámetros morfométricos U. H. Río Medio Teusacá.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Medio Teusacá |
|--|------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3365 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2540 |
| Diferencia altitudinal (m) | 825 |
| Área (Km ²) | 35,430 |
| Perímetro (Km) | 42,868 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 6,730 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 71,290 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 5,99 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 12,31 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 5,264 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 12,26 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,123 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 501,88 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 283,312 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,987 |
| Coefficiente de compacidad (Gravelius) | 2,017 |
| Elevación media (m.s.n.m.) | 2733,951 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 0,487 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 2012,152 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 23,55 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 11,88 |
| Índice de asimetría | 1,983 |
| Coefficiente de masividad | 77,166 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 38,665 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

- Diferencia altitudinal: A pesar de que el cauce principal de esta Unidad Hidrográfica es el río Teusacá, y este discurre por la parte más baja de la misma, en ella también encontramos las quebradas: la Glorieta, Granada, las Mercedes y Rosa Blanca, en la margen izquierda sentido aguas abajo del cauce del Teusacá, en la margen derecha existen algunos cauces como la quebrada San Cayetano y otras sin nombre. Las cotas más altas de esta cuenca se presentan en la parte alta del nacimiento de la quebrada San Cayetano, sobre los 3365 m.s.n.m., el punto más bajo se localiza en el cauce del río Teusacá a los 2540 m.s.n.m., la diferencia altitudinal es de 825 m.
- Área: El área de esta Unidad Hidrográfica es de 3543 Has, equivalentes a 35,43 Km², se trata de un área de drenaje pequeña.
- Perímetro: La medida de la longitud de la línea que me define la divisoria de aguas de esta Unidad Hidrográfica con respecto de las áreas de drenaje circundantes es de 42,868 Km.
- Longitud del drenaje de la cuenca: Haciendo la medida de la longitud del cauce principal sobre el cauce del río Teusacá, en el sector comprendido dentro de la Unidad Hidrográfica se obtuvo un valor de 6,73 Km.

Haciendo la sumatoria de las medidas de las longitudes de todos los cauces existentes dentro de la unidad Hidrográfica se obtuvo un valor de 71,29 Km de drenajes.

- Longitud de la cuenca: Dado que, la medida de la longitud del cauce principal en esta Unidad Hidrográfica se hizo sobre el cauce del río Teusacá, y la medida de la longitud de la cuenca se hace sobre la línea recta en el sentido del mismo, para el caso se tiene una cuenca que es más ancha que larga, la medida de la longitud es de 5,99 km.
- Ancho de la cuenca: Existen dos maneras de determinar este parámetro, una de ellas es haciendo la medida de la línea recta perpendicular a la medida de la longitud, que une los puntos extremos de la cuenca, en este caso el resultado obtenido fue de 12,31 Km.

La otra manera de obtener el ancho de la cuenca es haciendo la relación entre el área y la longitud de la corriente, haciendo la operación matemática, se obtienen un valor de 5,264 Km.

- Pendiente media de la Corriente: Calculada con base en la diferencia de alturas de los cauces de la Unidad hidrográfica, respecto de la longitud del cauce principal, la pendiente media de la corriente en esta cuenca es de 12,26%, o de 0,123 m/m.
- Pendiente media del área de drenaje: Para la obtención de este parámetro, se requiere conocer la longitud de cada una de las curvas de nivel localizadas dentro de la Unidad Hidrográfica, el valor de la sumatoria de estas curvas es de 501,88 Km, el otro factor a tener en cuenta es la equidistancia entre las curvas de nivel, 20 m en este caso, y por último se necesita el área de la cuenca. Aplicando la fórmula establecida se tiene que la pendiente media del área de drenaje es de 283,312 m/Km.

Factor de forma (Gravelius): Este factor adimensional, se obtiene mediante la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma, el valor obtenido es de 0.987, lo que nos habla de una cuenca con forma moderadamente achatada.

- *Índice de compacidad (Gravelius):* Este parámetro, busca encontrar la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca, para la cuenca el índice es de 2,017, por ser un valor tan alejado de la unidad predomina la forma alargada de la cuenca, según la clasificación establecida la cuenca tiene una forma que varía entre oval oblonga a rectangular oblonga.

- *Altura media (m.s.n.m.):* Es el valor de la elevación promedio, referida al nivel de la cota más baja de la cuenca, la altura media de la Unidad Hidrográfica río medio Teusacá es de 2733,95 m.s.n.m.

- *Índice de alargamiento (Horton):* Este parámetro está relacionado, con la tendencia de la cuenca a tener una forma alargada respecto de su longitud axial y al ancho máximo de la cuenca, entre más pequeño sea este valor, la forma de la cuenca será menos alargada, como es el caso, el valor obtenido es de 0,487.

- *Densidad de drenaje (m/Km²):* En la obtención de este parámetro se tiene en cuenta la sumatoria de las longitudes de todos los drenajes existentes en la cuenca, 71,290 Km y el área de la misma, la densidad de drenaje es de 2012,15 m/Km².

- *Índice de asimetría:* la evaluación de la homogeneidad de la distribución de la red de drenaje en esta Unidad Hidrográfica, nos permite conocer inicialmente las áreas de las vertientes a lado y lado del cauce principal, el área de la vertiente mayor, se localiza a mano izquierda aguas abajo del cauce principal, 23,55 Km², el área menor está en la margen derecha aguas abajo del cauce principal, 11,88 Km², el índice de asimetría es de 1,983, que nos indica que el drenaje principal está bastante recargado hacia su margen derecha.

- *Coefficiente de masividad:* La relación entre la altitud media del relieve, valor obtenido de la curva hipsométrica y el área proyectada de la cuenca, el coeficiente de masividad es de 77,166, se trata de un valor grande debido a que se trata de una cuenca pequeña y montañosa

- *Tiempo de concentración (Kirpich) (m):* El tiempo de concentración es bajo, debido al tamaño de la cuenca y las pendientes tanto del cauce principal como del área de drenaje, el tiempo de concentración es de 38,66 min.

- *Curva hipsométrica:* Para la obtención de la curva hipsométrica, se desarrollaron los cálculos cuyos resultados se muestran en la Tabla 15.23, este proceso también nos permite determinar los valores de la elevación mediana 2646,52 m.s.n.m. y la altura media 2733,95 m.s.n.m.

Tabla 15.23. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Medio Teusacá.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|---------------------|----------------------|-------------|-----------------|
| 2560 | 2580 | 2570 | 1126,336 | 11,263 | 31,80 | 100,00 | 28946,84 |
| 2580 | 2600 | 2590 | 324,693 | 3,247 | 9,17 | 68,20 | 8409,56 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 200,103 | 2,001 | 5,65 | 59,04 | 5222,68 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 145,245 | 1,452 | 4,10 | 53,39 | 3819,95 |
| Elevación Mediana | | 2646,523157 | | | | 50,00 | |
| 2640 | 2660 | 2650 | 115,400 | 1,154 | 3,26 | 49,29 | 3058,11 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 101,473 | 1,015 | 2,86 | 46,03 | 2709,32 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 84,608 | 0,846 | 2,39 | 43,16 | 2275,95 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 81,008 | 0,810 | 2,29 | 40,78 | 2195,30 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 70,775 | 0,708 | 2,00 | 38,49 | 1932,16 |
| Altura Media | | 2733,950571 | | | | 38,09 | |
| 2740 | 2760 | 2750 | 76,839 | 0,768 | 2,17 | 36,49 | 2113,06 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 66,417 | 0,664 | 1,87 | 34,32 | 1839,74 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 48,226 | 0,482 | 1,36 | 32,45 | 1345,49 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 52,584 | 0,526 | 1,48 | 31,09 | 1477,61 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 56,942 | 0,569 | 1,61 | 29,60 | 1611,46 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 63,101 | 0,631 | 1,78 | 27,99 | 1798,37 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 59,500 | 0,595 | 1,68 | 26,21 | 1707,66 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 58,363 | 0,584 | 1,65 | 24,53 | 1686,70 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 50,784 | 0,508 | 1,43 | 22,88 | 1477,80 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 54,952 | 0,550 | 1,55 | 21,45 | 1610,11 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 62,816 | 0,628 | 1,77 | 19,90 | 1853,08 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 52,679 | 0,527 | 1,49 | 18,13 | 1564,55 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 68,312 | 0,683 | 1,93 | 16,64 | 2042,52 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 80,250 | 0,802 | 2,27 | 14,71 | 2415,51 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 70,680 | 0,707 | 2,00 | 12,45 | 2141,61 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 55,047 | 0,550 | 1,55 | 10,45 | 1678,94 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 40,835 | 0,408 | 1,15 | 8,90 | 1253,65 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 43,299 | 0,433 | 1,22 | 7,74 | 1337,93 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 38,182 | 0,382 | 1,08 | 6,52 | 1187,48 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 44,246 | 0,442 | 1,25 | 5,44 | 1384,91 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 26,529 | 0,265 | 0,75 | 4,19 | 835,66 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 43,015 | 0,430 | 1,21 | 3,45 | 1363,56 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 31,456 | 0,315 | 0,89 | 2,23 | 1003,43 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 20,844 | 0,208 | 0,59 | 1,34 | 669,09 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 8,811 | 0,088 | 0,25 | 0,75 | 284,61 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 6,064 | 0,061 | 0,17 | 0,51 | 197,07 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 3,695 | 0,037 | 0,10 | 0,33 | 120,83 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 1,800 | 0,018 | 0,05 | 0,23 | 59,23 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 1,611 | 0,016 | 0,05 | 0,18 | 53,31 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 1,137 | 0,011 | 0,03 | 0,13 | 37,86 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 2,558 | 0,026 | 0,07 | 0,10 | 85,70 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 1,042 | 0,010 | 0,03 | 0,03 | 35,12 |
| TOTAL | | | 3542,26 | 35,42 | 100,00 | 0,00 | 96843,52 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La gráfica de la Figura 15.24, fue construida con base en los datos obtenidos en la Tabla 15.23, la forma de la curva hipsométrica. Nos indica que se trata de una cuenca sedimentaria, en su fase de vejez.

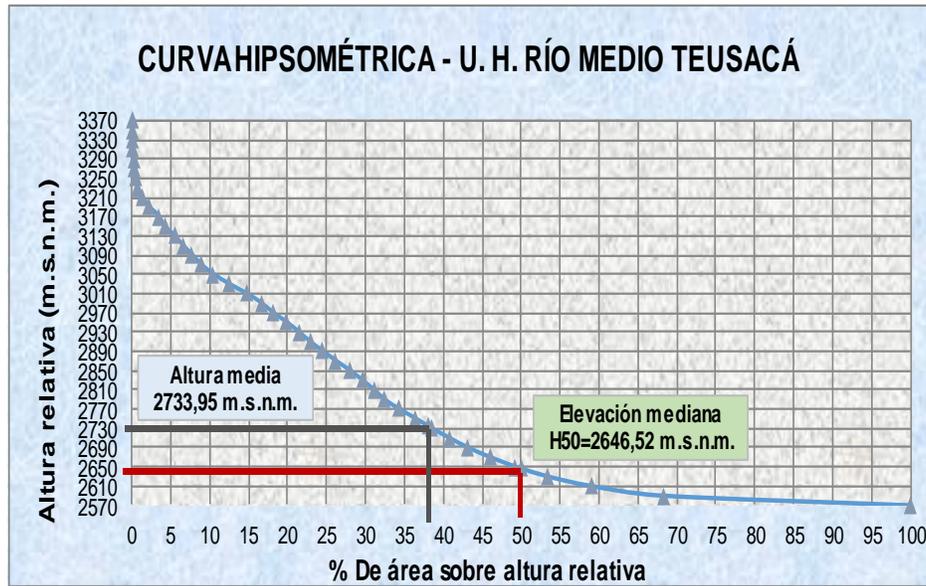


Figura 15.24. Curva hipsométrica U. H. Río Medio Teusacá.

 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

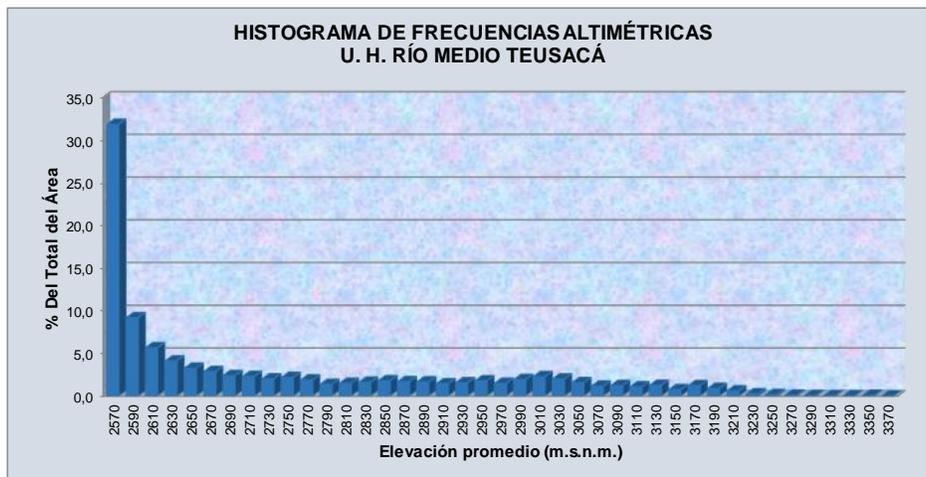


Figura 15.25. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Medio Teusacá.

 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La Figura 15.25, es la representación gráfica del histograma de frecuencias altimétricas de la Unidad Hidrográfica río Medio Teusacá, en ella podemos identificar que la altura que más se repite es 2570 m.s.n.m., esta altura la encontramos en el 31,80% del área de la Unidad, seguida de 2590 m.s.n.m. con el 9,17% del área total, las alturas que menos se encuentran están a partir de los 3180 m.s.n.m.

La Figura 15.26, es la combinación de la curva hipsométrica y el histograma de frecuencias altimétricas o la relación área – elevación de la cuenca, la cota que me divide al área total de la cuenca en dos áreas iguales es 2646,52 m.s.n.m. y la altura media con respecto a la cota más baja de la cuenca es 2733,95

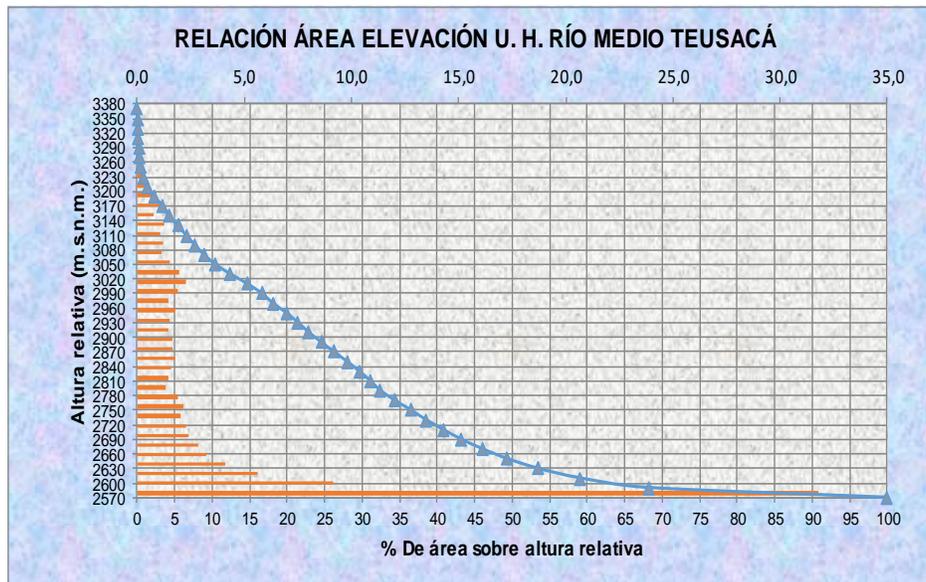


Figura 15.26. Relación área – elevación U. H. Río Medio Teusacá.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.1.7 Unidad Hidrográfica quebrada Laureles.

- Análisis de pendientes: En la Tabla 15.24, se presenta la clasificación del relieve encontrado en la Unidad Hidrográfica quebrada Laureles, esta información fue obtenida mediante el análisis del modelo digital del terreno, Figura 15.27; en esta Unidad Hidrográfica, predominan los relieves ondulados, colinados y escarpados, que ocupan el 66,15% del total del área de la unidad, (661,04 Has), los terrenos escarpados y muy escarpados ocupan el 4,873% del área, (48,699 Has), y por último se tienen terrenos con relieves planos y ondulados, con el 28,96% del área (289,448 Has).

Tabla 15.24. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Laureles.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 95,883 | 0,959 | 9,596 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 77,502 | 0,775 | 7,756 |
| 7 – 12% | Ondulado | 116,063 | 1,161 | 11,616 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 343,453 | 3,435 | 34,373 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 317,587 | 3,176 | 31,785 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 45,667 | 0,457 | 4,570 |
| > 75% | Muy escarpado | 3,032 | 0,030 | 0,303 |
| TOTAL | | 999,188 | 9,992 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

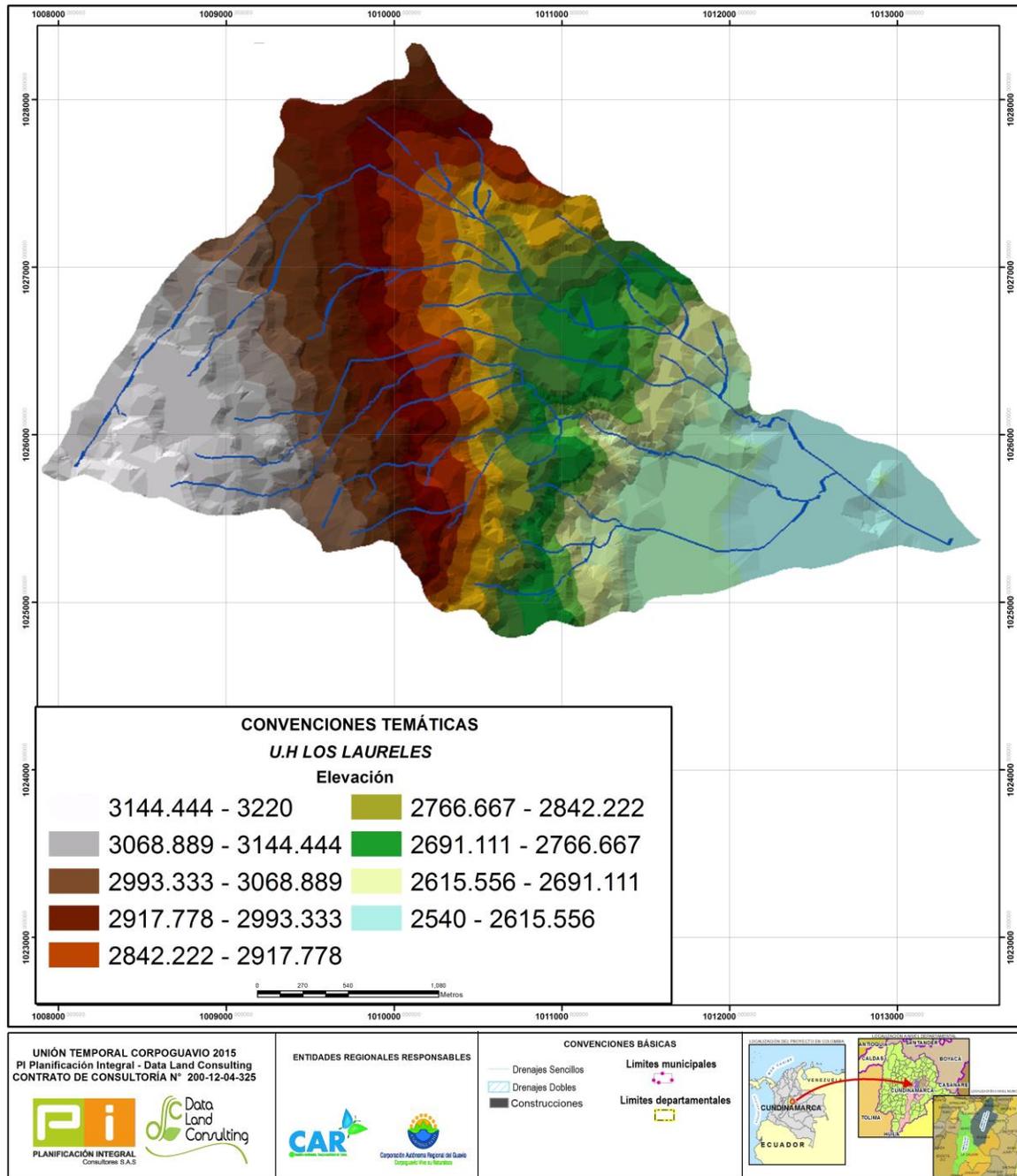


Figura 15.27. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Laureles.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Una vez desarrollado el análisis anterior, se procedió al cálculo y determinación de todos los parámetros morfométricos de la Unida Hidrográfica, los resultados se presentan en la Tabla 15.25, luego se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

Tabla 15.25. Parámetros morfométricos U.H. Quebrada Laureles.

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada Laureles |
|--|------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3220 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2554 |
| Diferencia altitudinal (m) | 666 |
| Área (Km ²) | 9,991 |
| Perímetro (Km) | 15,220 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 5,070 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 34,48 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 4,78 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 2,6 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 1,971 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 13,14 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,131 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 136,80 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 273,859 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,437 |
| Índice de compacidad (Gravelius) | 1,348 |
| Elevación media (m.s.n.m.) | 2829,477 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,838 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3451,750 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 7,39 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 2,60 |
| Índice de asimetría | 2,842 |
| Coeficiente de masividad | 283,215 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 30,272 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** La parte más alta de esta Unidad Hidrográfica, se presenta en los alrededores del nacimiento de la quebrada Laureles 3220 m.s.n.m., las cotas más bajas se encuentran en los alrededores de la confluencia de la quebrada Laureles en el río Teusacá 2554 m.s.n.m., la diferencia altitudinal es de 666 m.
- **Área:** El área de drenaje de la Unidad Hidrográfica quebrada Laureles, es de 9,991 Km², (999,1 Has), se trata de una cuenca pequeña.
- **Perímetro:** La medida de la longitud de la línea divisoria de aguas que nos define el área de drenaje de la Unidad Hidrográfica, tiene una longitud de 15,22 Km.
- **Longitud del drenaje de la cuenca:** Medida sobre el cauce de la quebrada Laureles, la longitud del drenaje principal de la cuenca es de 5,07 Km, la sumatoria de las longitudes de todas las corrientes existentes dentro de la cuenca es de 34,48 Km.

- Longitud de la cuenca: La Unidad Hidrográfica quebrada Laureles, tiene una longitud de 4,78 Km. Medida en línea recta hasta el punto de salida.
- Ancho de la cuenca: Medida en sentido perpendicular a la línea sobre la cual se midió la longitud, el ancho de la cuenca es de 2,6 Km. Al obtener el ancho de la cuenca, mediante la relación del área y la longitud del cauce principal, se obtuvo un valor de 1,971 Km.
- Pendiente media de la Corriente: 13,14%, es el valor de la pendiente media de la corriente o 0,131 m/m, dividiendo la diferencia de alturas entre la longitud del cauce principal.
- Pendiente media del área de drenaje: Inicialmente se obtiene el valor de la sumatoria de las longitudes de las curvas de nivel inscritas dentro de la Unidad Hidrográfica, 136,80 Km, la equidistancia entre las curvas de nivel, 20 m y el área, al aplicar la fórmula se tiene que la pendiente media del área de drenaje es de 273,859 m/Km, lo que equivale a decir que por cada kilómetro avanzado horizontalmente se ascienden 273,859 m.
- Factor de forma (Gravelius): La relación entre el área de la cuenca y su longitud es de 0,437, al confrontar este resultado con la tabla de clases de valores de forma, se tiene que estamos hablando de una cuenca moderadamente achatada.
- Índice de compacidad (Gravelius): aunque la mayoría de las cuencas tiene la tendencia a ser en forma de pera, este índice lo que busca es identificar que tan cerca está la cuenca de tener una forma circular, al aplicar la fórmula, el valor obtenido es 1,348, al ser este un valor cercano a uno, nos indica que la cuenca tiene tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento.
- Altura media (m.s.n.m.): La altura promedio, respecto del nivel de la cota más baja a la salida de la cuenca es de 2829,47 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): Al contrario del índice de compacidad, el índice de alargamiento, lo que busca es relacionar la forma de la cuenca con un rectángulo, forma más larga que ancha, el valor de este índice para la unidad Hidrográfica es de 1,838, lo que nos indica que se trata de una cuenca moderadamente alargada.
- Densidad de drenaje (m/Km²): La sumatoria de todas las longitudes de los drenajes superficiales de la cuenca es de 34,48 Km, al dividir este valor entre el área, tenemos que la densidad de drenaje es de 3451,75 m/Km²
- Índice de asimetría: El cálculo de este índice, hace necesario que se conozcan las áreas en cada una de las vertientes del cauce principal, para así poder determinar la mayor y la menor de ellas, en este caso el área mayor es la que se localiza en la vertiente derecha, sentido aguas abajo del cauce principal 7,39 Km², mientras que el área menor 2,60 Km², se localiza en la vertiente izquierda del cauce, el valor del índice de asimetría

es de 2,842, como este valor es mayor de la unidad, lo que nos indica es que el cauce principal se encuentra bastante recargado sobre su costado izquierdo.

- Coeficiente de masividad: El valor de este índice es directamente proporcional a la altura media del relieve e inversamente proporcional al área de drenaje, el coeficiente de masividad de la Unidad Hidrográfica quebrada Laureles es de 283,215, este valor es alto por tratarse de un área muy pequeña y una elevación media mayor.

- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): Debido al tamaño de la cuenca y a las pendientes que maneja, el tiempo de concentración de esta Unidad Hidrográfica es corto, 30,27 min.

- Curva hipsométrica: Para la obtención de la gráfica de la curva hipsométrica de la cuenca, se hace necesario efectuar algunos cálculos, inicialmente se establecen los rangos entre curvas de nivel y para cada uno de ellos se obtiene la elevación promedio, posteriormente se obtiene de la cartografía el área entre curvas, se obtiene el valor del porcentaje de área de cada una de ellas respecto al área total, luego se grafican las columnas de elevación promedio en el eje y versus el % de área sobre área total. Tabla 15.26.

Tabla 15.26. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada Laureles.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|---------------------|----------------------|-------------|---------|
| 2540 | 2560 | 2550 | 125,064 | 1,2506 | 12,52 | 100,00 | 3189,14 |
| 2560 | 2580 | 2570 | 36,288 | 0,3629 | 3,63 | 87,48 | 932,59 |
| 2580 | 2600 | 2590 | 22,928 | 0,2293 | 2,29 | 83,85 | 593,85 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 19,707 | 0,1971 | 1,97 | 81,56 | 514,36 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 21,413 | 0,2141 | 2,14 | 79,58 | 563,15 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 23,876 | 0,2388 | 2,39 | 77,44 | 632,71 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 16,959 | 0,1696 | 1,70 | 75,05 | 452,82 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 27,571 | 0,2757 | 2,76 | 73,35 | 741,66 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 37,614 | 0,3761 | 3,76 | 70,60 | 1019,34 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 32,214 | 0,3221 | 3,22 | 66,83 | 879,43 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 31,171 | 0,3117 | 3,12 | 63,61 | 857,21 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 23,592 | 0,2359 | 2,36 | 60,49 | 653,49 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 27,476 | 0,2748 | 2,75 | 58,13 | 766,59 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 30,603 | 0,3060 | 3,06 | 55,38 | 859,94 |
| Altura Media | | 2829,476579 | | | | 52,39 | |
| 2820 | 2840 | 2830 | 30,129 | 0,3013 | 3,02 | 52,31 | 852,65 |
| Elevación Mediana | | 2845,345912 | | | | 50,00 | |
| 2840 | 2860 | 2850 | 32,119 | 0,3212 | 3,21 | 49,30 | 915,39 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 37,425 | 0,3742 | 3,75 | 46,08 | 1074,08 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 42,636 | 0,4264 | 4,27 | 42,34 | 1232,17 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 31,740 | 0,3174 | 3,18 | 38,07 | 923,63 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 32,498 | 0,3250 | 3,25 | 34,89 | 952,18 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 32,498 | 0,3250 | 3,25 | 31,64 | 958,68 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 27,381 | 0,2738 | 2,74 | 28,39 | 813,23 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 27,192 | 0,2719 | 2,72 | 25,65 | 813,04 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 34,487 | 0,3449 | 3,45 | 22,93 | 1038,07 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 21,507 | 0,2151 | 2,15 | 19,48 | 651,67 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 22,644 | 0,2264 | 2,27 | 17,32 | 690,65 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 20,655 | 0,2065 | 2,07 | 15,06 | 634,09 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|---------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 3080 | 3100 | 3090 | 25,676 | 0,2568 | 2,57 | 12,99 | 793,39 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 20,560 | 0,2056 | 2,06 | 10,42 | 639,41 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 27,855 | 0,2786 | 2,79 | 8,36 | 871,87 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 32,308 | 0,3231 | 3,23 | 5,58 | 1017,71 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 15,254 | 0,1525 | 1,53 | 2,34 | 483,55 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 7,580 | 0,0758 | 0,76 | 0,82 | 241,79 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 0,568 | 0,0057 | 0,06 | 0,06 | 18,25 |
| TOTAL | | | 999,19 | 9,99 | 100,00 | 0,00 | 28271,78 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavió 2015.

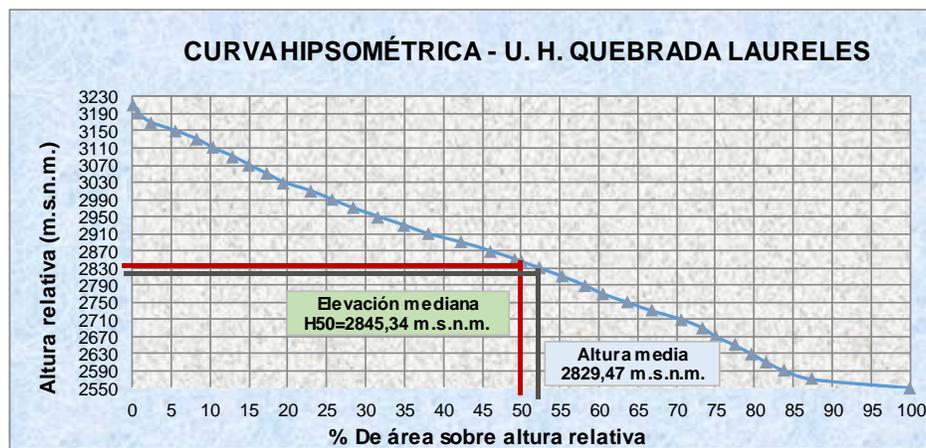


Figura 15.28. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada Laureles.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavió 2015.

La forma que toma la curva de la Figura 15.28, nos indica que se trata de un área de drenaje sedimentaria en fase de vejez. Al momento de hacer los cálculos para graficar la curva hipsométrica, también podemos obtener los valores de altura media y elevación mediana, la altura media es 2829,47 m.s.n.m. y la elevación mediana 2845,34 m.s.n.m.

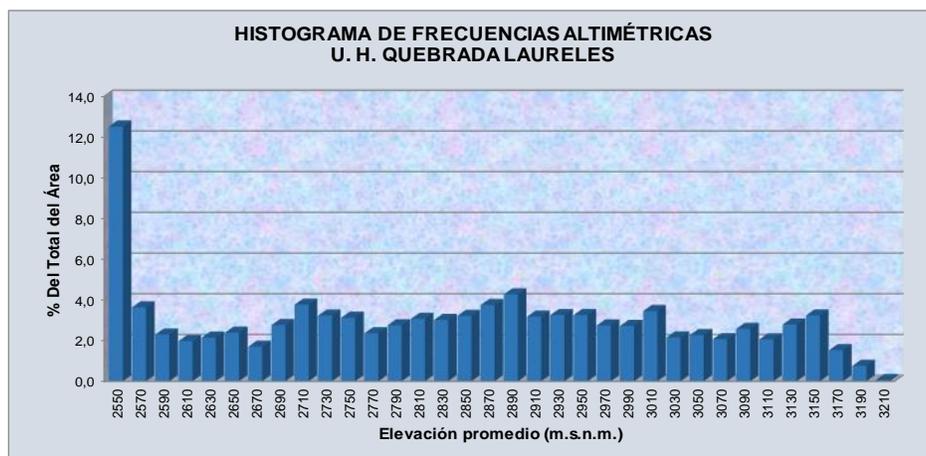


Figura 15.29. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada Laureles.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavió 2015.

En la Figura 15.29, está la representación gráfica del histograma de alturas de la Unidad Hidrográfica quebrada Laureles, en ella se puede observar que la altura con mayor área dentro de la cuenca es 2550 m.s.n.m., con 12,52% del total del área, seguido de 2890 m.s.n.m., con 4,27% del total del área, las menores áreas se encuentran a partir de los 3170 m.s.n.m.

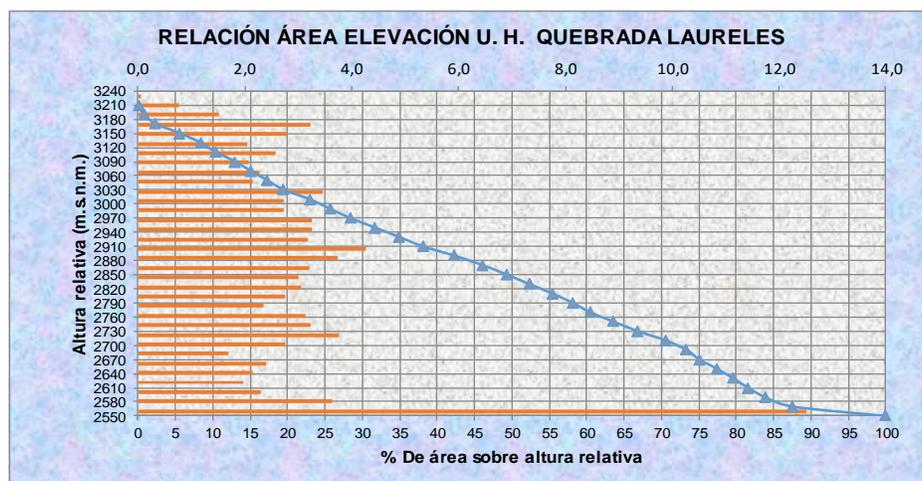


Figura 15.30. Relación área – elevación U. H. Quebrada Laureles.

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

La Figura 15.30, es la representación gráfica, de la curva hipsométrica y el histograma de frecuencia de alturas de la cuenca, esta se distribuye entre los 2554 y los 3220 m.s.n.m.

15.1.1.8 Unidad Hidrográfica quebrada el Chuscal.

Análisis de pendientes: El mapa de la Figura 15.31, es la representación del modelo digital del terreno de la Unidad Hidrográfica quebrada el Chuscal, este modelo nos permite hacer la clasificación del terreno según las pendientes del mismo.

Tal como se muestra en la Tabla 15.27, la mayor parte del área de la Unidad Hidrográfica quebrada el Chuscal, 47,39%, tiene relieves con formas que varía de ondulados a colinados y escarpados, equivalentes a 1482,77 Has, los terrenos escarpados y muy escarpados ocupan el 9,04% del total del área, 283,005 Has, el resto del área, 43,56%, 1362,821 Has presenta relieves planos y ondulados.

Tabla 15.27. Distribución de pendientes U. H. quebrada el Chuscal.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|----------|---------------------------|------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 1032,917 | 10,329 | 33,015 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 329,904 | 3,299 | 10,545 |
| 7 – 12% | Ondulado | 356,054 | 3,561 | 11,381 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 601,351 | 6,014 | 19,221 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 525,365 | 5,254 | 16,792 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 183,901 | 1,839 | 5,878 |

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|-------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| > 75% | Muy escarpado | 99,104 | 0,991 | 3,168 |
| TOTAL | | 3128,596 | 31,286 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

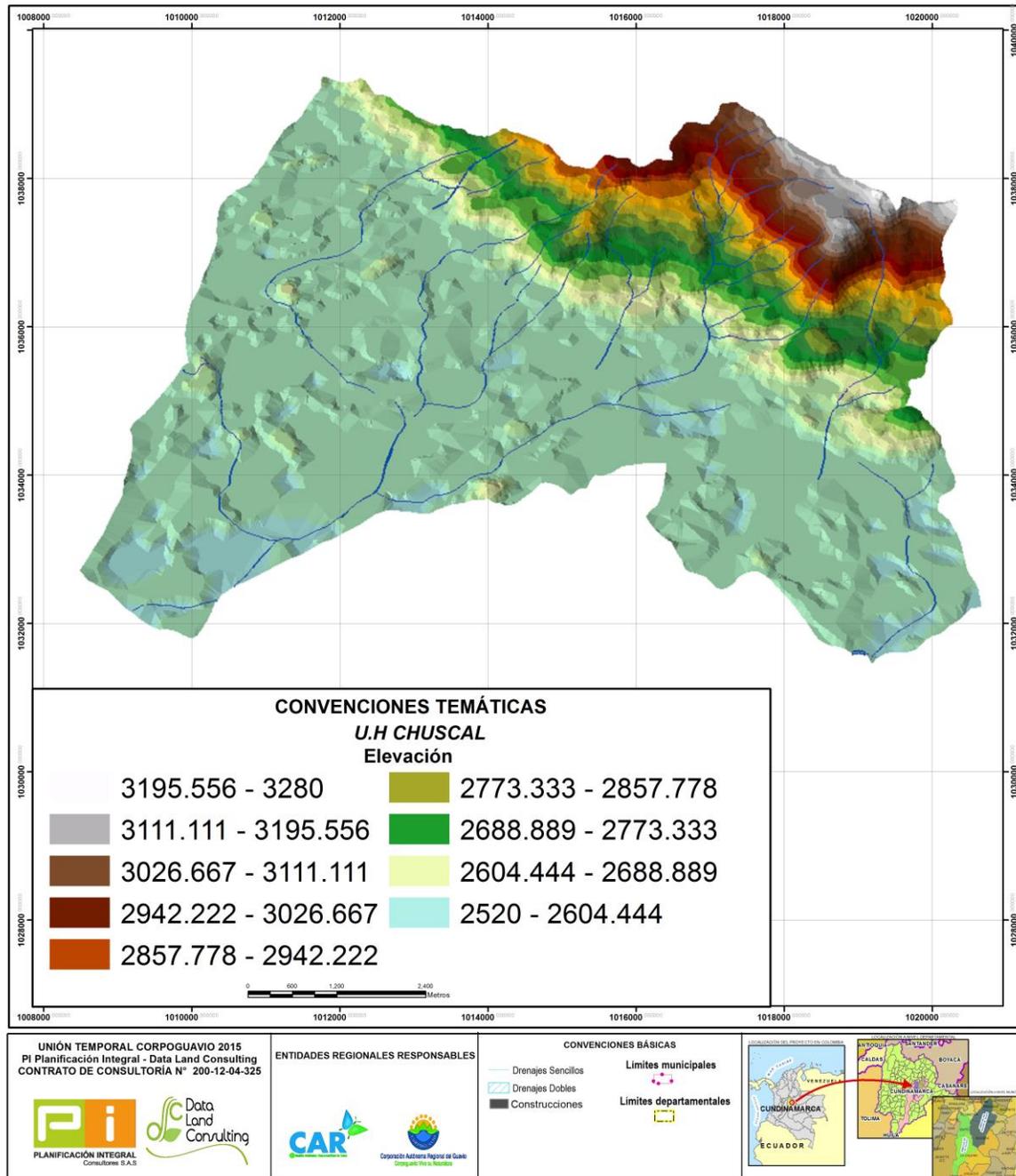


Figura 15.31. Mapa de pendientes U. H. Quebrada el Chuscal.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

La Tabla 15.28, muestra la relación de los parámetros morfométricos de la cuenca, a continuación, se hace un breve análisis de cada uno de ellos.

Tabla 15.28. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada el Chuscal.

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada el Chuscal |
|--|--------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3279 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2540 |
| Diferencia altitudinal | 739 |
| Área (Km ²) | 31,291 |
| Perímetro (Km) | 29,271 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 5,400 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 35,240 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 6,66 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 3,72 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 5,795 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 13,685 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,137 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 454,00 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 290,177 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,705 |
| Índice de compacidad (Gravelius) | 1,465 |
| Elevación media (m.s.n.m.) | 2645,505 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,790 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 1126,186 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 16,49 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 14,80 |
| Índice de asimetría | 1,114 |
| Coeficiente de masividad | 84,544 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 31,281 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** Las partes más altas de esta unidad Hidrográfica, se localizan en el nacimiento de la quebrada Mi Padre Jesús sobre los 3279 m.s.n.m., la cota más baja se localiza en la desembocadura de la misma quebrada en el río Teusacá a los 2540 m.s.n.m.
- **Área:** El área de esta Unidad Hidrográfica, es de 3129,1 Has, equivalentes a 31,291 Km², es un área pequeña por tratarse de una subcuenca del río Teusacá.
- **Perímetro:** La longitud de la línea que define la divisoria de aguas, con las cuencas circundantes, tiene una longitud de 29,271 Km.
- **Longitud del drenaje de la cuenca:** La medición del drenaje principal de la Unidad Hidrográfica, se hizo sobre la quebrada Mi Padre Jesús, la magnitud obtenida es 5,4 Km. La sumatoria de las longitudes de todos los cauces existentes al interior de la cuenca es de 35,24 Km.

- Longitud de la cuenca: Esta magnitud medida sobre la línea recta trazada, en el sentido del cauce principal, desde la parte más alta hasta la salida de la cuenca, arrojó un valor de 6,66 Km.
- Ancho de la cuenca: Sobre la línea que une los puntos extremos de la cuenca, perpendicular a la línea de la medida de la longitud, se obtuvo un valor de 3,72 Km, la obtención de este mismo factor aplicando la fórmula que relaciona el área de la cenca con la longitud del cauce principal, nos dio un valor de 5,795 Km.
- Pendiente media de la Corriente: Teniendo en cuenta la diferencia altitudinal y la longitud del cauce principal, la pendiente media del cauce principal es del 13,68%, (0,137 m/m).
- Pendiente media del área de drenaje: Teniendo en cuenta el valor de la equidistancia entre las curvas de nivel, en este caso 20 m, la sumatoria de las longitudes de las curvas de nivel inscritas en el área de la cuenca, 454,0 Km y el área de la misma 31,291 Km², se tiene que el valor de la pendiente media del área de drenaje es 290,177 m/Km.
- Factor de forma (Gravelius): La relación del área de la Unidad Hidrográfica, con respecto a la longitud de la misma, medido desde la salida hasta el límite cercano de la cabecera del cauce principal, nos da el factor de forma (Gravelius) de la cuenca 0,705, que corresponde a una cuenca de forma moderadamente achatada.
- Índice de compacidad (Gravelius): El valor de 1,465, obtenido para este parámetro, nos indica que la cuenca tiene una forma, con moderada tendencia a ser circular, se clasifica como de oval redonda a oval oblonga.
- Altura media (m.s.n.m.): 2645,505 m.s.n.m., es la altura promedio de la Unidad Hidrográfica quebrada el Chuscal, respecto del punto más bajo o salida de la cuenca.
- Índice de alargamiento (Horton): Esta Unidad Hidrográfica, tiene una tendencia a ser moderadamente alargada, ya que el valor obtenido para este parámetro es de 1,79.
- Densidad de drenaje (m/Km²): Dividiendo la sumatoria de la longitud de todas las corrientes existentes al interior de la cuenca 35,24 Km, entre el área del mismo 31,291 Km², nos da un valor de 1126,186 m/Km², por cada Kilómetro cuadrado de área hay 1126,186 m de drenaje.
- Índice de asimetría: El área mayor de la cuenca, se localiza en la margen derecha aguas abajo del cauce principal, 16,49 Km², el área menor ocupa la margen izquierda del cauce 14,80 Km², la relación entre las dos áreas, nos indica que el cauce principal está bastante recostado hacia su margen izquierda.
- Coefficiente de masividad: Para el cálculo de este parámetro, se obtuvo de la curva hipsométrica el valor de la altitud media del relieve 2645,505 m.s.n.m. y se relacionó con

el valor del área de la cuenca, el valor obtenido es de 84,544, un valor alto, teniendo en cuenta que la altura media es alta y el área de la cuenca es pequeña.

- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): El valor obtenido del tiempo de concentración es de 31,28 min, un valor pequeño, debido a las pendientes relativamente altas al interior de la cuenca, al terminar un aguacero sobre la cuenca, la última gota en caer sobre el límite de la misma gastaría este tiempo en llegar al punto de salida.

- Curva hipsométrica: Para la obtención del gráfico de la curva hipsométrica, inicialmente se hicieron los cálculos mostrados en la Tabla 15.29, teniendo en cuenta la cota más alta 3300 m.s.n.m. y la cota más baja 2540 m.s.n.m. y las áreas entre curvas de nivel al interior de la cuenca.

Tabla 15.29. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada el Chuscal.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|------------|--|---------------------|----------------------|-------------|
| 2540 | 2560 | 2550 | 0,189 | 0,0019 | 0,01 | 100,00 | 4,83 |
| 2560 | 2580 | 2570 | 1917,747 | 19,1775 | 61,30 | 99,994 | 49286,09 |
| Elevación Mediana | | 2586,311941 | | | | 50,000 | |
| 2580 | 2600 | 2590 | 249,276 | 2,4928 | 7,97 | 38,697 | 6456,24 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 82,144 | 0,8214 | 2,63 | 30,729 | 2143,97 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 53,058 | 0,5306 | 1,70 | 28,103 | 1395,41 |
| Altura Media | | 2645,504679 | | | | 26,789 | |
| 2640 | 2660 | 2650 | 59,785 | 0,5978 | 1,91 | 26,407 | 1584,29 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 52,015 | 0,5202 | 1,66 | 24,497 | 1388,81 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 53,437 | 0,5344 | 1,71 | 22,834 | 1437,44 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 58,742 | 0,5874 | 1,88 | 21,126 | 1591,92 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 49,931 | 0,4993 | 1,60 | 19,248 | 1363,12 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 43,109 | 0,4311 | 1,38 | 17,652 | 1185,50 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 47,089 | 0,4709 | 1,51 | 16,274 | 1304,35 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 44,057 | 0,4406 | 1,41 | 14,769 | 1229,18 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 40,741 | 0,4074 | 1,30 | 13,361 | 1144,81 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 46,899 | 0,4690 | 1,50 | 12,059 | 1327,24 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 37,709 | 0,3771 | 1,21 | 10,560 | 1074,70 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 29,845 | 0,2984 | 0,95 | 9,355 | 856,55 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 20,749 | 0,2075 | 0,66 | 8,401 | 599,65 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 14,117 | 0,1412 | 0,45 | 7,738 | 410,81 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 17,717 | 0,1772 | 0,57 | 7,286 | 519,12 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 16,580 | 0,1658 | 0,53 | 6,720 | 489,12 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 16,391 | 0,1639 | 0,52 | 6,190 | 486,81 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 15,917 | 0,1592 | 0,51 | 5,666 | 475,93 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 16,675 | 0,1668 | 0,53 | 5,157 | 501,92 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 13,928 | 0,1393 | 0,45 | 4,624 | 422,01 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 12,791 | 0,1279 | 0,41 | 4,179 | 390,12 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 15,065 | 0,1506 | 0,48 | 3,770 | 462,48 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 16,580 | 0,1658 | 0,53 | 3,289 | 512,34 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 16,107 | 0,1611 | 0,51 | 2,759 | 500,92 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 17,149 | 0,1715 | 0,55 | 2,244 | 536,76 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 19,423 | 0,1942 | 0,62 | 1,696 | 611,82 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 15,159 | 0,1516 | 0,48 | 1,075 | 480,55 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 9,001 | 0,0900 | 0,29 | 0,591 | 287,13 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 6,253 | 0,0625 | 0,20 | 0,303 | 200,73 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 1,895 | 0,0189 | 0,06 | 0,103 | 61,21 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 3240 3260 | 3250 | 0,758 | 0,0076 | 0,02 | 0,042 | 24,63 |
| 3260 3280 | 3270 | 0,379 | 0,0038 | 0,01 | 0,018 | 12,39 |
| 3280 3300 | 3290 | 0,189 | 0,0019 | 0,01 | 0,006 | 6,23 |
| TOTAL | | 3128,60 | 31,29 | 99,99 | 0,000 | 82767,16 |

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

La Figura 15.32, nos muestra una curva hipsométrica, que corresponde a una cuenca sedimentaria en fase de vejez, en ella también podemos encontrar los valores de la altura media 2645,50 m.s.n.m., con respecto a la cota más baja de la cuenca y la elevación mediana o H_{50} , 2586,31, que corresponde a la cota donde el 50% del área de la cuenca se encuentra por encima y el 50% restante por debajo.

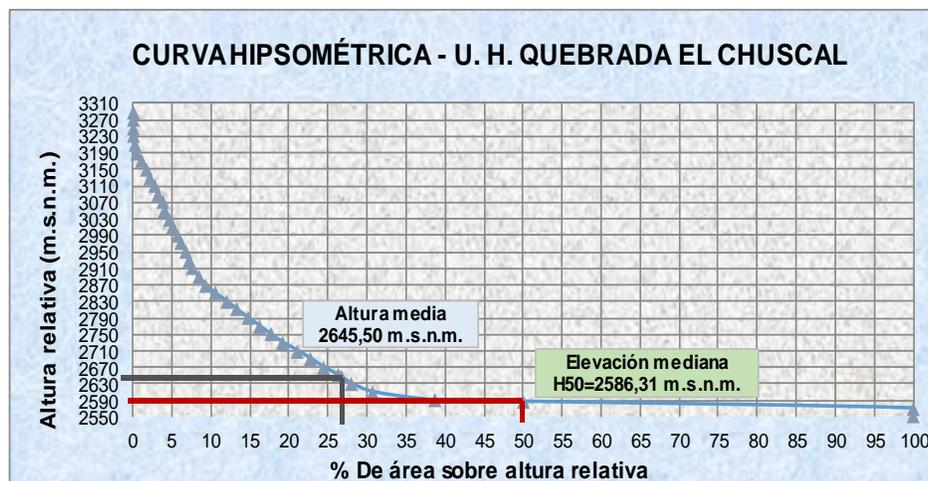


Figura 15.32. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada el Chuscal.

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

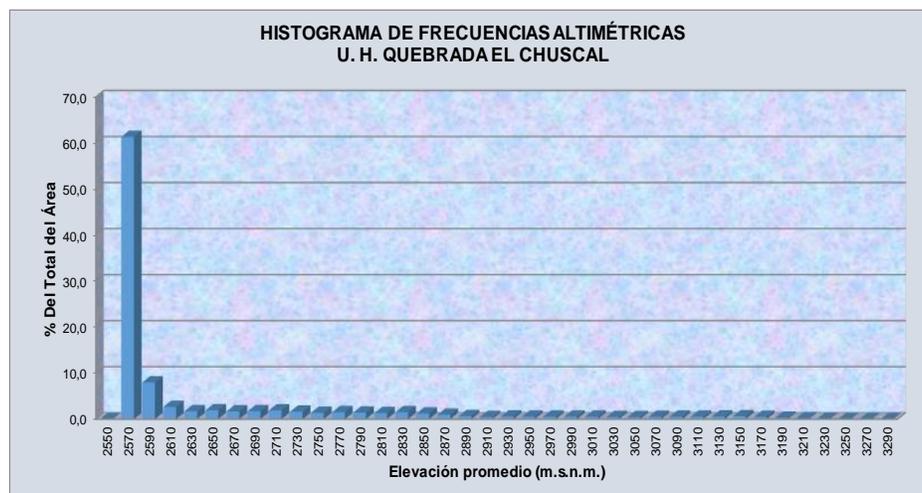


Figura 15.33. Histograma de Frecuencia de alturas U. H. Quebrada el Chuscal.

Fuente: Unión Temporal Coropoguvio 2015.

El relieve de la cuenca tiene una configuración característica, una parte alta bordeando seguida de una zona baja muy amplia, esto lo podemos observar en el histograma de frecuencia de alturas de la Figura 15.33, el mayor porcentaje de altura está sobre la cota 2570 m.s.n.m., el 61.30% del total del área, el resto del área se distribuye de una manera casi que uniforme en el resto de alturas.

La Figura 15.34, no es otra cosa que la representación en una misma gráfica de la curva hipsométrica y del histograma de frecuencia de alturas.



Figura 15.34. Relación área – elevación U. H. Quebrada el Chuscal.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.1.9 Unidad Hidrográfica río Bajo Teusacá.

- Análisis de pendientes: En esta Unidad Hidrográfica, el 47,28% del área, (3661,067 Has), presenta relieves que varían entre planos y ondulados, con pendientes entre el 0% y el 12%, el 44,49%, (3445,521 Has), tiene relieve con formas onduladas, colinadas o escarpadas y pendientes entre el 12% y el 50%, el área restante 8,22%, (636,502 Has), tiene relieve que fluctúa entre escarpado y muy escarpado, pendientes superiores al 50%.

Tabla 15.30. Distribución de pendientes U.H. Río Bajo Teusacá.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 2163,233 | 21,632 | 27,938 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 701,307 | 7,013 | 9,057 |
| 7 – 12% | Ondulado | 796,527 | 7,965 | 10,287 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 1768,049 | 17,680 | 22,834 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 1677,472 | 16,775 | 21,664 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 475,055 | 4,751 | 6,135 |
| > 75% | Muy escarpado | 161,447 | 1,614 | 2,085 |
| TOTAL | | 7743,088 | 77,431 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.



En la Figura 15.35, está el mapa del modelo digital del terreno de la Unidad Hidrográfica río Bajo Teusacá, se observa como en los bordes se presentan las mayores alturas, mientras que hacia el centro se observan valles de tipo aluvial, por donde discurre el río Teusacá y varias de las quebradas que desembocan en él.

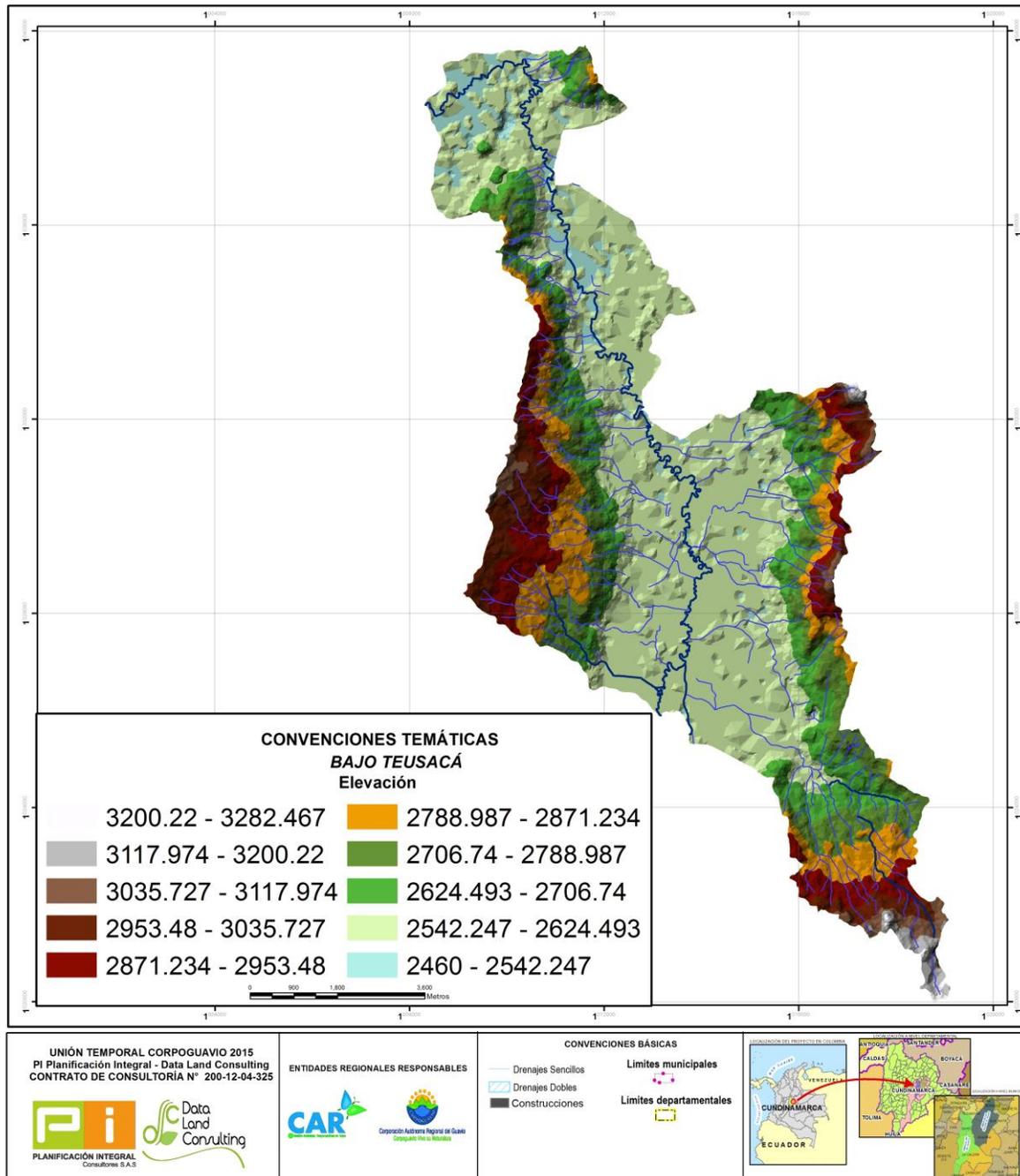


Figura 15.35. Mapa de pendientes U. H. Río Bajo Teusacá.
Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

A continuación, en la Tabla 15.31, se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros morfométricos, de la Unidad Hidrográfica Río Bajo Teusacá, posteriormente se hace una breve descripción e interpretación de ellos.

Tabla 15.31. Parámetros morfométricos U. H. Río Bajo Teusacá.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Bajo Teusacá |
|--|-----------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3282 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2540 |
| Diferencia altitudinal | 742 |
| Área (Km ²) | 77,429 |
| Perímetro (Km) | 68,335 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 10,731 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 174,008 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 21,88 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 8,88 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 7,215 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 6,915 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,069 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 1104,69 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 285,346 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,162 |
| Índice de compacidad (Gravelius) | 2,174 |
| Elevación media (m.s.n.m.) | 2573,958 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 2,464 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 2247,34 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 42,45 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 34,97 |
| Índice de asimetría | 1,21 |
| Coeficiente de masividad | 33,24 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 69,04 |

- Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** Como se observa en el mapa del modelo digital del terreno, las partes más altas de la Unidad Hidrográfica se localizan en los bordes de la misma, en este caso sobre los 3282 m.s.n.m., en tanto que las partes más bajas se localizan en la parte llana de la Unidad, por donde corre el río Teusacá, a los 24540 m.s.n.m., la diferencia altitudinal es de 742 m.

- **Área:** Se trata de una de la Unidades Hidrográficas, más grandes de la cuenca del río Teusacá, tiene un área de 7742,9 Has, (77,429 Km²).

- **Perímetro:** 68,33 Km, es la medida de la longitud de la línea parte aguas, que separa la cuenca de las áreas de drenaje circundantes.

- Longitud del drenaje de la cuenca: La medida de la longitud del drenaje principal de la unidad Hidrográfica, es de 10,731 Km, esta medida, se hizo sobre el río Teusacá, hasta su desembocadura en el río Bogotá.
La sumatoria de las longitudes de todos los cauces al interior de la Unidad Hidrográfica río Bajo Teusacá es de 174,008 Km
- Longitud de la cuenca: Medida sobre una línea recta en el mismo sentido del cauce principal es de 21,88 Km.
- Ancho de la cuenca: La medida de los puntos extremos sobre una línea perpendicular a la línea sobre la cual se midió la longitud de la cuenca es de 8,88 Km, el cálculo de este factor mediante la aplicación de la fórmula que relaciona el área de la cuenca con su longitud dio un valor de 7,215 Km.
- Pendiente media de la Corriente: Con la diferencia altitudinal y la longitud del cauce principal, obtenemos este parámetro, el resultado es de 6,91% o expresado en m/m 0,069.
- Pendiente media del área de drenaje: La sumatoria de las longitudes de las curvas de nivel inscritas en el área de drenaje es de 1104,69 Km, el valor de la equidistancia entre curvas de nivel es de 20 m, la pendiente media del área de drenajes es de 285,346 m/Km.
- Factor de forma (Gravelius): El valor obtenido para este parámetro 0,162, nos indica que se trata de una cuenca muy poco achatada, es decir es mucho más larga que ancha.
- Índice de compacidad (Gravelius): La forma que presenta la Unidad Hidrográfica río Bajo Teusacá, está muy poco relacionada con la forma de un círculo, ya que el valor del índice de compacidad es de 2,174.
- Altura media (m.s.n.m.): Este valor obtenido sobre la curva hipsométrica, de la altura promedio con respecto a la cota más baja o de salida de la cuenca es de 2573,958 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): Corroborando el valor obtenido en el cálculo del índice de compacidad, el índice de alargamiento igual a 2,464, nos indica que se trata de una cuenca de forma moderadamente alargada
- Densidad de drenaje (m/Km²): Al dividir la sumatoria de las longitudes de todas las corrientes superficiales inscritas en la cuenca, entre el área de la misma, se obtuvo un valor de densidad de drenaje de 2247,34 m/Km², hay 2247,34 m de drenajes por cada Kilómetro cuadrado de área.
- Índice de asimetría: A pesar de que el valor del índice de asimetría para esta Unida Hidrográfica es cercano a la unidad, tenemos que el área de la vertiente derecha 42,45 Km², es mayor que el área de la vertiente izquierda aguas abajo 34,97 Km², el

índice de asimetría es de 1,21, el drenaje principal, se encuentra un poco recargado hacia la vertiente izquierda, sentido aguas abajo.

- *Coefficiente de masividad:* La relación entre la elevación media de la cuenca y el área, nos indica que el coeficiente de masividad es de 33,24 que corresponde a un área de drenaje relativamente extensa y con bajas pendientes.

- *Tiempo de concentración (Kirpich) (m):* El tiempo de concentración en esta unidad Hidrográfica, es alto 69,04 min, debido al tamaño de la cuenca y las bajas pendientes en ella existentes.

- *Curva hipsométrica:* Teniendo como insumos la cartografía y la identificación de la cota más alta y la cota más baja existentes en la Unida Hidrográfica, se procede a generar la información y los posteriores cálculos, (Tabla 15.32), para poder graficar la curva hipsométrica de la cuenca.

Tabla 15.32. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Bajo Teusacá.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|---------------------|----------------------|-------------|
| 2540 | 2560 | 2550 | 395,279 | 3,9528 | 5,10 | 10079,61 |
| 2560 | 2580 | 2570 | 3057,442 | 30,5744 | 39,49 | 78576,26 |
| Altura Media | | 2573,957785 | | | 87,08 | |
| 2580 | 2600 | 2590 | 414,323 | 4,1432 | 5,35 | 10730,96 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 259,603 | 2,5960 | 3,35 | 6775,64 |
| Elevación Mediana | | 2629,653285 | | | 50,00 | |
| 2620 | 2640 | 2630 | 214,883 | 2,1488 | 2,78 | 5651,43 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 212,041 | 2,1204 | 2,74 | 5619,08 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 224,642 | 2,2464 | 2,90 | 5997,94 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 220,094 | 2,2009 | 2,84 | 5920,53 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 223,031 | 2,2303 | 2,88 | 6044,15 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 197,450 | 1,9745 | 2,55 | 5390,38 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 204,840 | 2,0484 | 2,65 | 5633,10 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 197,639 | 1,9764 | 2,55 | 5474,61 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 203,608 | 2,0361 | 2,63 | 5680,67 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 198,113 | 1,9811 | 2,56 | 5566,98 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 173,290 | 1,7329 | 2,24 | 4904,10 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 157,562 | 1,5756 | 2,03 | 4490,52 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 142,876 | 1,4288 | 1,85 | 4100,55 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 142,971 | 1,4297 | 1,85 | 4131,87 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 129,612 | 1,2961 | 1,67 | 3771,71 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 123,548 | 1,2355 | 1,60 | 3619,97 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 119,190 | 1,1919 | 1,54 | 3516,11 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 91,145 | 0,9115 | 1,18 | 2707,02 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 93,798 | 0,9380 | 1,21 | 2804,57 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 70,301 | 0,7030 | 0,91 | 2116,07 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 65,564 | 0,6556 | 0,85 | 1986,59 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 44,530 | 0,4453 | 0,58 | 1358,18 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 33,350 | 0,3335 | 0,43 | 1023,86 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 25,202 | 0,2520 | 0,33 | 778,75 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 18,191 | 0,1819 | 0,23 | 565,75 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 17,623 | 0,1762 | 0,23 | 551,59 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 15,444 | 0,1544 | 0,20 | 486,47 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 13,170 | 0,1317 | 0,17 | 417,48 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| 3180 - 3200 | 3190 | 18,570 | 0,1857 | 0,24 | 0,55 | 592,39 |
| 3200 - 3220 | 3210 | 9,380 | 0,0938 | 0,12 | 0,31 | 301,09 |
| 3220 - 3240 | 3230 | 7,580 | 0,0758 | 0,10 | 0,19 | 244,82 |
| 3240 - 3260 | 3250 | 5,401 | 0,0540 | 0,07 | 0,09 | 175,52 |
| 3260 - 3280 | 3270 | 1,421 | 0,0142 | 0,02 | 0,02 | 46,47 |
| 3280 - 3300 | 3290 | 0,379 | 0,0038 | 0,00 | 0,00 | 12,47 |
| TOTAL | | 7743,09 | 77,43 | 100,00 | 0,00 | 199303,83 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Una vez obtenida la información necesaria, se procede a hacer la gráfica de la Figura 15.36, que corresponde a la curva hipsométrica de la unidad Hidrográfica río Bajo Teusacá, por la forma que toma la curva, se puede concluir que se trata de una cuenca sedimentaria que se encuentra en su fase de vejez.

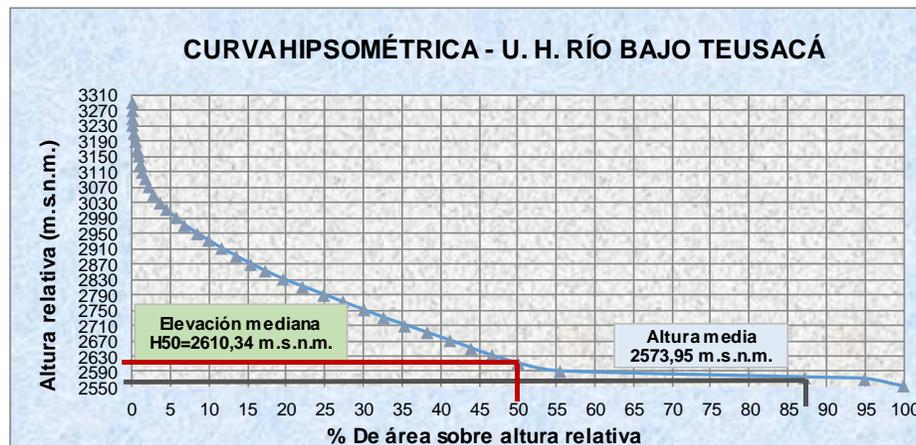


Figura 15.36. Curva Hipsométrica U. H. Río Bajo Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

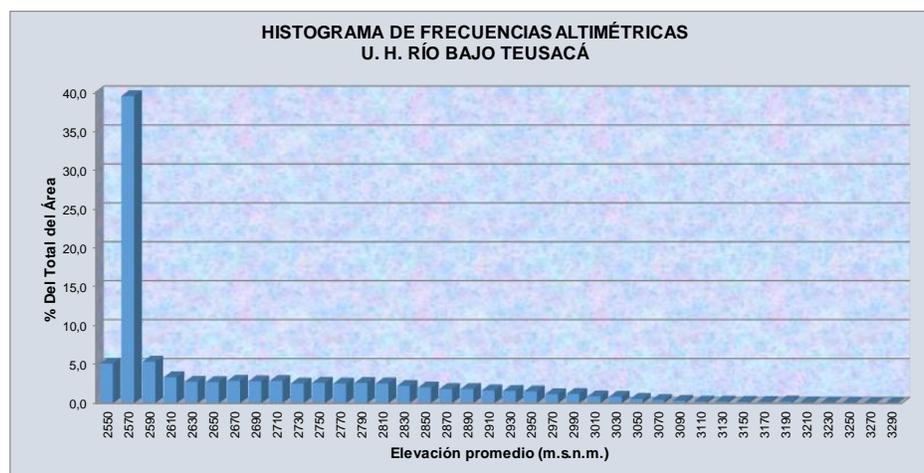


Figura 15.37. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Bajo Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

La Figura 15.37, es la representación gráfica del histograma de frecuencia de alturas de la Unidad Hidrográfica, debido a la forma del relieve que se encuentra en esta unidad, podemos observar que el 39,49% del área se encuentra distribuida sobre una altura de 2570 m.s.n.m., el resto del área se distribuye disminuyendo casi que proporcionalmente hasta alcanzar su valor más bajo sobre los 3290 m.s.n.m. con un porcentaje de área de tan sólo un 0,0038%.

La representación gráfica de la curva hipsométrica, junto con el histograma de frecuencia de alturas de esta Unidad Hidrográfica, se muestra en la Figura 15.38, el área de la cuenca se distribuye entre los 2540 m.s.n.m. y los 3282 m.s.n.m., su altura media es de 2573,95 m.s.n.m. y su altura mediana es de 2629,65 m.s.n.m.



Figura 15.38. Relación área – elevación U. H. R. Río Bajo Teusacá.
Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

15.1.2 Subcuenca embalse Tominé.

Para el análisis de la subcuenca del embalse de Tominé, se procedió a subdividir su área en 10 Unidades Hidrográficas, en la Tabla 15.33, se hace la relación de las mismas con su respectiva codificación, de acuerdo a lo establecido por el IDEAM para estos casos, luego se hace un análisis de los parámetros morfométricos de cada una de ellas.

Tabla 15.33. Unidades Hidrográficas subcuenca Embalse Tominé.

| Cuenca | Subcuenca | Unidad Hidrográfica | Código |
|------------|----------------|-----------------------|----------|
| RÍO BOGOTÁ | Embalse Tominé | Río Chiguanos | 21201703 |
| | | Río Alto Siecha | 21201704 |
| | | Río Chipatá | 21201705 |
| | | Quebrada Montoque | 21201706 |
| | | Río Bajo Siecha | 21201702 |
| | | Río Chiquito | 21201707 |
| | | Quebrada Corales | 21201708 |
| | | Río Medio y Bajo Aves | 21201710 |

| Cuenca | Subcuenca | Unidad Hidrográfica | Código |
|--------|-----------|----------------------------|----------|
| | | Río Alto Aves | 21201709 |
| | | Tributarios Embalse Tominé | 21201701 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.2.1 Unidad Hidrográfica río Chiguanos.

- Análisis de pendientes: Haciendo el análisis de la información de la Tabla 15.34, se observa que el 64,32% del total del área de esta Unidad Hidrográfica, se localiza en terrenos con pendientes que fluctúan entre el 12% y el 50%, (2102,217 Has), relieves que varían de ondulados a colinados y a escarpados, el 12,84% del área, presenta pendientes mayores al 50%, (419,62) Has, allí se pueden encontrar relieves escarpados o muy escarpados y en el 22,8% restante del área total, (744,89 Has), encontramos relieves planos a ondulados, con pendientes entre el 0% y el 12%.

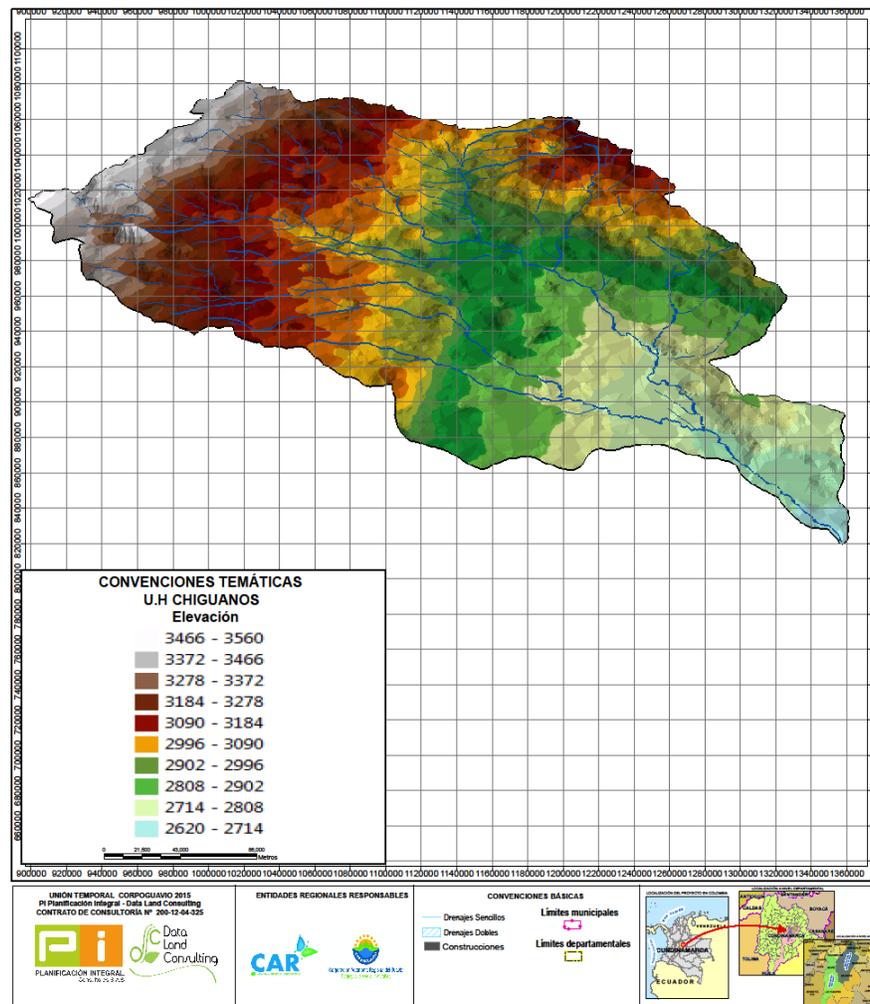


Figura 15.39. Mapa de pendientes U. H. Río Chiguanos.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 15.34. Distribución de pendientes U.H. Río Chiguanos.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 178,785 | 1,788 | 5,473 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 214,220 | 2,142 | 6,558 |
| 7 – 12% | Ondulado | 351,885 | 3,519 | 10,772 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 1001,841 | 10,018 | 30,668 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 1100,376 | 11,004 | 33,684 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 295,796 | 2,958 | 9,055 |
| > 75% | Muy escarpado | 123,833 | 1,238 | 3,791 |
| TOTAL | | 3266,735 | 32,667 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En el mapa de la Figura 15.39, se muestra el modelo digital del terreno de la unidad Hidrográfica Río Chiguanos, insumo requerido para el análisis de pendientes de la misma, se observa que las partes más altas, se localizan en el nacimiento del río Chiguanos y en el nacimiento de las quebradas Arrayanes o Boquerón, los Curíes, el Jucal, Larga, Camargo y Mata de Chusque, a continuación se van suavizando las pendientes, hasta la salida de la cuenca, en donde se presentan zonas planas.

En la Tabla 15.35, se relacionan los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica río Chiguanos y a continuación se hace una breve evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 15.35. Parámetros morfométricos U. H. Río Chiguanos.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Chiguanos |
|--|-----------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3779 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2700 |
| Diferencia altitudinal (m) | 1079 |
| Área (Km ²) | 32,660 |
| Perímetro (Km) | 28,195 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 11,100 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 89,509 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 8,930 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 5,10 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 2,942 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 9,721 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,0972 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 574,232 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 351,642 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,410 |
| Coefficiente de compacidad (Gravelius) | 1,381 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 3171,791 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,751 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 2740,635 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 17,27 |

| Parámetros morfométricos | U.H. Rio Chiguanos |
|--|-----------------------|
| Área vertiente menor (Km ²) | 15,39 |
| Índice de asimetría | 1,122 |
| Coefficiente de masividad | 97,115 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 62,148 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** La mayor altura en esta Unidad Hidrográfica, es de 3779 m.s.n.m., se localiza en los alrededores del nacimiento de la quebrada Larga, la cota más baja se localiza en la salida de la cuenca, confluencia con el río Siecha a los 27100 m.s.n.m., la diferencia altitudinal es de 1079 m.s.n.m.

- **Área:** El área de la Unidad Hidrográfica río Chiguanos es de 3266 Has, (32,66 Km²).

- **Perímetro:** La longitud de la línea divisoria de aguas de esta cuenca es de 28,195 Km².

- **Longitud del drenaje de la cuenca:** El drenaje principal de la unidad Hidrográfica, es el río Chiguanos, en su recorrido recibe las aguas de las quebradas: Puente de Tierra, el Consuelo, Arrayanes o Boquerón, los Curíes, el Jucal, Larga, Camargo, Mata de Chusque y Chiquita. La longitud del cauce principal es de 11,1 Km, y la longitud de la sumatoria de las longitudes de todos los drenajes existentes en la cuenca es de 89,509 Km.

- **Longitud de la cuenca:** Midiendo la línea recta que une el punto de proyección del río Chiguanos sobre la línea que me define el perímetro de la cuenca, hasta el punto de confluencia en el río Siecha, tenemos una longitud de 8,93 Km.

- **Ancho de la cuenca:** La determinación de este parámetro, se puede hacer de dos formas distintas: la primera de ellas es haciendo la medida de los puntos extremos de la cuenca, sobre una línea imaginaria, perpendicular a la línea sobre la cual medimos la longitud de la misma, en este caso el valor del ancho obtenido es de 5,1 Km.

La otra forma de obtener este parámetro es aplicando la fórmula que nos relaciona el área de drenaje con la longitud del cauce principal, en este caso el ancho obtenido es de 2,9423 Km.

- **Pendiente media de la Corriente:** Tomando la diferencia de alturas existente en la cuenca y la longitud del drenaje principal, obtenemos la pendiente media de la corriente, en este caso 9,72% o lo que es lo mismo 0,0972 m/m.

- **Pendiente media del área de drenaje:** Inicialmente sobre la cartografía de la Unidad Hidrográfica, se toman las longitudes de las curvas de nivel inscritas en la misma, la sumatoria de estas longitudes es de 574,232 Km, el otro factor a tener en cuenta es la equidistancia entre las curvas de nivel, en este caso 20 m, por último, se tiene en cuenta

el área 32,66 Km², aplicando la fórmula, obtenemos que el valor de la pendiente media de la cuenca es de 351,642 m/Km, por cada Kilómetro avanzado, ascendemos 351,642 m.

- Factor de forma (Gravelius): El valor obtenido en el cálculo de este parámetro, 0,410 nos indica que la cuenca tiene una forma moderadamente achatada, un poco más larga que ancha.

- Índice de compacidad (Gravelius): El valor de 1,381, es el índice de compacidad de esta Unidad Hidrográfica, nos indica que esta tiene poca tendencia a concentrar fuertes volúmenes de agua de escurrimiento, pues dicho valor no es muy cercano a la unidad. Corresponde a una cuenca de forma oval redonda a oval oblonga.

- Altura media (m.s.n.m.): El valor promedio de altura, con referencia a la cota más baja en la salida de la cuenca es de 3171,791 m.s.n.m.

- Índice de alargamiento (Horton): Relacionando el comportamiento de la forma de la cuenca con su tendencia a ser de forma alargada, en relación a su longitud axial y al ancho máximo de la cuenca, tenemos que esta tiene una forma moderadamente alargada, ya que el valor del parámetro es de 1,751

- Densidad de drenaje (m/Km²): Este parámetro, nos indica la longitud del drenaje existente por una unidad de área, en este caso tenemos que hay 2740,635 m/Km².

- Índice de asimetría: Para el cálculo de este parámetro, se hace necesario tener el dato del valor de las áreas en cada una de las vertientes del drenaje principal, para poder determinar la mayor y la menor, el área mayor es de 17,27 Km² y se localiza en la margen derecha sentido aguas abajo del cauce principal, el área más pequeña, 15,39 Km², se localiza en la vertiente izquierda en el mismo sentido del cauce.

Con estos valores de áreas tenemos que el índice de asimétrico es de 1,122, a pesar de ser un valor cercano a la unidad, tenemos que el cauce principal tiene tendencia a estar recargado sobre su vertiente izquierda sentido aguas abajo.

- Coefficiente de masividad: Se tiene que la cota de la altura media de esta Unidad Hidrográfica es bastante alta y el área pequeña, lo que nos da un valor de coeficiente de masividad alto, 97,115, estamos hablando de una cuenca pequeña y montañosa, con un indicador de vulnerabilidad a la degradación.

- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): A pesar de ser una cuenca con altas pendientes el valor del tiempo de concentración no es tan corto, 62,148 min, lo anterior debido a la longitud de la cuenca y a la longitud del cauce principal.

- Curva hipsométrica: En la Tabla 15.36, se relaciona la información necesaria y los cálculos desarrollados para el gráfico de la curva hipsométrica y del histograma de frecuencia de alturas de la unidad Hidrográfica río Chiguanos



Tabla 15.36. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Chiguanos.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|------------|--|---------------------|----------------------|-------------|
| 2720 | 2740 | 2730 | 6,06 | 0,0606 | 0,19 | 100,00 | 165,54 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 9,10 | 0,0910 | 0,28 | 99,81 | 250,13 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 18,19 | 0,1819 | 0,56 | 99,54 | 503,90 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 30,51 | 0,3051 | 0,93 | 98,98 | 851,18 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 28,61 | 0,2861 | 0,88 | 98,05 | 804,03 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 41,97 | 0,4197 | 1,28 | 97,17 | 1187,82 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 75,13 | 0,7513 | 2,30 | 95,89 | 2141,30 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 64,81 | 0,6481 | 1,98 | 93,59 | 1859,93 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 65,85 | 0,6585 | 2,02 | 91,60 | 1903,01 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 97,59 | 0,9759 | 2,99 | 89,59 | 2839,81 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 93,32 | 0,9332 | 2,86 | 86,60 | 2734,41 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 86,41 | 0,8641 | 2,64 | 83,74 | 2549,04 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 82,33 | 0,8233 | 2,52 | 81,10 | 2445,32 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 110,00 | 1,1000 | 3,37 | 78,58 | 3288,99 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 109,62 | 1,0962 | 3,36 | 75,21 | 3299,58 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 112,94 | 1,1294 | 3,46 | 71,86 | 3421,99 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 79,49 | 0,7949 | 2,43 | 68,40 | 2424,49 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 95,22 | 0,9522 | 2,91 | 65,97 | 2923,23 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 99,39 | 0,9939 | 3,04 | 63,05 | 3071,10 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 106,30 | 1,0630 | 3,25 | 60,01 | 3306,07 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 114,36 | 1,1436 | 3,50 | 56,76 | 3579,41 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 110,85 | 1,1085 | 3,39 | 53,26 | 3491,85 |
| Elevación Mediana | | 3169,20256 | | | | 50,00 | |
| 3160 | 3180 | 3170 | 105,64 | 1,0564 | 3,23 | 49,86 | 3348,83 |
| Altura Media | | 3171,791342 | | | | 49,58 | |
| 3180 | 3200 | 3190 | 107,63 | 1,0763 | 3,29 | 46,63 | 3433,43 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 149,03 | 1,4903 | 4,56 | 43,34 | 4784,02 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 110,19 | 1,1019 | 3,37 | 38,78 | 3559,11 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 89,25 | 0,8925 | 2,73 | 35,40 | 2900,64 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 82,71 | 0,8271 | 2,53 | 32,67 | 2704,71 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 113,51 | 1,1351 | 3,47 | 30,14 | 3734,32 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 77,60 | 0,7760 | 2,37 | 26,67 | 2568,45 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 95,79 | 0,9579 | 2,93 | 24,29 | 3189,74 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 82,71 | 0,8271 | 2,53 | 21,36 | 2770,88 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 63,95 | 0,6395 | 1,96 | 18,83 | 2155,23 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 68,95 | 0,6895 | 2,11 | 16,87 | 2337,28 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 43,96 | 0,4396 | 1,35 | 14,76 | 1499,10 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 35,53 | 0,3553 | 1,09 | 13,41 | 1218,67 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 31,08 | 0,3108 | 0,95 | 12,33 | 1072,14 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 25,01 | 0,2501 | 0,77 | 11,38 | 867,95 |
| 3480 | 3500 | 3490 | 20,65 | 0,2065 | 0,63 | 10,61 | 720,84 |
| 3500 | 3520 | 3510 | 19,04 | 0,1904 | 0,58 | 9,98 | 668,44 |
| 3520 | 3540 | 3530 | 26,81 | 0,2681 | 0,82 | 9,40 | 946,50 |
| 3540 | 3560 | 3550 | 45,29 | 0,4529 | 1,39 | 8,57 | 1607,74 |
| 3560 | 3580 | 3570 | 42,45 | 0,4245 | 1,30 | 7,19 | 1515,32 |
| 3580 | 3600 | 3590 | 46,52 | 0,4652 | 1,424 | 5,89 | 1670,07 |
| 3600 | 3620 | 3610 | 38,66 | 0,3866 | 1,183 | 4,47 | 1395,49 |
| 3620 | 3640 | 3630 | 35,34 | 0,3534 | 1,082 | 3,28 | 1282,85 |
| 3640 | 3660 | 3650 | 36,00 | 0,3600 | 1,102 | 2,20 | 1314,12 |
| 3660 | 3680 | 3670 | 20,47 | 0,2047 | 0,626 | 1,10 | 751,07 |
| 3680 | 3700 | 3690 | 9,19 | 0,0919 | 0,281 | 0,47 | 339,12 |
| 3700 | 3720 | 3710 | 3,13 | 0,0313 | 0,096 | 0,19 | 116,00 |
| 3720 | 3740 | 3730 | 1,71 | 0,0171 | 0,052 | 0,10 | 63,61 |
| 3740 | 3760 | 3750 | 1,14 | 0,0114 | 0,035 | 0,04 | 42,64 |
| 3760 | 3780 | 3770 | 0,28 | 0,0028 | 0,009 | 0,01 | 10,72 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| TOTAL | | 3267,28 | 32,67 | 100,00 | 0,00 | 103631,16 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

La curva de la Figura 15.40, nos indica que estamos hablando de una cuenca que se encuentra en equilibrio y en su fase de madurez, la altura media de la cuenca es de 3171,79 m.s.n.m. y la elevación mediana o H_{50} es de 3150,79 m.s.n.m.

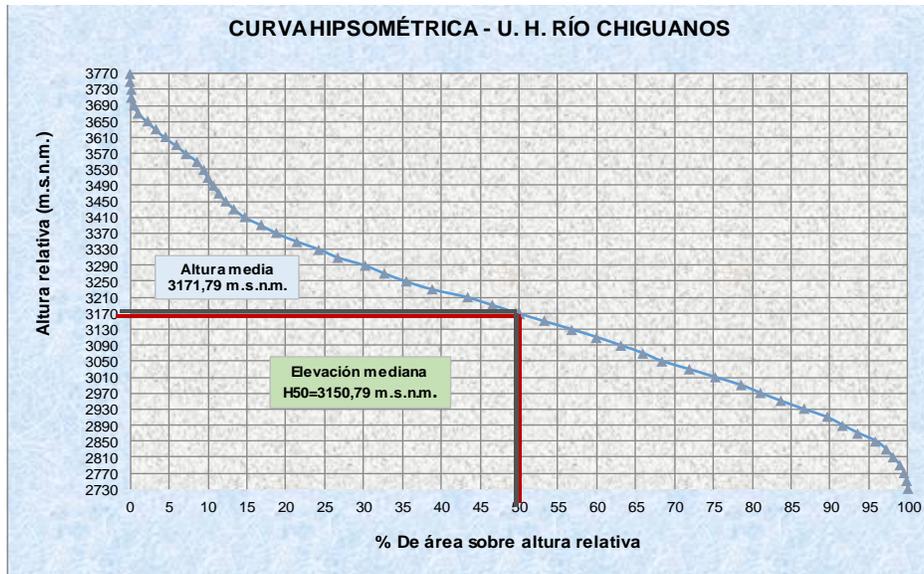


Figura 15.40. Curva hipsométrica U. H. Río Chiguanos.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 15.41, está la representación gráfica del histograma de frecuencia de alturas de la unidad Hidrográfica río Chiguanos, en ella se observa que el 4,56% del total de su área se localiza sobre la cota 3210 m.s.n.m., el 3,50% se localiza sobre la cota 3130 m.s.n.m., por el contrario, los porcentajes de área más bajos se localizan en las cotas 3770 el 0,009% seguido de la cota 3750 m.s.n.m., con el 0,035 del área de la cuenca.

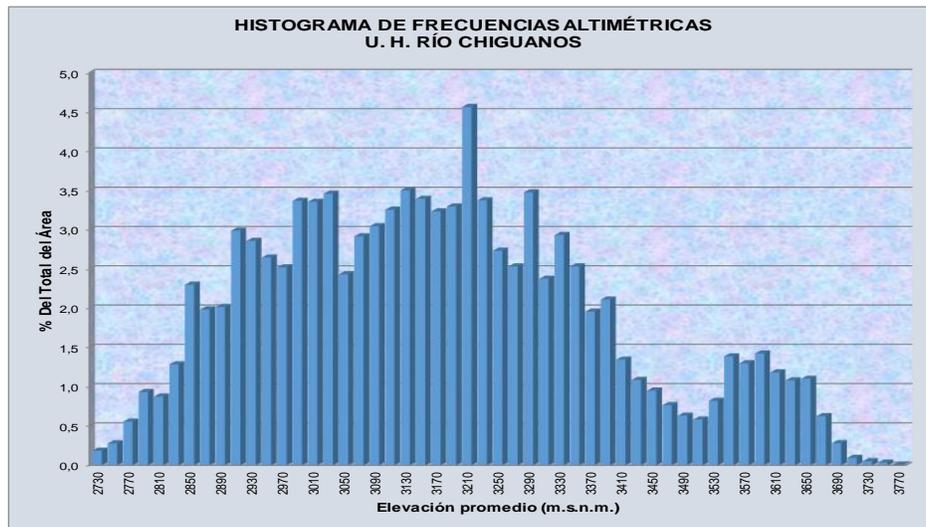


Figura 15.41. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Chiguanos.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La representación gráfica de la relación área – elevación de esta unidad Hidrográfica, se muestra en la Figura 15.42, en ella está representada la curva hipsométrica y el histograma de alturas, la cota más alta está a los 3779 m.s.n.m., la cota más baja a los 2700 m.s.n.m., la cota en la cual el área se distribuye equitativamente, (elevación mediana), es 3150,79 m.s.n.m. y la altura promedio respecto de la cota en el punto de salida de la cuenca, es de 3171,79 m.s.n.m.

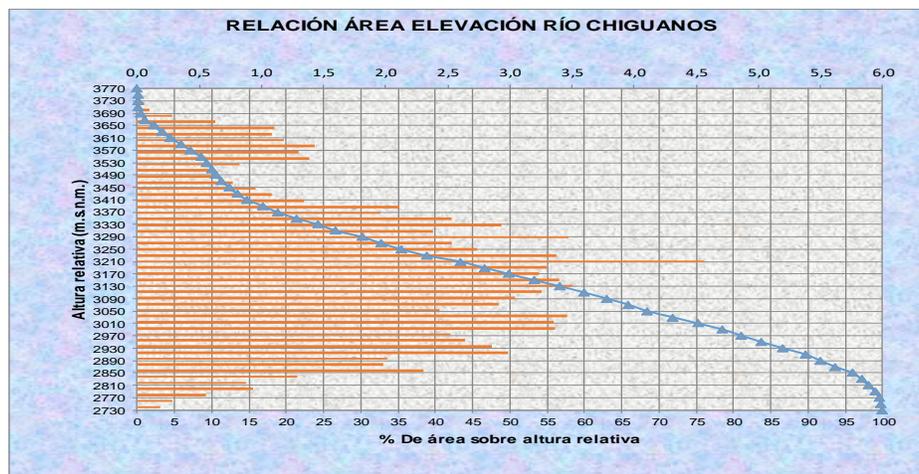


Figura 15.42. Relación área – elevación U. H. Río Chiguanos.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.2.2 Unidad Hidrográfica río Alto Siecha.

- Análisis de pendientes: En la unidad hidrográfica, el 62,73% del área total, (1236,241 Has), presenta pendientes entre el 12% y el 50%, relieves ondulados,

colinados o escarpados; el 16,87%, (332,557 Has), tienen pendientes superiores al 50% y terrenos entre escarpados y muy escarpados; el área restante 20,38%, (401,722 Has), corresponde a relieves planos y ondulados, con pendientes del 0% al 12%, (ver Tabla 15.37).

Tabla 15.37. Distribución de pendientes U. H. Río Alto Siecha.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 103,368 | 1,034 | 5,246 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 109,242 | 1,092 | 5,544 |
| 7 – 12% | Ondulado | 189,112 | 1,891 | 9,597 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 558,715 | 5,587 | 28,354 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 677,526 | 6,775 | 34,383 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 229,379 | 2,294 | 11,641 |
| > 75% | Muy escarpado | 103,178 | 1,032 | 5,236 |
| TOTAL | | 1970,520 | 19,705 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

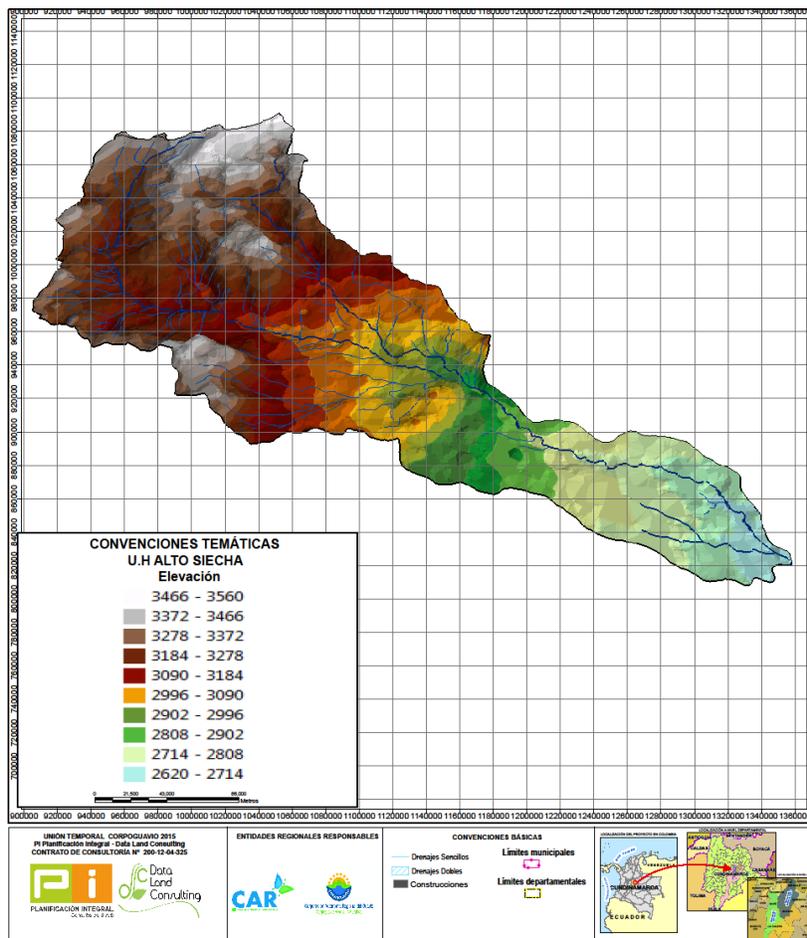


Figura 15.43. Mapa de pendientes U. H. Río Alto Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Uno de los insumos necesarios para obtener la información del análisis de pendientes es el mapa del modelo digital del terreno, tal como se muestra a continuación en la Figura 15.43.

La relación de los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica río Alto Siecha, se presenta en la Tabla 15.38, posteriormente se hace una breve descripción y evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 15.38. Parámetros morfométricos U. H. Río Alto Siecha.

| Parámetros morfométricos | U.H Río Alto Siecha |
|--|---------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3771 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2721 |
| Diferencia altitudinal (m) | 1050 |
| Área (Km ²) | 19,701 |
| Perímetro (Km) | 25,839 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 12,860 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 72,090 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 9,520 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 2,830 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 1,532 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 8,16 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,0816 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 376,450 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 382,162 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,217 |
| Coefficiente de compacidad (Gravelius) | 1,630 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 3293,597 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 3,364 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3659,194 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 13,97 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 5,73 |
| Índice de asimetría | 2,440 |
| Coefficiente de masividad | 167,179 |
| Tiempo de concentración T _c (Kirpich) (min) | 74,440 |

- Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: Las cotas de mayor altura al interior de la Unidad Hidrográfica, están localizadas en la parte alta del nacimiento del río Siecha, sobre los 3771 m.s.n.m. las partes más bajas de la unidad se localizan en la salida de la cuenca, proximidades de la confluencia de la quebrada Paso de la China, con el río Siecha, 2721 m.s.n.m.

- Área: El área de la Unidad Hidrográfica es pequeña, tiene 1970,1 Has, (19,701 Km²).

- Perímetro: La línea divisoria de agua o parte aguas de la Unidad Hidrográfica, con las áreas de drenaje circundantes, tiene una longitud de 25,839 Km.

- Longitud del drenaje de la cuenca: La medida de la longitud del drenaje principal de la unidad Hidrográfica, se hizo sobre el río Siecha, desde la parte más alta en su nacimiento, hasta la salida de la cuenca, el valor de la longitud es de 12,86 Km.

Como insumo para el cálculo de otros parámetros, se determinó la sumatoria de todos los drenajes superficiales existentes en la cuenca, el valor de dicha sumatoria es de 72,09 Km.

- Longitud de la cuenca: Haciendo la medición sobre una línea recta, desde el punto de intersección de la prolongación del cauce principal, sobre la línea que define el perímetro de la cuenca, hasta el punto de salida de la cuenca, se obtuvo una longitud de 9,52 Km.

- Ancho de la cuenca: Haciendo la medida de la distancia de los puntos extremos, sobre una línea perpendicular a la línea sobre la cual se hizo la medición de la longitud de la cuenca, se obtuvo un valor de 2,83 Km; aplicando el método de la relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, el valor de ancho obtenido es de 1,532 Km.

- Pendiente media de la Corriente: La pendiente media de la corriente, obtenida a partir de la diferencia altitudinal de la cuenca y la longitud del drenaje principal es del 8,16%, equivalente a 0,0816 m/m.

- Pendiente media del área de drenaje: Para el cálculo de este parámetro, se necesita de información adicional como la equidistancia entre curvas de nivel, (20 m.), la sumatoria de la longitud de las curvas de nivel inscritas dentro del perímetro de la cuenca, 376,45 Km y el área de la misma, 19,701 Km², la pendiente media del área de drenaje es de 382,162 m/Km.

- Factor de forma (Gravelius): El valor del factor de forma de la cuenca es 0,217, que corresponde a una cuenca con una forma ligeramente achatada.

- Índice de compacidad (Gravelius): La relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de esta, nos arrojó un valor de 1,63, un valor muy alejado de la unidad, por lo que se trata de una cuenca con muy poca tendencia a concentrar fuertes volúmenes de agua de escurrimiento, ya que se trata de una cuenca con forma que puede estar variando entre oval oblonga y rectangular oblonga.

- Altura media (m.s.n.m.): La altura promedio de la Unidad Hidrográfica, respecto de la cota más baja o cota de salida de la cuenca es de 3293,597 m.s.n.m.

- Índice de alargamiento (Horton): El valor obtenido para este parámetro es de 3,364, lo que nos confirma de que se trata de una cuenca mucho más larga que ancha, según las clases de valores de alargamiento se habla de una cuenca muy alargada.

- Densidad de drenaje (m/Km^2): En la Unidad Hidrográfica río Alto Siecha, tenemos una densidad de drenaje igual a 3659,194 m/Km^2 , equivalente a decir que por cada Kilómetro cuadrado de área hay 3659,194 m. de drenaje.
- Índice de asimetría: Para la obtención de este parámetro, es indispensable identificar las áreas de las vertientes del cauce principal y así poder determinar la mayor y la menor de ellas, en esta cuenca, el área de la vertiente mayor es 13,97 Km^2 y el área de la vertiente menor es de 5,73 Km^2 , la vertiente mayor, se localiza en el costado derecho del cauce principal y la vertiente menor en el costado izquierdo, sentido aguas abajo, el índice de asimetría igual a 2,44 nos indica que no existe una homogeneidad en la distribución de la red de drenaje, ya que el cauce principal se encuentra bastante recargado sobre su vertiente izquierda, sentido aguas abajo.
- Coefficiente de masividad: Se obtuvo un valor de coeficiente de masividad alto, debido a que el área de la Unidad Hidrográfica es muy pequeña y la cota de altitud media del relieve corresponde a un valor alto, el coeficiente de masividad en este caso es de 167,179.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): Debido a lo alargado de la cuenca, el tiempo de concentración es alto, 74,44 min, es decir el tiempo que tarda una partícula de agua en viajar desde el punto más remoto hasta el punto de salida de la cuenca.
- Curva hipsométrica: La Tabla 15.39, contiene la información utilizada para graficar la curva hipsométrica de la cuenca y el histograma de frecuencia de altitud, en ella también se relaciona el cálculo de la altura media, (3293,59 m.s.n.m.), y el valor de la elevación mediana, (3362,95 m.s.n.m.).

Tabla 15.39. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Alto Siecha.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km^2) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------|---------|
| 2720 | 2740 | 2730 | 6,06 | 0,06 | 0,31 | 100,00 | 165,54 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 10,52 | 0,11 | 0,53 | 99,69 | 289,21 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 31,08 | 0,31 | 1,58 | 99,16 | 860,82 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 27,86 | 0,28 | 1,41 | 97,58 | 777,16 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 28,42 | 0,28 | 1,44 | 96,17 | 798,71 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 23,21 | 0,23 | 1,18 | 94,73 | 656,92 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 42,92 | 0,43 | 2,18 | 93,55 | 1223,21 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 49,74 | 0,50 | 2,52 | 91,37 | 1427,58 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 32,59 | 0,33 | 1,65 | 88,85 | 941,92 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 19,61 | 0,20 | 1,00 | 87,19 | 570,72 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 15,82 | 0,16 | 0,80 | 86,20 | 463,60 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 15,73 | 0,16 | 0,80 | 85,39 | 463,97 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 18,29 | 0,18 | 0,93 | 84,59 | 543,09 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 28,52 | 0,29 | 1,45 | 83,67 | 852,70 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 11,18 | 0,11 | 0,57 | 82,22 | 336,52 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 14,12 | 0,14 | 0,72 | 81,65 | 427,75 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 22,64 | 0,23 | 1,15 | 80,94 | 690,65 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 22,55 | 0,23 | 1,14 | 79,79 | 692,27 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 3080 | 3100 | 3090 | 26,91 | 0,27 | 1,37 | 78,64 | 831,45 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 30,60 | 0,31 | 1,55 | 77,28 | 951,75 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 27,48 | 0,27 | 1,39 | 75,72 | 860,01 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 43,11 | 0,43 | 2,19 | 74,33 | 1357,94 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 41,88 | 0,42 | 2,13 | 72,14 | 1327,52 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 47,56 | 0,48 | 2,41 | 70,02 | 1517,24 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 45,57 | 0,46 | 2,31 | 67,60 | 1462,88 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 47,66 | 0,48 | 2,42 | 65,29 | 1539,32 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 44,91 | 0,45 | 2,28 | 62,87 | 1459,56 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 46,43 | 0,46 | 2,36 | 60,59 | 1518,11 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 39,41 | 0,39 | 2,00 | 58,24 | 1296,73 |
| Altura Media | | 3293,597461 | | | | 57,88 | |
| 3300 | 3320 | 3310 | 46,52 | 0,47 | 2,36 | 56,24 | 1539,82 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 29,28 | 0,29 | 1,49 | 53,88 | 974,90 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 72,67 | 0,73 | 3,69 | 52,39 | 2434,44 |
| Elevación Mediana | | 3362,959583 | | | | 50,00 | |
| 3360 | 3380 | 3370 | 60,45 | 0,60 | 3,07 | 48,70 | 2037,09 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 67,74 | 0,68 | 3,44 | 45,63 | 2296,49 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 64,90 | 0,65 | 3,29 | 42,20 | 2213,12 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 47,66 | 0,48 | 2,42 | 38,90 | 1634,64 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 74,47 | 0,74 | 3,78 | 36,48 | 2569,22 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 74,28 | 0,74 | 3,77 | 32,71 | 2577,54 |
| 3480 | 3500 | 3490 | 68,22 | 0,68 | 3,46 | 28,94 | 2380,77 |
| 3500 | 3520 | 3510 | 85,93 | 0,86 | 4,36 | 25,47 | 3016,29 |
| 3520 | 3540 | 3530 | 89,53 | 0,90 | 4,54 | 21,11 | 3160,57 |
| 3540 | 3560 | 3550 | 72,86 | 0,73 | 3,70 | 16,57 | 2586,51 |
| 3560 | 3580 | 3570 | 70,87 | 0,71 | 3,60 | 12,87 | 2530,05 |
| 3580 | 3600 | 3590 | 52,68 | 0,53 | 2,67 | 9,27 | 1891,16 |
| 3600 | 3620 | 3610 | 33,82 | 0,34 | 1,72 | 6,60 | 1221,05 |
| 3620 | 3640 | 3630 | 25,49 | 0,25 | 1,29 | 4,89 | 925,16 |
| 3640 | 3660 | 3650 | 23,02 | 0,23 | 1,17 | 3,59 | 840,35 |
| 3660 | 3680 | 3670 | 13,07 | 0,13 | 0,66 | 2,42 | 479,85 |
| 3680 | 3700 | 3690 | 11,09 | 0,11 | 0,56 | 1,76 | 409,05 |
| 3700 | 3720 | 3710 | 11,46 | 0,11 | 0,58 | 1,20 | 425,32 |
| 3720 | 3740 | 3730 | 10,14 | 0,10 | 0,51 | 0,615 | 378,14 |
| 3740 | 3760 | 3750 | 1,89 | 0,02 | 0,10 | 0,101 | 71,06 |
| 3760 | 3780 | 3770 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,005 | 3,57 |
| TOTAL | | | 1970,52 | 19,71 | 100,00 | 0,000 | 64901,00 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 15.44, está la representación gráfica de la curva hipsométrica de la Unidad Hidrográfica río Alto Siecha, aparte de mostrarnos la variación del área drenada respecto de la superficie de la cuenca, también nos indica el porcentaje de área de la cuenca o la superficie de la misma que existe por encima de cierta cota determinada.

La forma que toma la curva, nos indica, que estamos hablando de una cuenca con gran potencial erosivo, que se encuentra en su fase de juventud.

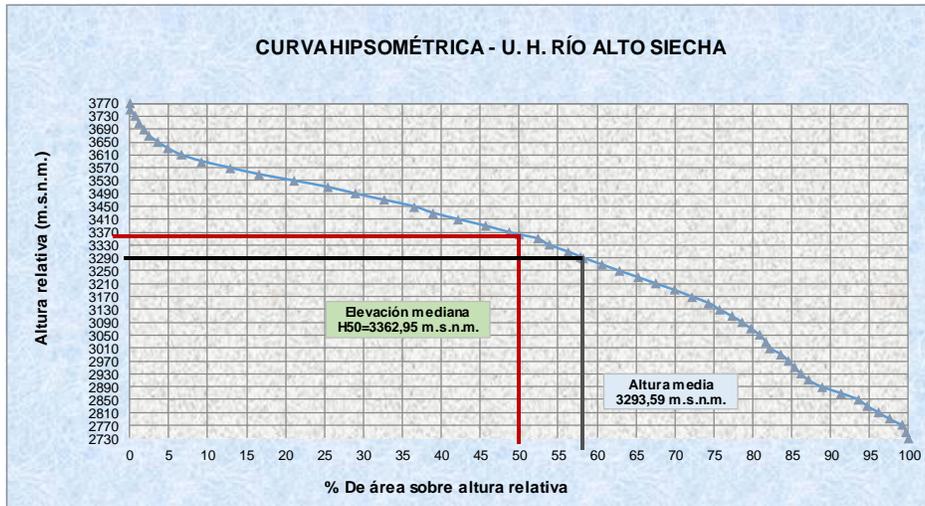


Figura 15.44. Curva hipsométrica U. H. Río Alto Siecha.

 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

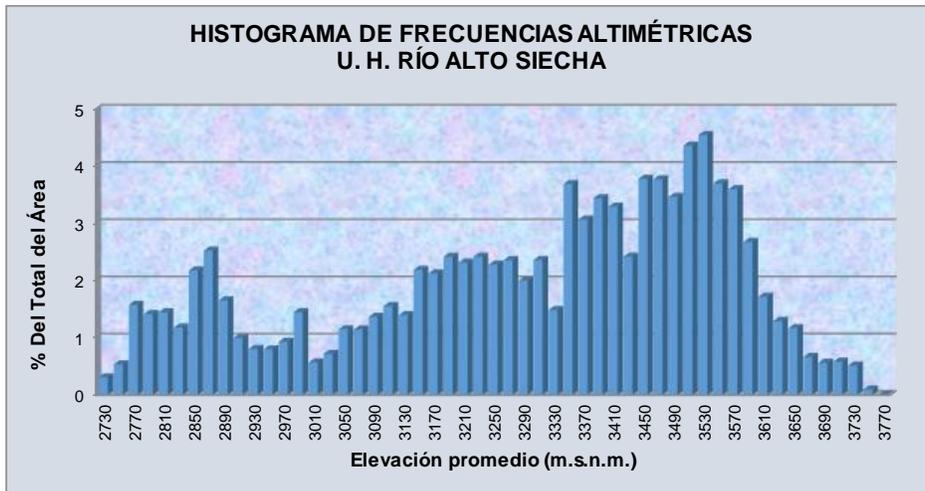


Figura 15.45. Histograma de frecuencias de alturas U. H. Río Alto Siecha.

 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

El histograma de frecuencias altimétricas de la cuenca, Figura 15.45, nos muestra que el 4,54% del área se encuentra en la 3530 m.s.n.m., la altura siguiente en porcentaje de área es 4,36% por encima de la cota 3510 m.s.n.m., los porcentajes de área más bajos 0,10% están sobre la cota 3750 m.s.n.m. y el 0,005% sobre la cota 3770 m.s.n.m.

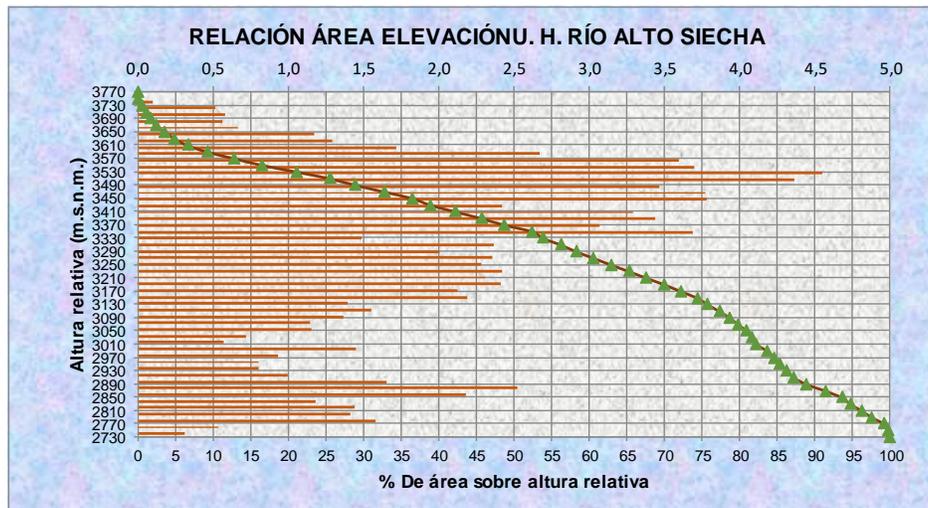


Figura 15.46. Relación área – elevación U. H. Río Alto Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

La representación gráfica de la relación área elevación y el histograma de frecuencia de alturas, se muestra en la Figura 15.46, la altura que divide el área de la cuenca en dos partes iguales es 3362,95 m.s.n.m. y la altura promedio respecto de la cota más baja es 3293,59 m.s.n.m., la cota más baja, está en los 2721 m.s.n.m. y la cota más alta en los 3771 m.s.n.m.

15.1.2.3 Unidad Hidrográfica río Chipatá.

- Análisis de pendientes: Más de la mitad del área de la unidad Hidrográfica río Chipatá, el 60,78%, (1685,99 Has), presenta un rango de pendientes entre el 12% y el 50%, con relieves que pueden ser ondulados, colinados o escarpados, con rango de pendientes superiores al 50% y relieves de escarpado a muy escarpados hay un 12,738% del área, (353,307 Has), el 26,47% del área restante, se encuentra en un rango de pendientes entre el 0% y el 12%, (734,468 Has), con relieves planos y ondulados.

Tabla 15.40. Distribución de pendientes U.H. Río Chipatá.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 182,291 | 1,823 | 6,572 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 225,589 | 2,256 | 8,133 |
| 7 – 12% | Ondulado | 326,588 | 3,266 | 11,774 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 823,150 | 8,232 | 29,676 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 862,849 | 8,628 | 31,107 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 266,330 | 2,663 | 9,602 |
| > 75% | Muy escarpado | 86,977 | 0,870 | 3,136 |
| TOTAL | | 2773,774 | 27,738 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

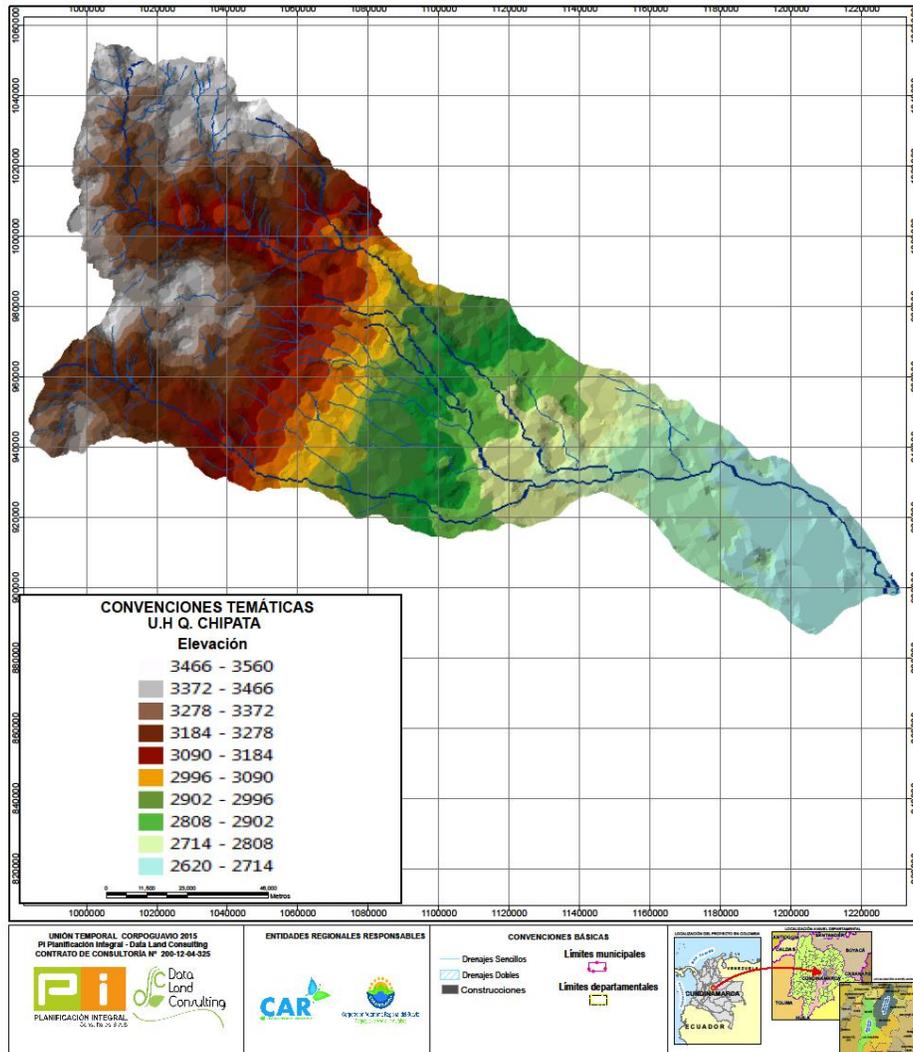


Figura 15.47. Mapa de pendientes U. H. Río Chipatá.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La representación gráfica del modelo digital del terreno de la unidad Hidrográfica se muestra en la Figura 15.47.

A continuación, en la Tabla 15.41, se relacionan los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica río Chipatá, a continuación, se hace una breve evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 15.41. Parámetros morfométricos U. H. Río Chipatá.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Chipatá |
|--------------------------|------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3620 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2620 |

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Chipatá |
|--|------------------|
| Diferencia altitudinal (m) | 1000 |
| Área (Km ²) | 27,731 |
| Perímetro (Km) | 30,195 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 14,720 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 94,660 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 10,090 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 2,920 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 1,884 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 6,79 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,0679 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 468,68 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 338,020 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,272 |
| Coeficiente de compacidad (Gravelius) | 1,605 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 3081,073 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 3,455 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3413,524 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 17,22 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 10,51 |
| Índice de asimetría | 1,639 |
| Coeficiente de masividad | 111,106 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 88,659 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** Las cotas más altas en la Unidad Hidrográfica río Chipatá, 3620 m.s.n.m., se localizan en las zonas en donde nacen las quebradas que dan origen al río Chipatá, antes de la confluencia de las quebradas la Resbalosa y la Piñuela, la cota más baja está en los 2620 m.s.n.m., en la confluencia del río Chipatá en el río Siecha, en el punto de salida de la cuenca, la diferencia altitudinal es de 1000 m.
- **Área:** El área de la Unidad Hidrográfica es de 2773,1 Has., (27,73 Km²), se trata de un área pequeña.
- **Perímetro:** La línea que divide esta Unidad Hidrográfica, de las áreas de drenaje localizadas en sus alrededores, tiene una longitud de 30,195 Km.
- **Longitud del drenaje de la cuenca:** La medida de la longitud del cauce principal, se hizo desde la parte alta en donde nacen las quebradas que confluyen formando el río Chipatá, hasta la desembocadura de este en el río Siecha, se obtuvo una magnitud de drenaje principal igual a 14,72 Km.

La sumatoria de las longitudes de todos los cauces superficiales existentes en la cuenca es de 94,66 Km.

- Longitud de la cuenca: La longitud de la cuenca medida en línea recta, en el sentido de la longitud del cauce principal es de 10,09 Km.

- Ancho de la cuenca: Para obtener la magnitud del ancho de la cuenca, se hizo la medida de los puntos extremos sobre la línea recta perpendicular a la línea de la longitud, el ancho es de 2,92 Km.

El ancho de la cuenca, calculado a partir de la relación entre su área y la longitud del cauce principal, es de 1,884 Km.

- Pendiente media de la Corriente: La pendiente media del cauce principal de la Unidad Hidrográfica río Chipatá, es del 6,79% o su equivalente 0,0679 m/m, cálculo realizado a partir de la longitud del cauce y la diferencia altitudinal

- Pendiente media del área de drenaje: Este elemento, es de suma importancia, ya que está directamente relacionado con el efecto del agua al caer sobre la superficie, debido a la velocidad que esta adquiere y a la erosión que se puede producir. La pendiente media del área de drenaje es de 338,02 m/Km, la equidistancia entre las curvas de nivel es de 20 m y la sumatoria de la longitud de las curvas de nivel inscritas en la cuenca es de 468,68 Km.

- Factor de forma (Gravelius): La relación del área con la longitud de la cuenca, dio como resultado 0,272, este valor del factor de forma, nos indica que se trata de una cuenca de forma ligeramente achatada.

- Índice de compacidad (Gravelius): Nos muestra la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca, entre más se aproxime este valor a la unidad, mayor será la tendencia de la cuenca a ser de forma circular exacta y por ende mayor será su tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento.

El índice de compacidad de la cuenca es de 1,605, lo que la clasifica con una forma que puede variar entre oval oblonga y rectangular oblonga, más larga que ancha.

- Altura media (m.s.n.m.): El valor de la altura promedio, con relación a la cota de salida de la cuenca es de 3081,07 m.s.n.m.

- Índice de alargamiento (Horton): Se relaciona con el comportamiento de la forma de la cuenca y su tendencia a ser de forma alargada respecto de su longitud axial y su ancho máximo, en este caso el índice de alargamiento es 3,455, que nos indica que la cuenca tiene una forma muy alargada.

- Densidad de drenaje (m/Km²): La relación entre la sumatoria de las longitudes de todos los cauces existentes al interior de la cuenca 94,66 Km, y el área de la misma 27,731 Km, es de 3413,524 m/Km².

- **Índice de asimetría:** El cálculo de este índice también nos permite conocer el valor de las áreas de las vertientes formadas por el cauce principal y la homogeneidad de la distribución de la red de drenaje, El área de la vertiente mayor, es de 17,22 Km² y se localiza en la margen derecha del cauce principal, sentido aguas abajo, el área de la vertiente menor es de 10,51 Km², en la margen izquierda del cauce principal, sentido aguas abajo, el valor del índice de asimetría es 1,639, indicativo de que el cauce principal, se encuentra bastante recargado sobre su vertiente izquierda.
- **Coefficiente de masividad:** El valor de este coeficiente es de 111,106, un valor alto, debido a la altura de la cota media del relieve calculada en la curva hipsométrica y un área pequeña.
- **Tiempo de concentración (Kirpich) (m):** El tiempo de concentración es alto, 88,65 min, debido a que las pendientes no son tan fuertes, a la forma y longitud de la cuenca.
- **Curva hipsométrica:** El desarrollo de los cálculos necesarios para el gráfico de la curva hipsométrica y el histograma de frecuencias, se muestra en la Tabla 15.42, la altura media de la cuenca es de 3081,072 m.s.n.m., y la elevación mediana es de 3127,114 m.s.n.m.

Tabla 15.42. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Chipatá.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e _i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A _i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | A _i * e _i | |
|--------------------------------------|--|-------------|---|---------------------|----------------------|---------------------------------|---------|
| 2620 | 2640 | 2630 | 64,71 | 0,647 | 2,333 | 100,00 | 1701,91 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 129,42 | 1,294 | 4,666 | 97,67 | 3429,70 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 105,93 | 1,059 | 3,819 | 93,00 | 2828,21 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 91,24 | 0,912 | 3,289 | 89,18 | 2454,36 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 51,45 | 0,514 | 1,855 | 85,89 | 1394,21 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 33,35 | 0,334 | 1,202 | 84,04 | 910,47 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 24,63 | 0,246 | 0,888 | 82,84 | 677,43 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 48,13 | 0,481 | 1,735 | 81,95 | 1333,22 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 73,43 | 0,734 | 2,647 | 80,21 | 2048,64 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 71,91 | 0,719 | 2,593 | 77,57 | 2020,73 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 53,72 | 0,537 | 1,937 | 74,97 | 1520,30 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 50,69 | 0,507 | 1,827 | 73,04 | 1444,63 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 55,52 | 0,555 | 2,002 | 71,21 | 1593,45 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 56,18 | 0,562 | 2,026 | 69,21 | 1623,72 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 65,56 | 0,656 | 2,364 | 67,18 | 1907,91 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 64,24 | 0,642 | 2,316 | 64,82 | 1882,16 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 68,41 | 0,684 | 2,466 | 62,50 | 2017,99 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 44,91 | 0,449 | 1,619 | 60,04 | 1333,81 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 32,40 | 0,324 | 1,168 | 58,42 | 968,85 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 27,00 | 0,270 | 0,973 | 57,25 | 812,78 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 28,33 | 0,283 | 1,021 | 56,27 | 858,37 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 45,48 | 0,455 | 1,640 | 55,25 | 1387,08 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 36,19 | 0,362 | 1,305 | 53,61 | 1111,12 |
| Altura Media | | 3081,072551 | | | | 53,03 | |
| 3080 | 3100 | 3090 | 30,89 | 0,309 | 1,114 | 52,31 | 954,41 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 38,75 | 0,388 | 1,397 | 51,20 | 1205,16 |
| Elevación Mediana | | 3127,114914 | | | | 50,00 | |
| 3120 | 3140 | 3130 | 49,74 | 0,497 | 1,793 | 49,80 | 1556,91 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 66,13 | 0,661 | 2,384 | 48,01 | 2083,17 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 55,99 | 0,560 | 2,019 | 45,62 | 1775,03 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 3180 | 3200 | 3190 | 82,81 | 0,828 | 2,985 | 43,60 | 2641,57 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 53,06 | 0,531 | 1,913 | 40,62 | 1703,15 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 51,35 | 0,514 | 1,851 | 38,70 | 1658,67 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 48,79 | 0,488 | 1,759 | 36,85 | 1585,81 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 44,06 | 0,441 | 1,588 | 35,09 | 1440,66 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 79,49 | 0,795 | 2,866 | 33,51 | 2615,27 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 67,93 | 0,679 | 2,449 | 30,64 | 2248,57 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 80,34 | 0,803 | 2,897 | 28,19 | 2675,47 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 82,81 | 0,828 | 2,985 | 25,29 | 2774,06 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 86,98 | 0,870 | 3,136 | 22,31 | 2931,11 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 90,77 | 0,908 | 3,272 | 19,17 | 3076,98 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 82,24 | 0,822 | 2,965 | 15,90 | 2804,36 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 80,25 | 0,802 | 2,893 | 12,94 | 2752,56 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 69,92 | 0,699 | 2,521 | 10,04 | 2412,32 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 62,06 | 0,621 | 2,237 | 7,52 | 2153,43 |
| 3480 | 3500 | 3490 | 52,11 | 0,521 | 1,879 | 5,28 | 1818,64 |
| 3500 | 3520 | 3510 | 44,72 | 0,447 | 1,612 | 3,41 | 1569,67 |
| 3520 | 3540 | 3530 | 24,44 | 0,244 | 0,881 | 1,79 | 862,89 |
| 3540 | 3560 | 3550 | 14,59 | 0,146 | 0,526 | 0,91 | 517,97 |
| 3560 | 3580 | 3570 | 7,01 | 0,070 | 0,253 | 0,39 | 250,30 |
| 3580 | 3600 | 3590 | 2,84 | 0,028 | 0,102 | 0,13 | 102,04 |
| 3600 | 3620 | 3610 | 0,85 | 0,009 | 0,031 | 0,03 | 30,78 |
| TOTAL | | | 2773,77 | 27,74 | 100,00 | 0,00 | 85461,98 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

La Figura 15.48, es la representación gráfica de la curva hipsométrica de la unidad Hidrográfica río Chipatá, en ella también se encuentran localizados los puntos de la elevación mediana o H_{50} y la altura media, la forma de la curva, nos indica que puede ser una cuenca sedimentaria en su fase de vejez.

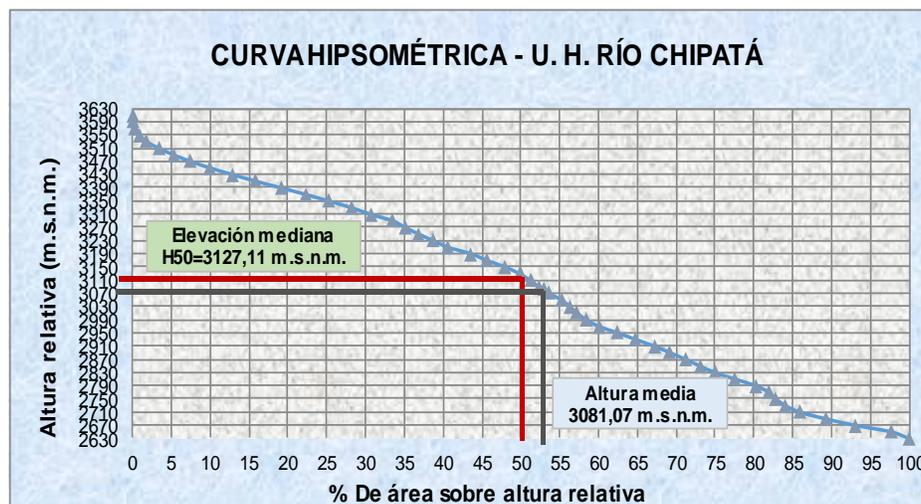


Figura 15.48. Curva hipsométrica U. H. Río Chipatá.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la representación gráfica del histograma de frecuencias de la Unidad Hidrográfica, Figura 15.49, se observa que, el mayor porcentaje de área de la cuenca, (4,66%), se

localiza sobre la cota 2650 m.s.n.m., seguido del 3,81%, sobre la cota 2670 m.s.n.m. y 3,28% sobre la cota 2690 m.s.n.m.; los porcentajes de área más bajos, están a partir de los 3570 m.s.n.m.

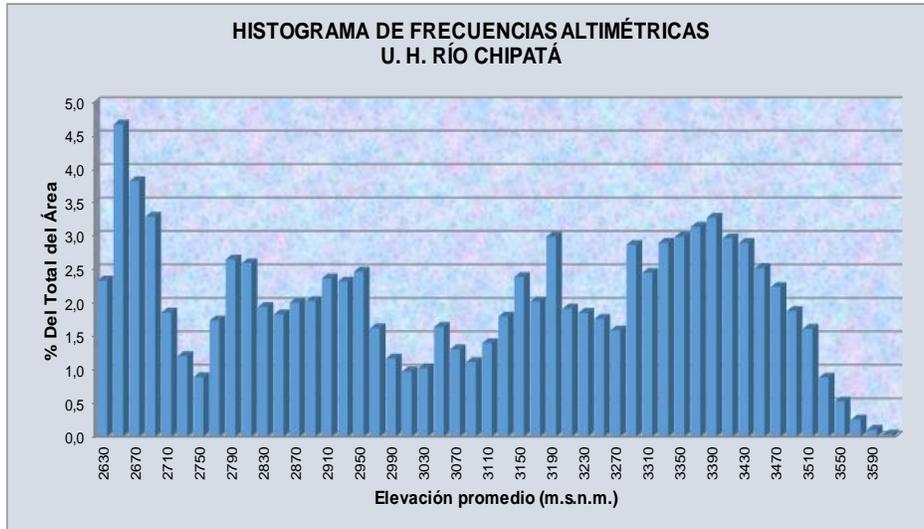


Figura 15.49. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Chipatá.
Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

Se acostumbra hacer una gráfica de relación área elevación de la cuenca, que no es otra cosa que la unión de las gráficas de la curva hipsométrica y el histograma de frecuencia de alturas en una sola gráfica, Figura 15.50, La mayor altura que se localiza en la cuenca es 3620 m.s.n.m., la menor altura es 2620 m.s.n.m., la cota de la altura media es 3081,07 m.s.n.m. y la cota de la elevación mediana es 3127,11 m.s.n.m.

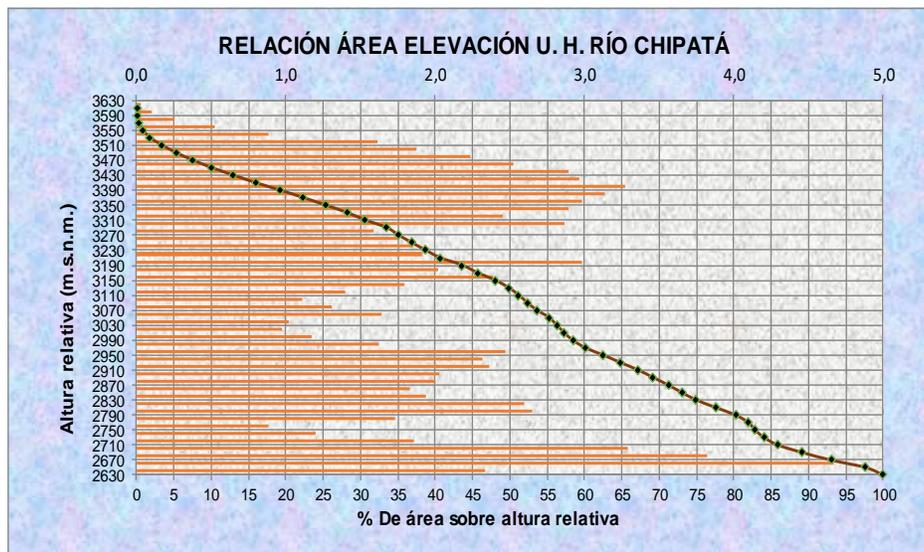


Figura 15.50. Relación área – elevación U. H. Río Chipatá.
Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

15.1.2.4 Unidad Hidrográfica quebrada Montoque.

- Análisis de pendientes: La Unidad Hidrográfica quebrada Montoque, se caracteriza por que el 65,45% del total de su área, (523,185 Has), se localiza en zona con relieves ondulados, colinados o escarpados y pendientes del 12% al 50%; el 4,80%, (38,372 Has), con relieves escarpados y muy escarpados, pendientes superiores al 50%; el 29,74%, (237,717 Has), con relieves planos u ondulados y pendientes entre el 0% y el 12%. Tabla 15.43.

Un insumo importante para la caracterización de las pendientes de la Unidad Hidrográfica es el mapa del modelo digital del terreno, tal como se muestra en la Figura 15.51.

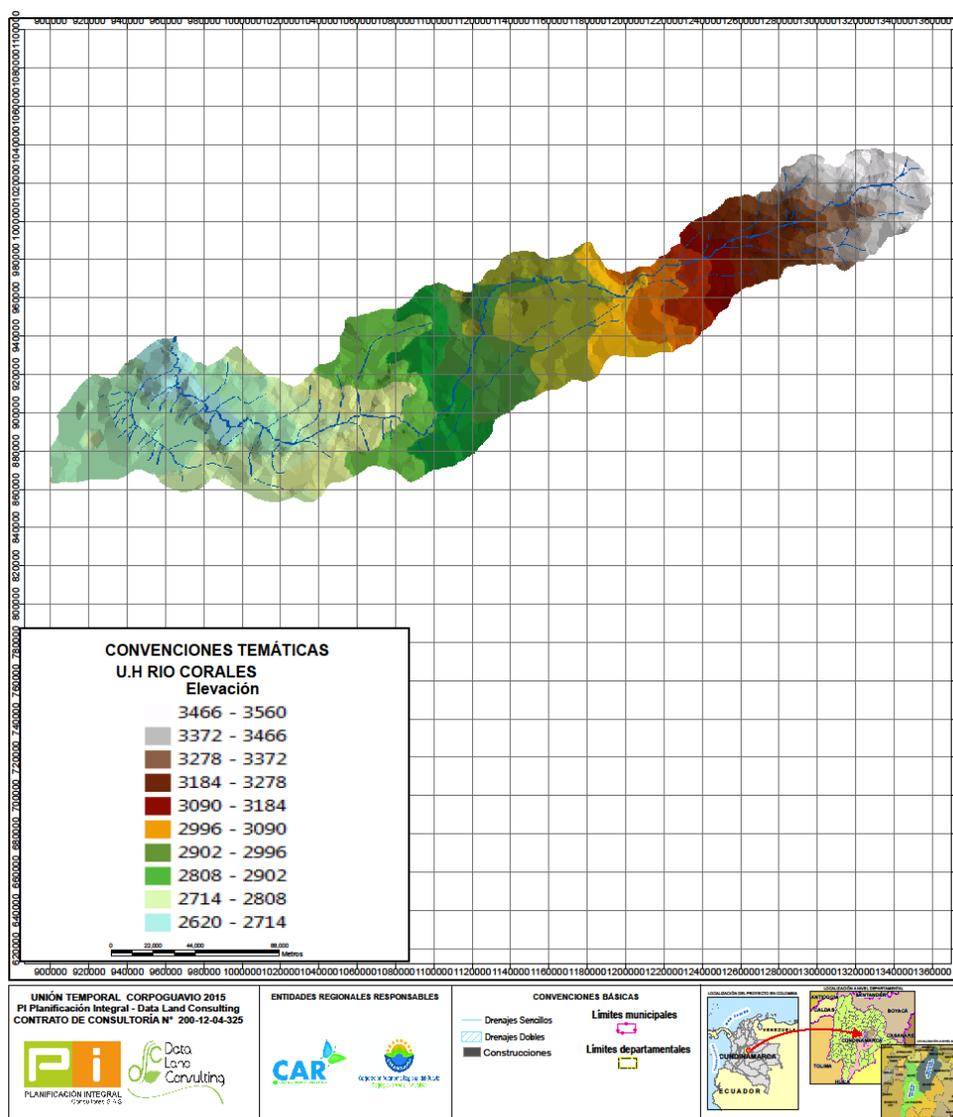


Figura 15.51. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Montoque.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 15.43. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Montoque.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 42,257 | 0,423 | 5,287 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 78,544 | 0,785 | 9,827 |
| 7 – 12% | Ondulado | 116,916 | 1,169 | 14,628 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 309,439 | 3,094 | 38,715 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 213,746 | 2,137 | 26,743 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 33,161 | 0,332 | 4,149 |
| > 75% | Muy escarpado | 5,211 | 0,052 | 0,652 |
| TOTAL | | 799,274 | 7,993 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Los resultados obtenidos del cálculo de todos los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica quebrada Montoque, se relacionan en la Tabla 15.44, luego se hace una breve descripción y evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 15.44. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada Montoque.

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada Montoque |
|--|------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3452 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2608 |
| Diferencia altitudinal (m) | 844 |
| Área (Km ²) | 7,987 |
| Perímetro (Km) | 19,362 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 5,860 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 32,100 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 7,600 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 1,760 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 1,363 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 14,40 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,144 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 107,840 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 270,053 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,138 |
| Coefficiente de compacidad (Gravelius) | 1,918 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 2898,065 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 4,318 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 4019,247 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 4,05 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 3,93 |
| Índice de asimetría | 1,030 |
| Coefficiente de masividad | 362,867 |
| Tiempo de concentración T _c (Kirpich) (min) | 32,664 |

- Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: La quebrada Montoque, cauce principal de la Unidad Hidrográfica que lleva su mismo nombre, nace sobre los 3452 m.s.n.m., y desemboca en el río Aves, sobre los 2608 m.s.n.m., la diferencia altitudinal es de 844 m.
- Área: La Unidad Hidrográfica quebrada Montoque, tiene un área de 798,7 Has, (7,987 Km²).
- Perímetro: 19,362 Km, es la longitud de la línea que define la divisoria de aguas de la cuenca.
- Longitud del drenaje der la cuenca: La longitud del drenaje principal de la cuenca, medido sobre la quebrada Montoque, desde su nacimiento, hasta su desembocadura en el río Aves es de 5,86 Km y la sumatoria de las longitudes de todos los drenajes existentes en la cuenca es de 32,1 Km.
- Longitud de la cuenca: La línea recta que une la intersección de la prolongación del cauce principal con la línea que define el perímetro, hasta el punto donde la quebrada Montoque se une al río Aves, tiene una longitud de 7,6 Km.
- Ancho de la cuenca: Al medir los puntos extremos de la cuenca, sobre una línea perpendicular a la línea imaginaria sobre la cual se midió la longitud de la misma, tenemos un ancho de cuenca de 1,76 Km.

Al hacer la relación, entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, se tiene un ancho de cuenca igual a 1,363 Km.

- Pendiente media de la Corriente: Relacionando la longitud del cauce principal con la diferencia altimétrica de la cuenca, obtenemos una pendiente del cauce igual a 14,40%.
- Pendiente media del área de drenaje: La pendiente media de la Unidad Hidrográfica quebrada Montoque, es de 2070,053 m/Km, por cada Kilómetro que se avanza en la horizontal, se ascienden 2070,053 m.
- Factor de forma (Gravelius): La relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma, nos da el valor del factor de forma, en este caso 0,138, el cual nos indica que la cuenca tiene una forma ligeramente achatada.
- Índice de compacidad (Gravelius): El valor del índice de compacidad para la Unidad Hidrográfica es de 1,918, lo que nos permite afirmar que la cuenca tiene muy poca tendencia a concentrar fuertes volúmenes de agua de escurrimiento.
- Altura media (m.s.n.m.): O altura promedio, respecto de la cota de salida de la cuenca es de 2898,065 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): La relación de la longitud máxima de la cuenca, con el ancho máximo de la misma, es igual a 4,318, indicador de que el área de drenaje tiene una forma muy alargada.

- Densidad de drenaje (m/Km²): En la Unidad Hidrográfica quebrada Montoque, hay 4019,247 m por un Km² de área.
- Índice de asimetría: El área de la vertiente izquierda del cauce principal, en el sentido aguas abajo, (4,05 Km²), es un poco mayor, que el área de la vertiente izquierda (3,93 Km²), el valor del índice de asimetría es de 1,030, que nos permite concluir que el drenaje principal está levemente recargado hacia su margen derecha.
- Coefficiente de masividad: El cálculo del coeficiente nos da 362,867, debido a que se trata de un área de drenaje pequeña y una altura media de la cuenca considerable.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): Por tratarse de una cuenca pequeña, con valor relativamente alto de su pendiente media, tenemos un tiempo de concentración bajo, 32,664 min.
- Curva hipsométrica: Para poder graficar la curva hipsométrica y el histograma de frecuencia de alturas, de la cuenca. Se hace necesario desarrollar los cálculos que se muestran en la Tabla 15.45, estos cálculos también nos permiten obtener el valor de la elevación media o H₌₅₀, que para el caso es de 2863,77 m.s.n.m. y el valor de la altura media 2898,06 m.s.n.m.

Tabla 15.45. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada Montoque.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e _i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A _i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | A _i * e _i | |
|--------------------------------------|--|-------------|---|---------------------|----------------------|---------------------------------|---------|
| 2620 | 2640 | 2630 | 30,698 | 0,307 | 3,84 | 100,00 | 807,35 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 34,677 | 0,347 | 4,34 | 96,16 | 918,94 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 71,343 | 0,713 | 8,93 | 91,82 | 1904,87 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 47,183 | 0,472 | 5,90 | 82,89 | 1269,23 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 31,645 | 0,316 | 3,96 | 76,99 | 857,58 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 26,434 | 0,264 | 3,31 | 73,03 | 721,65 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 19,707 | 0,197 | 2,47 | 69,72 | 541,95 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 24,160 | 0,242 | 3,02 | 67,26 | 669,24 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 35,530 | 0,355 | 4,45 | 64,24 | 991,28 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 35,814 | 0,358 | 4,48 | 59,79 | 1006,37 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 23,781 | 0,238 | 2,98 | 55,31 | 673,01 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 27,097 | 0,271 | 3,39 | 52,34 | 772,27 |
| Elevación Mediana | | 2863,776224 | | | | 50,00 | |
| 2860 | 2880 | 2870 | 16,770 | 0,168 | 2,10 | 48,94 | 481,30 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 34,677 | 0,347 | 4,34 | 46,85 | 1002,16 |
| Altura Media | | 2898,065434 | | | | 44,26 | |
| 2900 | 2920 | 2910 | 43,394 | 0,434 | 5,43 | 42,51 | 1262,75 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 41,593 | 0,416 | 5,20 | 37,08 | 1218,68 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 18,096 | 0,181 | 2,26 | 31,88 | 533,84 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 14,022 | 0,140 | 1,75 | 29,61 | 416,46 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 18,949 | 0,189 | 2,37 | 27,86 | 566,58 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 14,117 | 0,141 | 1,77 | 25,49 | 424,92 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 12,033 | 0,120 | 1,51 | 23,72 | 364,59 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 9,569 | 0,096 | 1,20 | 22,21 | 291,86 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 7,011 | 0,070 | 0,88 | 21,02 | 215,24 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 7,390 | 0,074 | 0,92 | 20,14 | 228,36 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|---------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 3100 | 3120 | 3110 | 11,369 | 0,114 | 1,42 | 19,22 | 353,59 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 7,580 | 0,076 | 0,95 | 17,79 | 237,24 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 7,959 | 0,080 | 1,00 | 16,84 | 250,70 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 12,412 | 0,124 | 1,55 | 15,85 | 393,45 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 9,380 | 0,094 | 1,17 | 14,30 | 299,22 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 8,906 | 0,089 | 1,11 | 13,12 | 285,89 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 6,348 | 0,063 | 0,79 | 12,01 | 205,04 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 5,779 | 0,058 | 0,72 | 11,21 | 187,83 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 10,517 | 0,105 | 1,32 | 10,49 | 343,90 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 8,148 | 0,081 | 1,02 | 9,17 | 268,07 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 12,127 | 0,121 | 1,52 | 8,16 | 401,42 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 7,011 | 0,070 | 0,88 | 6,64 | 233,47 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 7,580 | 0,076 | 0,95 | 5,76 | 253,92 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 11,180 | 0,112 | 1,40 | 4,81 | 376,77 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 8,527 | 0,085 | 1,07 | 3,41 | 289,07 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 5,590 | 0,056 | 0,70 | 2,35 | 190,62 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 7,864 | 0,079 | 0,98 | 1,65 | 269,73 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 5,116 | 0,051 | 0,64 | 0,66 | 176,51 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 0,189 | 0,002 | 0,02 | 0,02 | 6,58 |
| TOTAL | | | 799,27 | 7,99 | 100,00 | 0,00 | 23163,49 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

Por la forma que toma la curva de la Figura 15.52, se puede decir que es la representación de una cuenca de carácter sedimentario, que se encuentra en su fase de vejez; también se identifica el punto de altura media 2.898,06 m.s.n.m. y el punto que divide el área en dos partes iguales o elevación mediana, 2863,77 m.s.n.m.

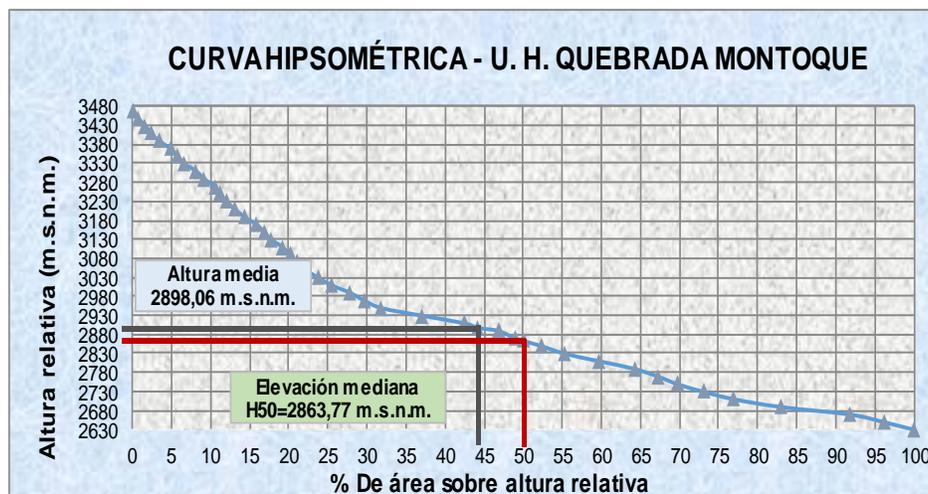


Figura 15.52. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada Montoque.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

El histograma de frecuencia de alturas, Figura 15.53, nos muestra que el área de drenaje, se distribuye entre los 2608 y los 3453 m.s.n.m., el mayor porcentaje de área de la cuenca, se localiza por encima de la cota 2670 m.s.n.m., (8,93%), a continuación, le sigue

la altura 2690 con el 5,90% del total del área, el porcentaje de área más bajo, 0,02% se encuentra sobre la cota 3470 m.s.n.m.

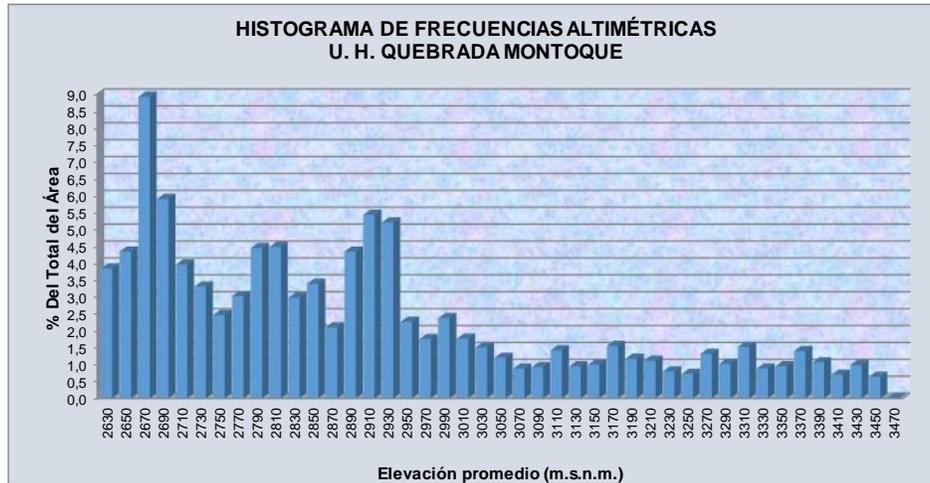


Figura 15.53. Histograma de frecuencia de alturas. U. H. Quebrada Montoque.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

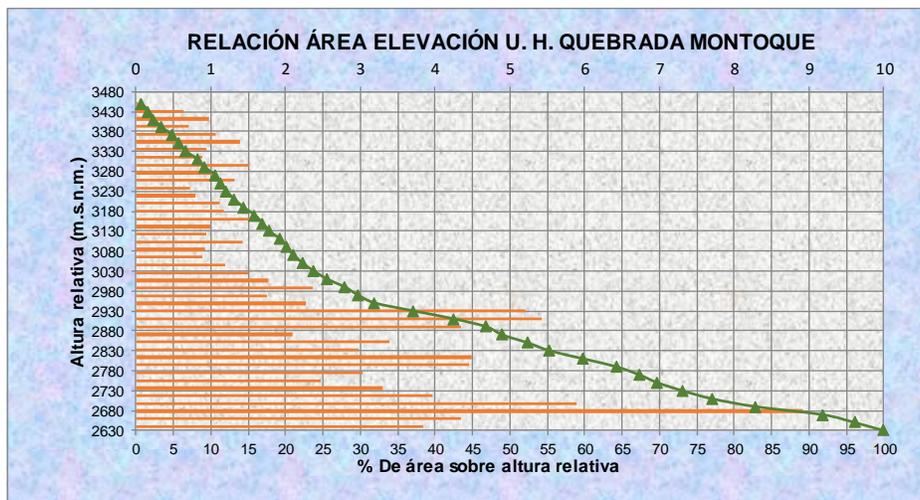


Figura 15.54. Relación área – elevación U. H. Quebrada Montoque.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 15.54, se muestra la relación área elevación de la cuenca o curva hipsométrica y el histograma de frecuencia de alturas de la misma, se puede observar que no hay una tendencia uniforme de distribución de las áreas, respecto de las alturas dentro de la cuenca.

15.1.2.5 Unidad Hidrográfica río Bajo Siecha.

- Análisis de pendientes: En la Figura 15.55, se muestra el mapa del modelo digital del terreno de la Unidad Hidrográfica río Bajo Siecha, este constituye un insumo básico

para el posterior análisis de pendientes de la cuenca, se trabajó sobre la cartografía base, con equidistancia entre curvas de nivel de 20 m.

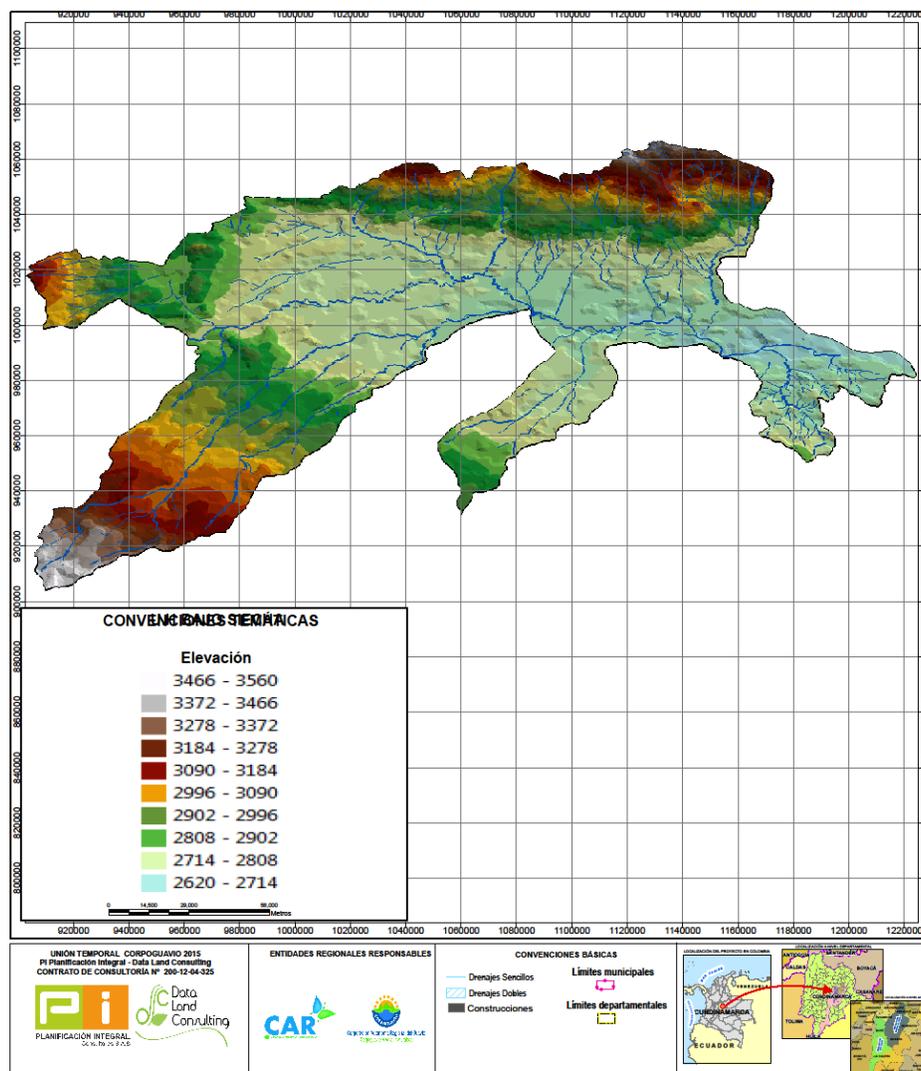


Figura 15.55. Mapa de pendientes U. H. Río Bajo Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

La información de la Tabla 15.46, nos muestra, que más de la mitad del área de la Unidad Hidrográfica, el 56,41%, equivalente a 3656,235 Has, presentan pendientes entre el 12% y el 50%, que corresponden a relieves ondulados, colinados y escarpados, el 4,79%, correspondiente a 311,05 Has, tiene pendientes superiores al 50% y sus relieves varían de escarpados a muy escarpados, el porcentaje de área restante, 38,78%, (2513,412 Has), tienen pendientes que varían entre 0% y 12%, con relieves que pueden ser planos u ondulados.

Tabla 15.46.Distribución de pendientes U. H. Río Bajo Siecha.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 622,289 | 6,223 | 9,602 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 807,896 | 8,079 | 12,466 |
| 7 – 12% | Ondulado | 1083,227 | 10,832 | 16,715 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 2283,181 | 22,832 | 35,230 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 1373,054 | 13,731 | 21,187 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 235,538 | 2,355 | 3,634 |
| > 75% | Muy escarpado | 75,512 | 0,755 | 1,165 |
| TOTAL | | 6480,697 | 64,807 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La Tabla 15.47 nos muestra los resultados del cálculo de los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica río Bajo Siecha, luego se hace un breve análisis de cada uno de los resultados obtenidos.

Tabla 15.47.Parámetros morfométricos U. H. Río Bajo Siecha.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Bajo Siecha |
|--|----------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3366 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2580 |
| Diferencia altitudinal (m) | 786 |
| Área (Km ²) | 64,806 |
| Perímetro (Km) | 65,457 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 12,660 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 206,630 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 14,660 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 11,340 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 5,119 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 6,21 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,0621 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 828,830 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 255.786 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,302 |
| Coeficiente de compacidad (Gravelius) | 2,277 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 2765,130 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,293 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3188,416 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 33,00 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 31,81 |
| Índice de asimetría | 1,037 |
| Coeficiente de masividad | 42,667 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 81,727 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: En el caso de esta Unidad Hidrográfica, el río Siecha, su cauce principal, la atraviesa por la parte más baja de la cuenca, las partes más altas se localizan en los nacimientos de quebradas aportantes al cauce principal como la quebrada

el Zorro y la Quebrada la Cueva, sobre los 3366 m.s.n.m., la cota más baja se localiza en la desembocadura del río Siecha en el Embalse de Tominé, sobre los 2580 m.s.n.m.

- Área: A pesar de tener un área pequeña, la unidad Hidrográfica río Bajo Siecha, es una de las más grandes en la subcuenca del Tominé, con 6480,6 Has, (64,8 Km²).
- Perímetro: La línea divisoria de aguas o línea parte aguas de la Unidad Hidrográfica, respecto de las áreas de drenaje localizadas alrededor, tiene una longitud de 65,457 Km.
- Longitud del drenaje de la cuenca: La medida de la longitud del cauce principal de la Unidad Hidrográfica, se hizo sobre el río
- Longitud de la cuenca: La medida en línea recta que une el punto de confluencia del río Chiguanos con el río Siecha, hasta la desembocadura del río Siecha en el Embalse de Tominé, es de 12,66 Km.
- Ancho de la cuenca: Al medir los extremos de la cuenca, sobre una línea recta, perpendicular a la línea de medida de la longitud, se obtuvo un valor del ancho de la cuenca de 11,340 Km; aplicando la fórmula que relaciona el área de la cuenca, con la longitud del drenaje principal, se obtiene un valor de ancho de la cuenca igual a 5,119 Km.
- Pendiente media de la Corriente: Tomando como referencias, la diferencia altitudinal de la cuenca y la longitud del cauce principal se tiene que la pendiente media de la corriente es del 6,21% o 0,0621 m/m.
- Pendiente media del área de drenaje: Para el cálculo de este parámetro, se tuvo en cuenta la longitud de las curvas de nivel inscritas en la cuenca, 828,830 Km, la equidistancia entre las curvas de nivel, 20 m. y el área 64,806 Km², el valor de la pendiente media del área de drenaje es 255,786 m/Km.
- Factor de forma (Gravelius): El resultado obtenido para este parámetro, 0,302, nos indica que se trata de una cuenca ligeramente achatada, más larga que ancha.
- Índice de compacidad (Gravelius): Al tratar de encontrar la relación entre el perímetro de la Unidad Hidrográfica y el perímetro de un círculo con la misma área de la Unidad, corroboramos que esta tiene una forma más larga que ancha, el valor obtenido 2,277, corresponde a una cuenca cuya forma varía de oval oblonga a rectangular oblonga
- Altura media (m.s.n.m.): La altura promedio en la cuenca, respecto de la cota más baja o punto de salida es 2765,130 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): La relación entre la longitud y el ancho máximos de la cuenca, es igual a 1,293, que, según la tabla de clases de alargamiento, corresponde a una cuenca poco alargada.

- Densidad de drenaje (m/Km^2): La sumatoria de las longitudes de los cauces existentes al interior de la Unidad Hidrológica, es de 206,630 Km, dividiendo este valor entre el área 64,806 Km^2 , tenemos que la densidad de drenaje es de 3188,416 m/Km^2 .
- Índice de asimetría: De las dos vertientes definidas por el cauce principal de la Unidad Hidrográfica, el río Siecha, se tiene que la vertiente de mayor área, (33 Km^2), está localizada en la margen izquierda, sentido aguas abajo del cauce principal, por tanto, la vertiente de menor área (31,81 Km^2), se encuentra sobre la margen derecha del cauce, en el sentido aguas abajo, el índice de asimetría es de 1,037, el cauce principal se encuentra ligeramente recargado sobre su margen izquierda sentido aguas abajo.
- Coefficiente de masividad: Se tiene un valor de coeficiente de masividad, relativamente bajo, 42,667, en razón a que se tiene una altura media del relieve baja y un área grande, lo que nos indica que la cuenca tiene baja vulnerabilidad a la degradación.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): Debido a que la Unidad Hidrográfica, tiene un área grande, una longitud mayor y pendientes relativamente bajas, se tiene un tiempo de concentración alto 81,727 min.
- Curva hipsométrica: El proceso de cálculo y obtención de la información necesaria para la obtención de la gráfica de la curva hipsométrica y del histograma de frecuencias, se relaciona en la Tabla 15.48, estos cálculos, también nos permiten obtener la cota de elevación mediana o H_{50} , que para el caso es de 2730,20 m.s.n.m. y la cota de altura media igual a 2765,12 m.s.n.m.

Tabla 15.48. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Bajo Siecha.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km^2) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------|----------|
| 2580 | 2600 | 2590 | 192,334 | 1,923 | 2,97 | 100,00 | 4981,44 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 308,208 | 3,082 | 4,76 | 97,03 | 8044,22 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 463,211 | 4,632 | 7,15 | 92,28 | 12182,46 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 611,583 | 6,116 | 9,44 | 85,13 | 16206,95 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 693,822 | 6,938 | 10,71 | 75,69 | 18525,06 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 611,299 | 6,113 | 9,43 | 64,99 | 16443,94 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 356,717 | 3,567 | 5,50 | 55,55 | 9667,04 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 313,798 | 3,138 | 4,84 | 50,05 | 8566,67 |
| Elevación Mediana | | 2730,202295 | | | | 50,00 | |
| 2740 | 2760 | 2750 | 317,019 | 3,170 | 4,89 | 45,21 | 8718,02 |
| Altura Media | | 2765,129603 | | | | 44,02 | |
| 2760 | 2780 | 2770 | 302,902 | 3,029 | 4,67 | 40,32 | 8390,38 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 278,173 | 2,782 | 4,29 | 35,64 | 7761,03 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 245,391 | 2,454 | 3,79 | 31,35 | 6895,49 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 206,167 | 2,062 | 3,18 | 27,56 | 5834,51 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 185,891 | 1,859 | 2,87 | 24,38 | 5297,89 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 169,216 | 1,692 | 2,61 | 21,51 | 4856,49 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 139,845 | 1,398 | 2,16 | 18,90 | 4041,51 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 136,718 | 1,367 | 2,11 | 16,74 | 3978,49 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 127,338 | 1,273 | 1,96 | 14,63 | 3731,01 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 121,369 | 1,214 | 1,87 | 12,67 | 3580,39 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------|--|---------------------|----------------------|-------------|------------------|
| 2960 | 2980 | 2970 | 99,767 | 0,998 | 1,54 | 10,80 | 2963,08 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 80,723 | 0,807 | 1,25 | 9,26 | 2413,63 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 83,471 | 0,835 | 1,29 | 8,01 | 2512,47 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 74,565 | 0,746 | 1,15 | 6,72 | 2259,31 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 53,626 | 0,536 | 0,83 | 5,57 | 1635,59 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 48,131 | 0,481 | 0,74 | 4,75 | 1477,62 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 34,866 | 0,349 | 0,54 | 4,00 | 1077,37 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 30,603 | 0,306 | 0,47 | 3,46 | 951,75 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 24,918 | 0,249 | 0,38 | 2,99 | 779,94 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 29,371 | 0,294 | 0,45 | 2,61 | 925,19 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 24,634 | 0,246 | 0,38 | 2,15 | 780,89 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 26,434 | 0,264 | 0,41 | 1,77 | 843,25 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 30,413 | 0,304 | 0,47 | 1,37 | 976,27 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 20,181 | 0,202 | 0,31 | 0,90 | 651,84 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 9,759 | 0,098 | 0,15 | 0,59 | 317,16 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 7,201 | 0,072 | 0,11 | 0,44 | 235,46 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 7,390 | 0,074 | 0,11 | 0,32 | 243,14 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 9,001 | 0,090 | 0,14 | 0,21 | 297,93 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 3,790 | 0,038 | 0,06 | 0,07 | 126,20 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 0,853 | 0,009 | 0,01 | 0,01 | 28,57 |
| TOTAL | | | 6480,70 | 64,81 | 100,00 | 0,00 | 179199,68 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La forma, que toma la curva de la Figura 15.56, nos indica que se trata de una cuenca que se caracteriza por estar alcanzando su punto de equilibrio y su grado de madurez, la cota, que nos divide el área en dos partes iguales, está sobre los 2730,20 m.s.n.m. y la cota de la altura media a los 2765,12 m.s.n.m.

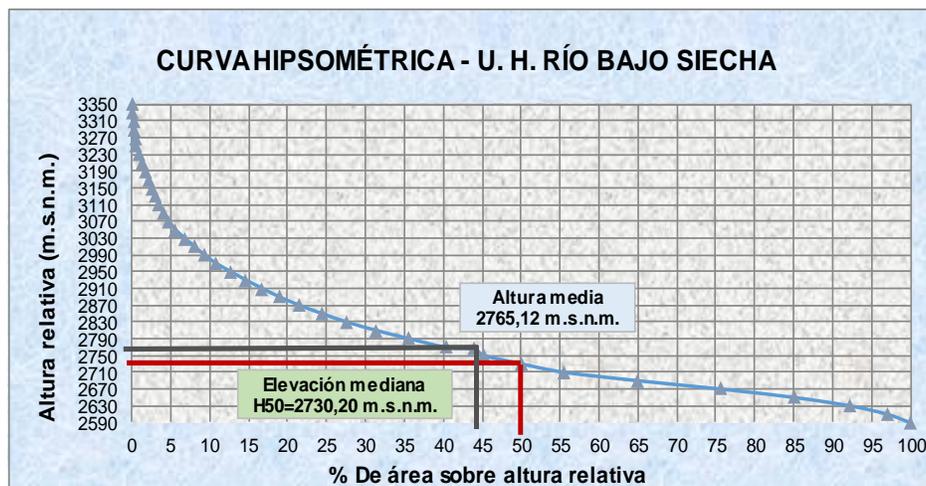


Figura 15.56. Curva hipsométrica U. H. Río Bajo Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El Histograma de frecuencia de alturas de la Figura 15.57, nos muestra como la relación de áreas con alturas tiene un sentido creciente desde los 2590 m.s.n.m., hasta los 2670 m.s.n.m., cota en la cual se concentra el mayor porcentaje de área de la cuenca,

(10,71%), en la cota 2650 m.s.n.m., tenemos el 9,44% del total del área y en la cota 2690 m.s.n.m. el 9,43% del total del área, a partir de allí el valor de la relación 5 de área-elevación disminuye hasta los 3350 m.s.n.m. en donde tenemos el menor porcentaje de área, 0,01%.

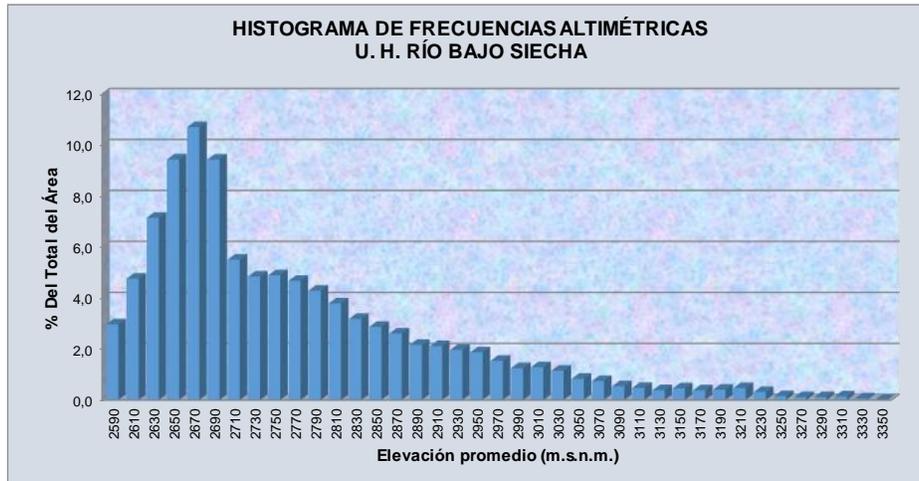


Figura 15.57. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Bajo Siecha.

Fuente: Unión Temporal Coroguvio 2015.

En el gráfico de la relación área – elevación para la Unidad Hidrográfica río Bajo Siecha, Figura 15.58, se tiene que el porcentaje de área respecto de la altura relativa, crece casi que proporcionalmente hasta alcanzar los 2670 m.s.n.m., a partir de allí empieza a descender también de una manera casi que proporcional, hasta la cota 3350 m.s.n.m.

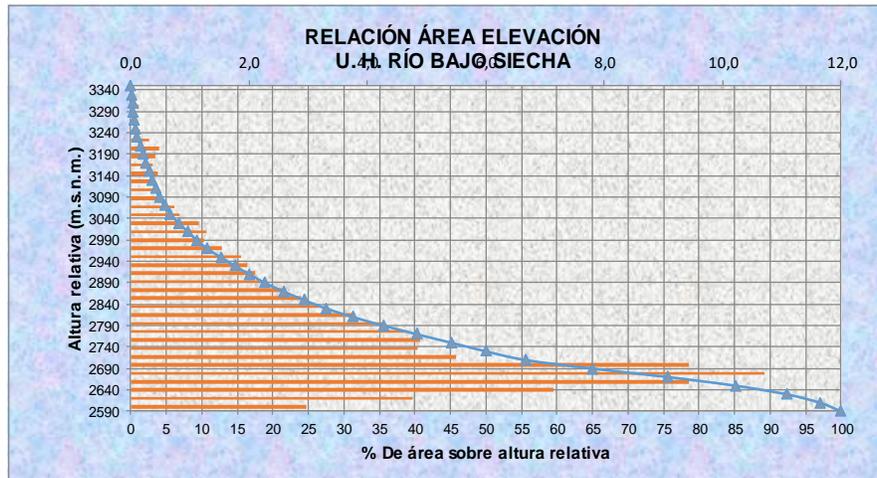


Figura 15.58. Relación área – elevación U. H. Río Bajo Siecha.

Fuente: Unión Temporal Coroguvio 2015.

15.1.2.6 Unidad Hidrográfica río Chiquito.

- Análisis de pendientes: La unidad Hidrográfica río Chiquito, tiene el 68,41% del total de su área, ((1147,938 Has), en zonas con pendientes que van del 12% al 50%, con relieves que varían de ondulados a colinados y de colinados a escarpados; el 12,73%, (213,651 Has), presenta pendientes mayores al 50% y relieves que van de escarpado a muy escarpado y relieve muy escarpado, el restante 18,85%, (316,356 Has), corresponde a relieves planos, de plano a ondulado y ondulado. Tabla 15.49.

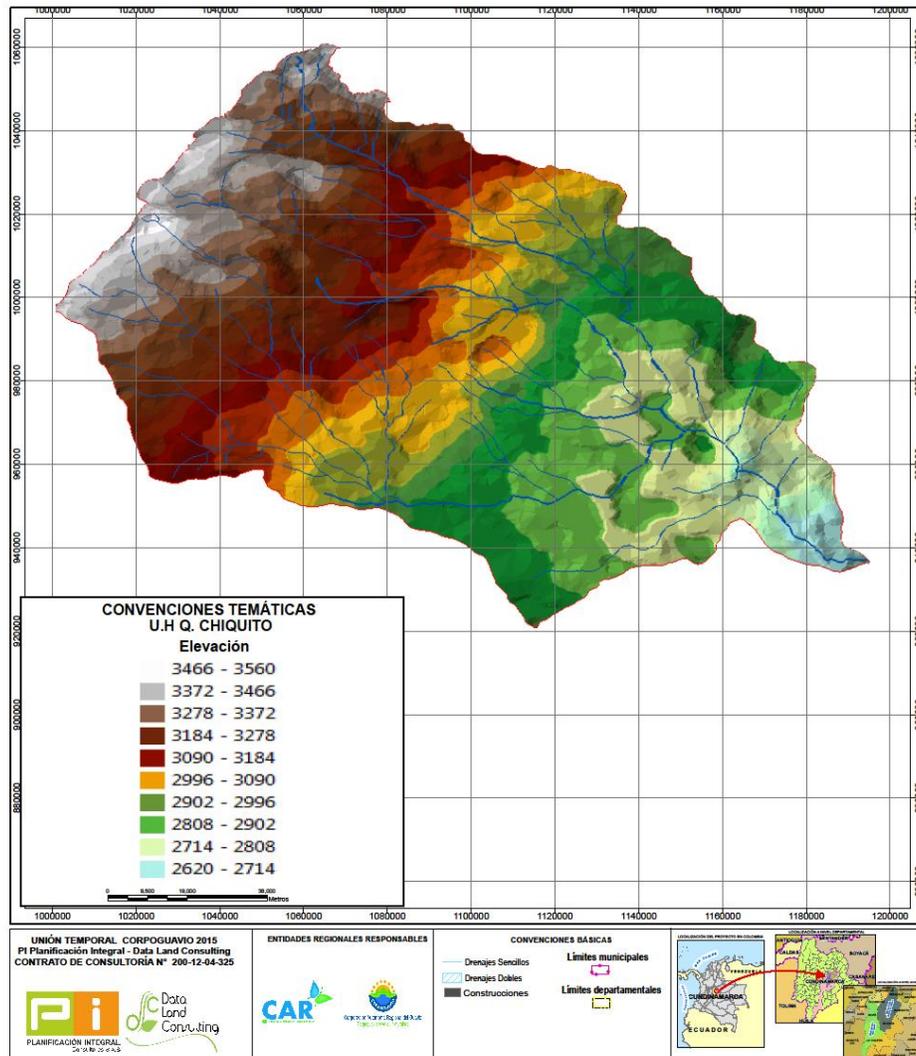


Figura 15.59. Mapa de pendientes U. H. Río Chiquito.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

El mapa del modelo digital del terreno, base para el análisis de pendientes de la Unidad Hidrográfica río Chiquito, se muestra en la Figura 15.59, se puede observar como las

partes más altas se presentan en los nacimientos de las quebradas: Chuscal, los Órganos y Peña Negra.

Tabla 15.49. Distribución de pendientes U. H. Río Chiquito.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 64,996 | 0,650 | 3,874 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 93,798 | 0,938 | 5,590 |
| 7 – 12% | Ondulado | 157,562 | 1,576 | 9,390 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 524,133 | 5,241 | 31,237 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 623,805 | 6,238 | 37,177 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 170,826 | 1,708 | 10,181 |
| > 75% | Muy escarpado | 42,825 | 0,428 | 2,552 |
| TOTAL | | 1677,945 | 16,779 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 15.50, está la relación de los parámetros morfométricos, de la Unidad Hidrográfica río Chiquito y a continuación se hace una breve evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 15.50. Parámetros morfométricos U. H. Río Chiquito.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Chiquito |
|--|-------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3540 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2640 |
| Diferencia altitudinal (m) | 900 |
| Área (Km ²) | 16,781 |
| Perímetro (Km) | 19,689 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 7,600 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 65,050 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 5,490 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 3,680 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 2,208 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 11,84 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,1184 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 290,070 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 345,722 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,557 |
| Coeficiente de compacidad (Gravelius) | 1,346 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 3071,225 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,492 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3876,51 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 9,52 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 7,26 |
| Índice de asimetría | 1,313 |
| Coeficiente de masividad | 183,023 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 43,028 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: La cota más alta de esta Unidad Hidrográfica, se localizan sobre los 3540 m.s.n.m., arriba del nacimiento de las quebradas Peña Negra, los Órganos y Chuscal, la cota más baja, 2640 m.s.n.m., en la desembocadura del río Chiquito, en el río Aves. La diferencia altitudinal es de 900 m.
- Área: Se trata de una cuenca con un área pequeña, 1678 Has, (16,781 Km²).
- Perímetro: La línea divisoria de aguas, tiene una longitud de 19,689 Km.
- Longitud del drenaje de la cuenca: La medida de la longitud del drenaje principal de la cuenca, se hizo sobre la quebrada Chuscal, continuando por el río Chiquito, hasta su desembocadura en el río Aves, la magnitud obtenida es de 7,6 Km; el total de la sumatoria de todos los drenajes existentes al interior de la cuenca es de 65,05 Km.
- Longitud de la cuenca: Medida sobre la línea recta en dirección del cauce principal, desde la parte más alta, hasta la salida de la cuenca, es de 5,49 Km.
- Ancho de la cuenca: Al aplicar la relación área - longitud del cauce principal, se obtiene un ancho de la cuenca de 2,208 Km; la medición de los puntos extremos sobre la línea perpendicular a la línea sobre la cual se midió la longitud de la cuenca, arrojó como resultado 3,68 Km.
- Pendiente media de la Corriente: Con los datos de diferencia altitudinal y de longitud del cauce principal, se obtiene la pendiente media de la corriente, 11,84%, equivalente a 0,1184 m/m.
- Pendiente media del área de drenaje: Con los datos de equidistancia entre curvas de nivel, 20 m, la sumatoria de la longitud de las curvas de nivel inscritas en la Unidad Hidrográfica, 290,07 Km. y el área de la cuenca 16,781 Km², se obtiene el valor de la pendiente media del área de drenaje, 345,722 m/Km.
- Factor de forma (Gravelius): Para la Unidad Hidrográfica río Chiquito, el factor de forma es 0,557, indicador de que la cuenca, tiene una forma moderadamente achatada.
- Índice de compacidad (Gravelius): La cuenca tiene una forma, que varía de oval redonda a oval oblonga, ya que el valor del índice de compacidad de Gravelius de la cuenca es de 1,346, es levemente mayor el largo que el ancho.
- Altura media (m.s.n.m.): Con la información trabajada para el cálculo de la curva hipsométrica, también se obtuvo el valor de la altura media, respecto del punto más bajo de la cuenca, 3071,225 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): Nos indica la tendencia de la forma de la cuenca, a ser más alargada, respecto a su longitud axial y a su ancho máximo, el valor del índice es de 1,492 y nos indica que se trata de una cuenca poco alargada.

- Densidad de drenaje (m/Km²): en la Unidad Hidrográfica Río Chiquito, hay 3876,51 metros de drenajes por cada Kilómetro cuadrado de área.
- Índice de asimetría: La vertiente de la margen derecha del cauce principal, sentido aguas abajo, tiene un área de 9,52 Km², el área de la vertiente de la margen izquierda del cauce, sentido aguas abajo, es de 7,26 Km²; el índice de asimetría es de 1,313, indicativo de que el cauce principal, se encuentra bastante recostado sobre u margen izquierda, sentido aguas abajo.
- Coefficiente de masividad: Este indicador, arroja un valor bastante alto, 183,023, debido a que el valor de la cota de altura media es bastante alto y el área de la Unidad Hidrográfica, es pequeña, este valor también nos indica que la Unidad Hidrográfica, puede estar propensa a la degradación, por efectos erosivos y de arrastre de materiales.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): El tiempo de concentración de la Unidad Hidrográfica, es de 43,0 s min, debido a la poca longitud de la cuenca y las altas pendientes que maneja.
- Curva hipsométrica: Para poder hacer la curva hipsométrica, se hace necesario desarrollar actividades de cartografía y cálculos, que se muestran en la Tabla 15.51, en este proceso, también se pueden obtener los valores de altura media y de elevación mediana.

La altura media con respecto a la cota más baja o de salida de la cuenca es 3071,22 m.s.n.m., el valor de la cota de altura mediana o H₅₀, es de 3062,92 m.s.n.m.

Tabla 15.51. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Chiquito.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e _i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A _i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | A _i * e _i | |
|--------------------------------------|--|------------|---|---------------------|----------------------|---------------------------------|---------|
| 2640 | 2660 | 2650 | 13,454 | 0,135 | 0,80 | 100,00 | 356,53 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 9,190 | 0,092 | 0,55 | 99,20 | 245,38 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 4,548 | 0,045 | 0,27 | 98,65 | 122,34 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 3,221 | 0,032 | 0,19 | 98,38 | 87,30 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 18,096 | 0,181 | 1,08 | 98,19 | 494,03 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 19,044 | 0,190 | 1,13 | 97,11 | 523,71 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 16,770 | 0,168 | 1,00 | 95,97 | 464,53 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 62,627 | 0,626 | 3,73 | 94,97 | 1747,29 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 85,366 | 0,854 | 5,09 | 91,24 | 2398,78 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 78,828 | 0,788 | 4,70 | 86,15 | 2230,84 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 69,354 | 0,694 | 4,13 | 81,46 | 1976,58 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 73,617 | 0,736 | 4,39 | 77,32 | 2112,82 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 55,331 | 0,553 | 3,30 | 72,94 | 1599,08 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 35,245 | 0,352 | 2,10 | 69,64 | 1025,64 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 40,930 | 0,409 | 2,44 | 67,54 | 1199,25 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 32,877 | 0,329 | 1,96 | 65,10 | 969,86 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 43,488 | 0,435 | 2,59 | 63,14 | 1291,60 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 45,383 | 0,454 | 2,70 | 60,55 | 1356,96 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 53,058 | 0,531 | 3,16 | 57,84 | 1597,03 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 52,394 | 0,524 | 3,12 | 54,68 | 1587,55 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 40,456 | 0,405 | 2,41 | 51,56 | 1233,92 |



| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i | Área (Has) | Área entre curvas A_i | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|--------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Elevación Mediana | | 3062,9274 | | | | 50,00 | |
| 3060 | 3080 | 3070 | 34,203 | 0,342 | 2,04 | 49,15 | 1050,04 |
| Altura Media | | 3071,225296 | | | | 49,02 | |
| 3080 | 3100 | 3090 | 37,140 | 0,371 | 2,21 | 47,11 | 1147,64 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 35,340 | 0,353 | 2,11 | 44,90 | 1099,08 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 46,615 | 0,466 | 2,78 | 42,79 | 1459,05 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 46,804 | 0,468 | 2,79 | 40,01 | 1474,34 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 35,624 | 0,356 | 2,12 | 37,22 | 1129,29 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 37,804 | 0,378 | 2,25 | 35,10 | 1205,93 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 42,257 | 0,423 | 2,52 | 32,85 | 1356,44 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 49,078 | 0,491 | 2,92 | 30,33 | 1585,23 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 53,721 | 0,537 | 3,20 | 27,40 | 1745,93 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 37,140 | 0,371 | 2,21 | 24,20 | 1214,49 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 37,046 | 0,370 | 2,21 | 21,99 | 1218,80 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 37,898 | 0,379 | 2,26 | 19,78 | 1254,43 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 42,162 | 0,422 | 2,51 | 17,52 | 1403,99 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 47,183 | 0,472 | 2,81 | 15,01 | 1580,64 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 49,078 | 0,491 | 2,92 | 12,20 | 1653,94 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 44,436 | 0,444 | 2,65 | 9,27 | 1506,37 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 43,299 | 0,433 | 2,58 | 6,62 | 1476,49 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 20,749 | 0,207 | 1,24 | 4,04 | 711,70 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 14,022 | 0,140 | 0,84 | 2,81 | 483,77 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 12,885 | 0,129 | 0,77 | 1,97 | 447,12 |
| 3480 | 3500 | 3490 | 10,612 | 0,106 | 0,63 | 1,20 | 370,34 |
| 3500 | 3520 | 3510 | 4,169 | 0,042 | 0,25 | 0,57 | 146,33 |
| 3520 | 3540 | 3530 | 3,032 | 0,030 | 0,18 | 0,32 | 107,02 |
| 3540 | 3560 | 3550 | 2,369 | 0,024 | 0,14 | 0,14 | 84,09 |
| TOTAL | | | 1677,95 | 16,78 | 100,00 | 0,00 | 51533,49 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 15.60, se muestra la curva hipsométrica de la Unidad Hidrográfica río Chiquito, la forma de la curva nos indica que la cuenca, se encuentra en equilibrio, en una fase de madurez.

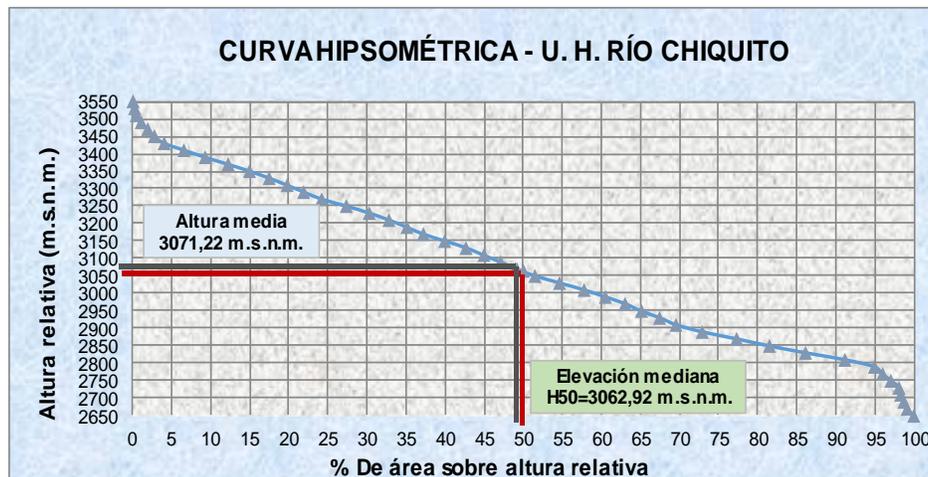


Figura 15.60. Curva hipsométrica U. H. Río Chiquito.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con la información de la Tabla 15.51, también se construye el histograma de frecuencia de alturas de la Unidad Hidrográfica río Chiquito, Figura 15.61, en ella podemos observar que el mayor porcentaje del total del área de la cuenca, (5,09%), se ubica sobre los 2810 m.s.n.m.; 4,70% del total del área y sobre la cota 2830 m.s.n.m., y 4,39% del total del área sobre la cota 2870 m.s.n.m.

Los porcentajes de áreas más bajos están en las cotas 2710 m.s.n.m., el 0,18% del área y en la cota 3550 m.s.n.m. el 0,14% del área.

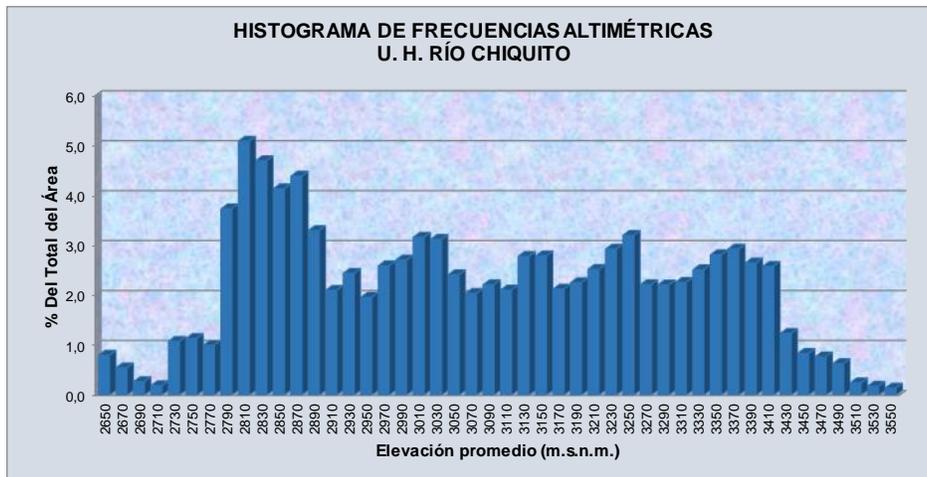


Figura 15.61. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Chiquito.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

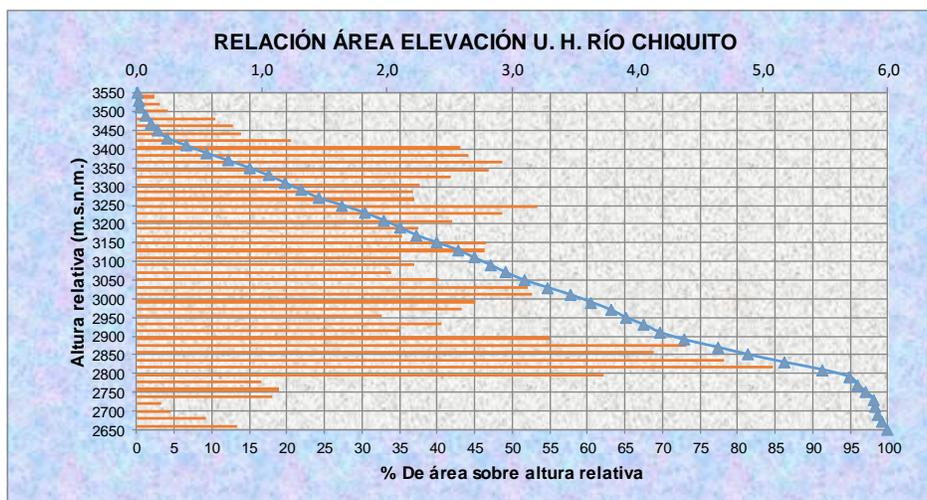


Figura 15.62. Relación área – elevación U. H. Río Chiquito.
Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Figura 15.62, está la representación de la relación área – elevación o curva hipsométrica y el histograma de frecuencia de alturas de la Unidad Hidrográfica, La mayor altura se localiza sobre los 3540 m.s.n.m., la cota más baja sobre los 2640 m.s.n.m., la

cota que me subdivide el área de la cuenca en dos partes iguales está sobre los 3062,92 m.s.n.m., y la altura promedio de la Unidad es de 3071,22 m.s.n.m.

15.1.2.7 Unidad Hidrográfica quebrada Corales.

Análisis de pendientes: Para la consecución de la información necesaria para la evaluación de la distribución de pendientes, se hace necesario hacer el modelo digital del terreno, con base en la cartografía con curvas de nivel cada 100 m. En la Figura 15.63 se presenta el mapa de pendientes de la Unidad Hidrográfica quebrada Corales.

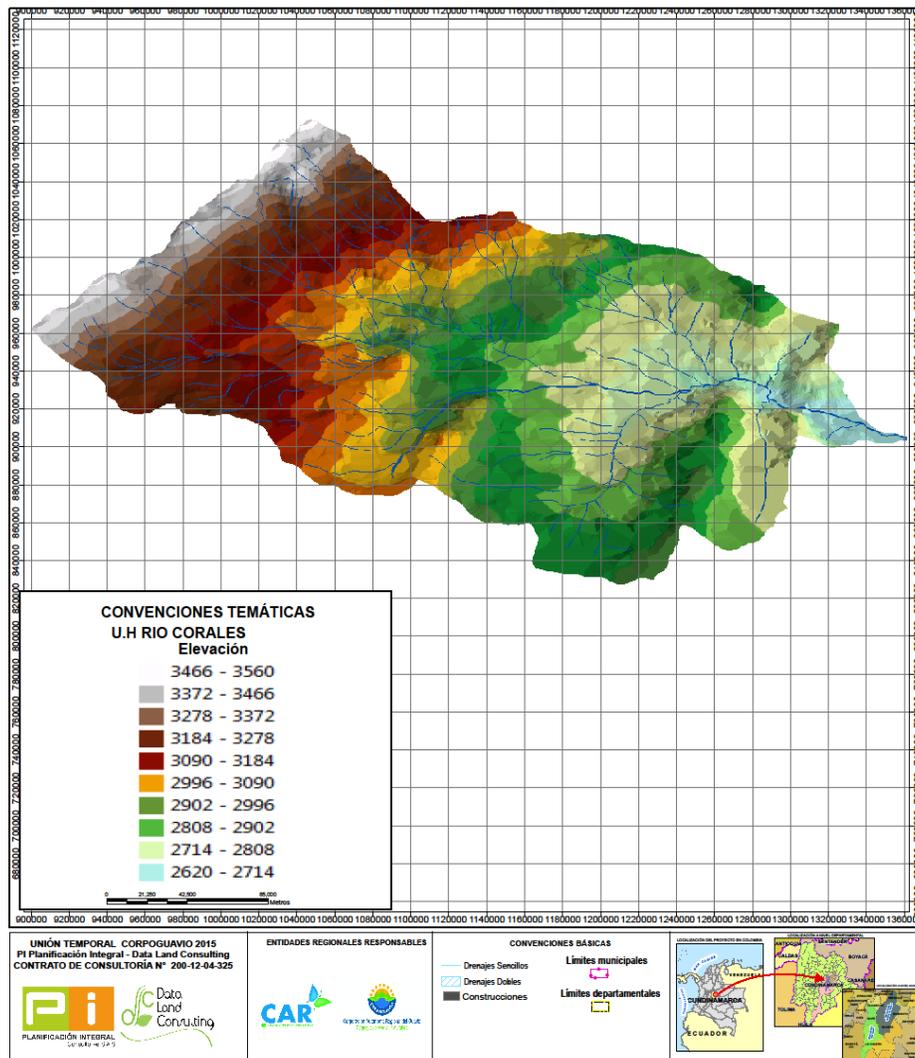


Figura 15.63. Mapa de pendientes U. H. Quebrada Corales.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La Unidad Hidrográfica quebrada Corales, tiene un 18,81% del total de su área, (254,298 Has), con relieves que pueden ser planos, o entre planos y ondulados, u ondulados y

pendientes en un rango del 0% al 12%; el 65,51% del total del área, (885,587 Has), presenta relieves que varían de ondulados a colinados o de colinados a escarpados y pendientes del 12% al 50%; el resto del total del área, 15,67%, equivalente a 211,851 Has, relieves que pasan de escarpados a muy escarpados, o relieves muy escarpados, las pendientes son superiores al 50%.

Tabla 15.52. Distribución de pendientes U. H. Quebrada Corales.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 40,741 | 0,407 | 3,014 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 73,902 | 0,739 | 5,467 |
| 7 – 12% | Ondulado | 139,655 | 1,397 | 10,332 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 409,301 | 4,093 | 30,280 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 476,286 | 4,763 | 35,235 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 155,951 | 1,560 | 11,537 |
| > 75% | Muy escarpado | 55,900 | 0,559 | 4,135 |
| TOTAL | | 1351,736 | 13,517 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 15.53, está la relación de los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica quebrada Corales, y luego se hace una breve descripción y evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 15.53. Parámetros morfométricos U. H. Quebrada Corales.

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada Corales |
|--|-----------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3540 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2660 |
| Diferencia altitudinal (m) | 880 |
| Área (Km ²) | 13,523 |
| Perímetro (Km) | 17,203 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 6,500 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 67,260 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 4,330 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 3,260 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 2,081 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 13,54 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,1354 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 236,160 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 349,259 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,721 |
| Coefficiente de compacidad (Gravelius) | 1,310 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 3005,074 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,328 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 4973,573 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 7,67 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 5,85 |

| Parámetros morfométricos | U.H. Quebrada Corales |
|--|-----------------------|
| Índice de asimetría | 1,311 |
| Coefficiente de masividad | 222,212 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 36,231 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Diferencia altitudinal: La cota más alta se localiza hacia arriba del nacimiento de las quebradas Pantanos y Corales, 3540 m.s.n.m., la cota más baja se localiza en la desembocadura de la quebrada Corales en el río Aves, 2660 m.s.n.m. La diferencia altitudinal en la cuenca es de 880 m.
- Área: Se trata de un área de drenaje pequeña, tiene 1352,3 Has, equivalentes a 13,523 Km².
- Perímetro: La longitud de la línea que sirve de referencia para la divisoria de aguas, es de 17,203 Km.
- Longitud del drenaje de la cuenca: Haciendo la medida de la longitud del drenaje principal de la Unidad Hidrográfica sobre la quebrada Corales desde su nacimiento, hasta el punto de confluencia en el río Aves, se obtuvo una longitud de 6,5 Km; de igual manera, se hizo la medida de las longitudes de todos los cauces superficiales existentes en la cuenca, su sumatoria es igual 67,26 Km.
- Longitud de la cuenca: La línea recta que une el punto sobre la línea perimetral donde se intercepta la prolongación del drenaje principal con esta, hasta el punto más bajo o de salida de la cuenca, confluencia de la quebrada Corales en el río Aves, tiene una longitud de 4,33 Km.
- Ancho de la cuenca: Para algunos autores, la obtención del ancho de la cuenca, consiste en medir la distancia existente entre los puntos extremos de una línea recta, trazada perpendicularmente a la línea sobre la cual se midió la longitud de la cuenca, en este caso el ancho obtenido es de 3,260 Km; para otros autores, el ancho de la cuenca es la relación entre su área y la longitud del drenaje principal, el valor obtenidos en este caso es de 2,081 Km.
- Pendiente media de la Corriente: Mediante la relación de la diferencia altitudinal y la longitud del drenaje principal de la cuenca, se obtuvo el valor de la pendiente media de la corriente, 13,54% o su equivalente 0,1354 m/m.
- Pendiente media del área de drenaje: La sumatoria de la longitud de las curvas de nivel inscritas en la cuenca, es de 236,160 Km, la equidistancia entre las curvas de nivel es de 20 m y el área de la cuenca 13,523 Km², relacionando los parámetros anteriores, tenemos que la pendiente media del área de drenaje es de 349,259 m/Km.

- Factor de forma (Gravelius): La relación área – longitud de la cuenca, nos da un valor, que nos permite dar una idea de la forma de la cuenca, el factor obtenido es 0,721 y corresponde a una cuenca de forma moderadamente achatada.
- Índice de compacidad (Gravelius): el valor obtenido para este índice, 1,31, no es un valor cercano a la unidad, por lo tanto, esta cuenca no tiene tendencia a concentrar fuertes volúmenes de escurrimiento; su forma puede variar entre oval redonda y oval oblonga.
- Altura media (m.s.n.m.): La altura promedio en esta Unidad Hidrográfica es de 3005,07, referida al punto más bajo o de salida de la cuenca, como es la confluencia de la quebrada Corales en el río Aves.
- Índice de alargamiento (Horton): El valor del índice de alargamiento de la Unidad Hidrográfica quebrada Corales, 1,328, nos indica que esta tiene una forma poco alargada.
- Densidad de drenaje (m/Km²): La relación entre la sumatoria de la longitud del drenaje de la cuenca 67,26 Km² y su área 13.523 Km², nos indica que en la cuenca hay 4973,573 m de drenajes por cada Kilómetro cuadrado de área (4973,573 m/Km²).
- Índice de asimetría: El drenaje principal de la Unidad Hidrográfica, me genera una vertiente en su costado izquierdo, sentido aguas abajo, de mayor área, 7,67 Km², que la vertiente que se genera al costado derecho, sentido aguas abajo, 5,85 Km², la relación de estas dos áreas es igual a 1,311, este valor nos indica que el cauce principal al interior de la subcuenca se encuentra bastante recostado hacia su margen derecha.
- Coefficiente de masividad: Relacionando la altura media del relieve, obtenida al momento de calcular la curva hipsométrica, 3005,074 m.s.n.m. y el área de la cuenca 13,523 Km², se obtiene un coeficiente de masividad igual a 222,212, un valor considerablemente alto debido a que el valor de la altura media es un valor alto y el área de la cuenca es pequeña.
- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): Se puede hablar de un tiempo de concentración corto, 36,231 min, debido a que, al interior de la Unidad Hidrográfica, se presentan altas pendientes, la diferencia entre la longitud y el ancho es baja y el área es pequeña.
- Curva hipsométrica: Para la obtención de la gráfica de la curva hipsométrica, se trabaja con información extractada de la cartografía con curvas de nivel y luego se procede a hacer los cálculos que se muestran en la Tabla 15.54, esta actividad también nos permite determinar los valores de las cotas de altura media, 3005,07 m.s.n.m. y de elevación mediana 2965,16 m.s.n.m.

Tabla 15.54. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Quebrada Corales.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|---------------------|----------------------|-------------|-----------------|
| 2660 | 2680 | 2670 | 9,569 | 0,0957 | 0,71 | 100,00 | 255,50 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 11,938 | 0,1194 | 0,88 | 99,29 | 321,13 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 8,717 | 0,0872 | 0,64 | 98,41 | 236,22 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 13,738 | 0,1374 | 1,02 | 97,76 | 375,05 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 25,487 | 0,2549 | 1,89 | 96,75 | 700,88 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 32,119 | 0,3212 | 2,38 | 94,86 | 889,69 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 58,932 | 0,5893 | 4,36 | 92,49 | 1644,20 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 81,576 | 0,8158 | 6,03 | 88,13 | 2292,29 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 82,144 | 0,8214 | 6,08 | 82,09 | 2324,69 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 68,312 | 0,6831 | 5,05 | 76,01 | 1946,88 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 71,817 | 0,7182 | 5,31 | 70,96 | 2061,15 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 73,807 | 0,7381 | 5,46 | 65,65 | 2133,02 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 55,142 | 0,5514 | 4,08 | 60,19 | 1604,63 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 52,679 | 0,5268 | 3,90 | 56,11 | 1543,48 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 39,414 | 0,3941 | 2,92 | 52,21 | 1162,72 |
| Elevación Mediana | | 2965,168269 | | | | 50,00 | |
| 2960 | 2980 | 2970 | 39,509 | 0,3951 | 2,92 | 49,30 | 1173,42 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 33,256 | 0,3326 | 2,46 | 46,37 | 994,35 |
| Altura Media | | 3005,073947 | | | | 44,52 | |
| 3000 | 3020 | 3010 | 38,940 | 0,3894 | 2,88 | 43,91 | 1172,11 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 35,151 | 0,3515 | 2,60 | 41,03 | 1065,06 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 31,929 | 0,3193 | 2,36 | 38,43 | 973,84 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 36,288 | 0,3629 | 2,68 | 36,07 | 1114,03 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 32,687 | 0,3269 | 2,42 | 33,38 | 1010,04 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 33,445 | 0,3345 | 2,47 | 30,97 | 1040,15 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 28,234 | 0,2823 | 2,09 | 28,49 | 883,73 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 32,308 | 0,3231 | 2,39 | 26,40 | 1017,71 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 25,392 | 0,2539 | 1,88 | 24,01 | 804,92 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 36,003 | 0,3600 | 2,66 | 22,13 | 1148,51 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 34,108 | 0,3411 | 2,52 | 19,47 | 1094,88 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 34,108 | 0,3411 | 2,52 | 16,95 | 1101,70 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 23,118 | 0,2312 | 1,71 | 14,42 | 751,33 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 21,886 | 0,2189 | 1,62 | 12,71 | 715,68 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 25,013 | 0,2501 | 1,85 | 11,10 | 822,92 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 16,675 | 0,1668 | 1,23 | 9,25 | 551,95 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 11,748 | 0,1175 | 0,87 | 8,01 | 391,22 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 9,948 | 0,0995 | 0,74 | 7,14 | 333,27 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 12,222 | 0,1222 | 0,90 | 6,41 | 411,89 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 14,401 | 0,1440 | 1,07 | 5,50 | 488,21 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 9,759 | 0,0976 | 0,72 | 4,44 | 332,78 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 14,212 | 0,1421 | 1,05 | 3,71 | 487,47 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 18,854 | 0,1885 | 1,39 | 2,66 | 650,48 |
| 3460 | 3480 | 3470 | 9,380 | 0,0938 | 0,69 | 1,27 | 325,48 |
| 3480 | 3500 | 3490 | 4,832 | 0,0483 | 0,36 | 0,57 | 168,64 |
| 3500 | 3520 | 3510 | 1,705 | 0,0171 | 0,13 | 0,22 | 59,86 |
| 3520 | 3540 | 3530 | 0,947 | 0,0095 | 0,07 | 0,09 | 33,45 |
| 3540 | 3560 | 3550 | 0,284 | 0,0028 | 0,02 | 0,02 | 10,09 |
| TOTAL | | | 1351,74 | 13,52 | 100,00 | 0,00 | 40620,67 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con la información obtenida en la tabla anterior, se procede a graficar la curva hipsométrica de la unidad Hidrográfica quebrada Corales, tal como se muestra en la

Figura 15.64, en ella se puede observar que la forma que toma la curva, corresponde a la de una cuenca que se encuentra en equilibrio, fase de madurez.

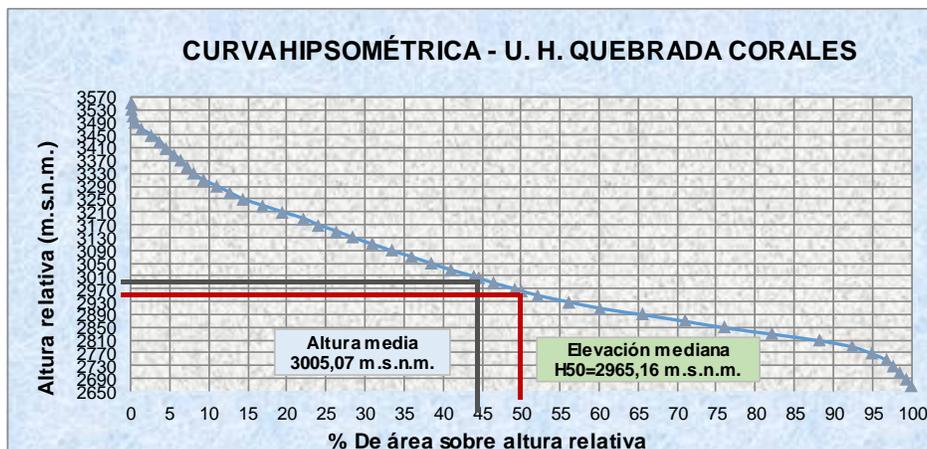


Figura 15.64. Curva Hipsométrica U. H. Quebrada Corales.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavió 2015.

La Figura 15.65, es la representación gráfica del histograma de frecuencia de alturas de la Unidad Hidrográfica quebrada Corales, tomando como base la información de la **Tabla 15.54**; En las cotas 2810 m.s.n.m. y 2830 m.s.n.m., se encuentran los mayores porcentajes de área de la Unidad Hidrográfica, 6,03% y 6,08% respectivamente, Los porcentajes de área más bajos se presentan en las cotas 3530 m.s.n.m. y 3550 m.s.n.m. con el 0,07% y el 0,02% respectivamente.

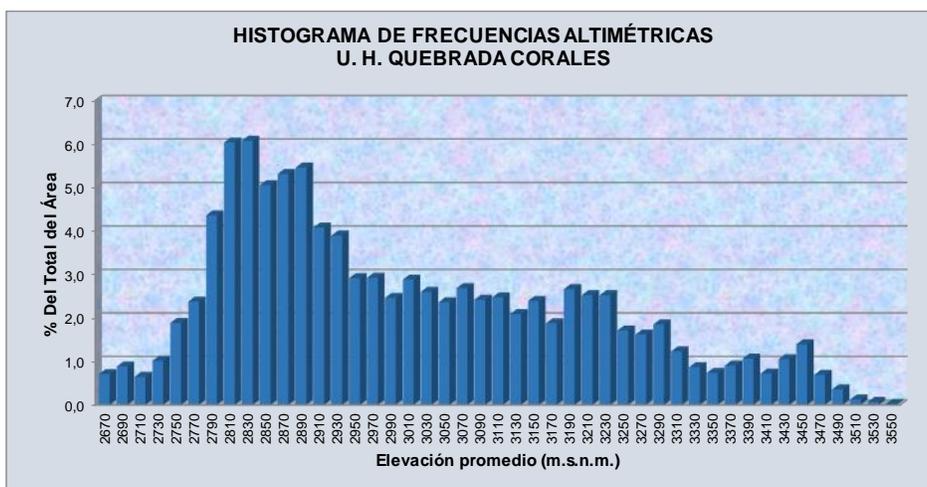


Figura 15.65. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Quebrada Corales.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavió 2015.

La Figura 15.66, corresponde a la representación gráfica de la relación área – elevación de la Unidad Hidrográfica, complementada con el histograma de frecuencia de alturas, se tiene que la Unidad, se distribuye entre los 2660 m.s.n.m. y los 3540 m.s.n.m., la altura

media, respecto de la cota más baja a la salida de la cuenca es de 3005,07 m.s.n.m. y la

 cota que nos divide el área de la cuenca en dos partes iguales o H_{50} , es 2965,16 m.s.n.m.

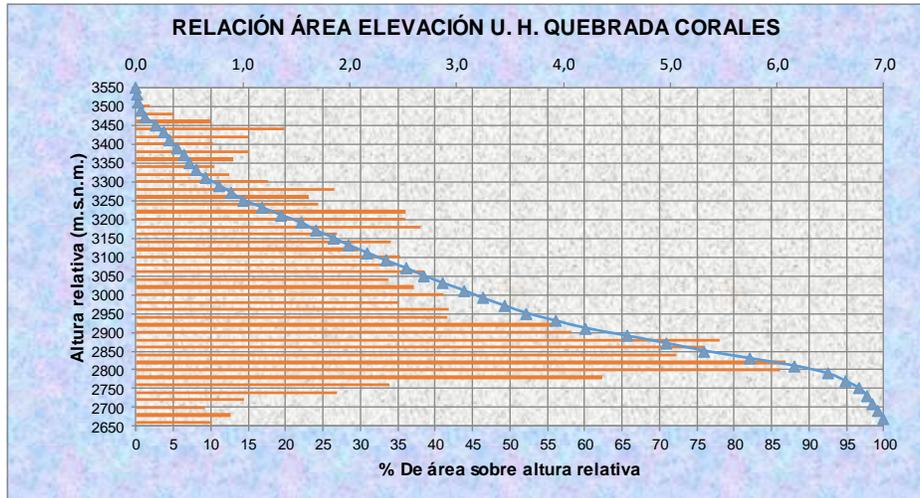


Figura 15.66. Relación área – elevación U. H. Quebrada Corales.

 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.1.2.8 Unidad Hidrográfica río Medio y Bajo Aves.

Análisis de pendientes: Para obtener la información de las pendientes en la unidad

 Hidrográfica río Medio y Bajo Aves, se hace necesario establece el modelo digital del

 terreno, con base en la cartografía de las curvas de nivel, en la Figura 15.67, se muestra

 el mapa de pendientes de la Unidad.

Al revisar la información de la Tabla 15.55, se tiene que, el 31,36% del total del área,

 752,47 Has, presentan relieves: planos o planos a ondulados u ondulados y pendientes

 entre el 0% y el 12%; el mayor porcentaje de área, 58,75%, (1409,531 Has), se localiza

 en terrenos con relieves que van de ondulados a colinados o de colinados a escarpados y

 pendientes entre el 12% y el 50%; el resto del área 9,881%, (237,054 Has), presentan

 relieves que van de escarpados a muy escarpados o muy escarpados y pendientes

 superiores al 50%.

Tabla 15.55. Distribución de pendientes U. H. Río Medio y Bajo Aves.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 226,442 | 2,264 | 9,439 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 221,894 | 2,219 | 9,249 |
| 7 – 12% | Ondulado | 304,134 | 3,041 | 12,677 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 732,668 | 7,327 | 30,540 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 676,863 | 6,769 | 28,214 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 190,060 | 1,901 | 7,922 |
| > 75% | Muy escarpado | 46,994 | 0,470 | 1,959 |
| TOTAL | | 2399,055 | 23,991 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

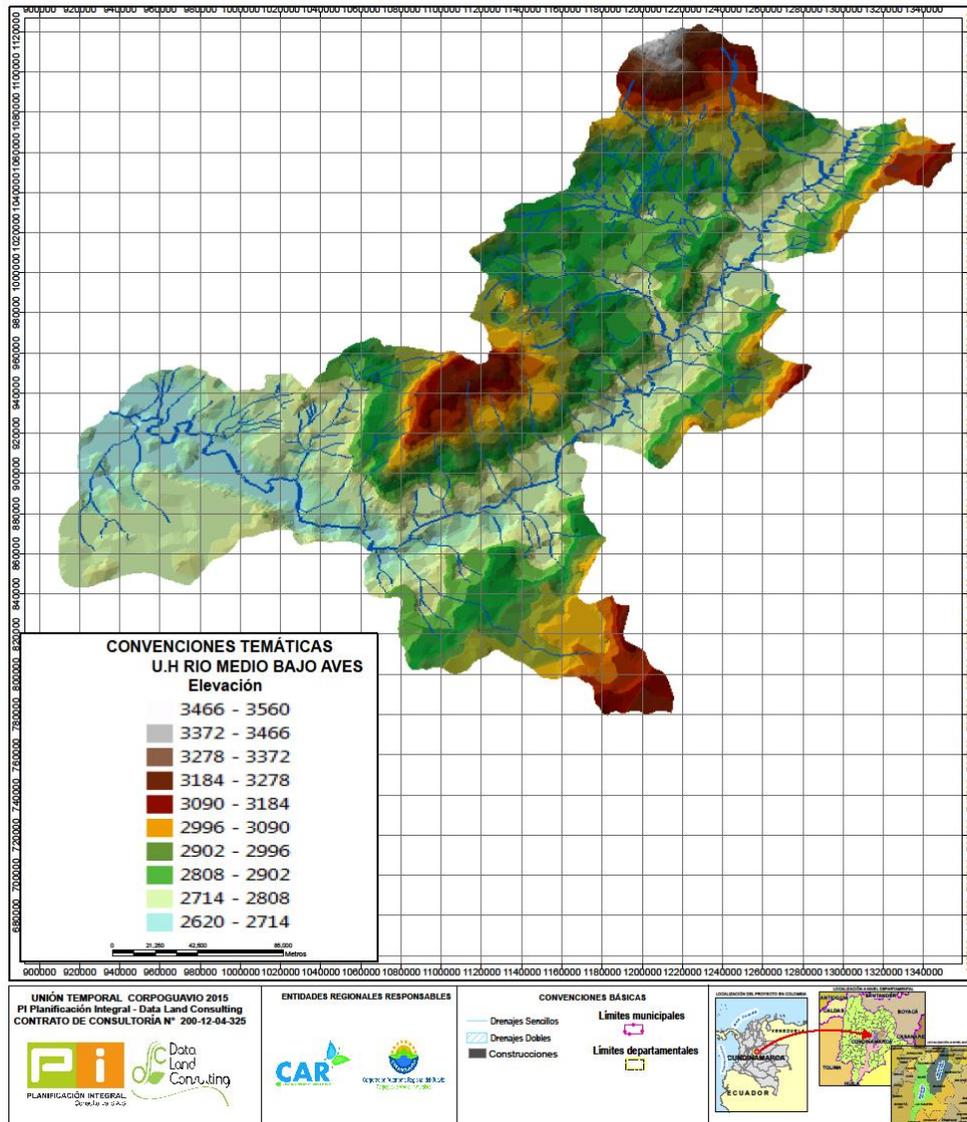


Figura 15.67. Mapa de pendientes U. H. Río Medio y Bajo Aves.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Tabla 15.56, se presenta la relación de los parámetros morfométricos de la unidad Hidrográfica río Medio y Bajo Aves, y a continuación se hace una breve descripción de los resultados obtenidos.

Tabla 15.56. Parámetros morfométricos U. H. Río Medio y Bajo Aves.

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Medio y Bajo Aves |
|----------------------------|----------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3140 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2580 |
| Diferencia altitudinal (m) | 560 |

| Parámetros morfométricos | U.H. Río Medio y Bajo Aves |
|--|----------------------------|
| Área (Km ²) | 23,975 |
| Perímetro (Km) | 34,358 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 8,020 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 113,580 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 6,740 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 3,330 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 2,989 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 6,98 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,0698 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 373,190 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 311,320 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,528 |
| Coeficiente de compacidad (Gravelius) | 1,965 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 2729,186 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 2,024 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 4737,495 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 12,41 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 11,56 |
| Índice de asimetría | 1,073 |
| Coeficiente de masividad | 113,836 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 54,962 |

- Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** La diferencia altitudinal de la unidad Hidrográfica río Medio Y Bajo Aves, es de 560 m, las cotas más altas, se localizan arriba de los nacimientos de las quebradas Ojo de Agua y Montecillo, 3140 m.s.n.m., mientras que las cotas más bajas se presentan en la desembocadura del río Aves en el río Siecha, a los 2580 m.s.n.m.

- **Área:** El área de esta Unidad Hidrográfica es de 2397,5 Has, o lo que es lo mismo 23,975 Km².

- **Perímetro:** la medida de la longitud de la línea divisoria de aguas de la Unidad Hidrográfica, con las áreas de drenaje circundantes es de 34,358 Km.

- **Longitud del drenaje de la cuenca:** La medida de la longitud del drenaje principal, se hizo sobre el cauce del río Aves, desde el punto donde finaliza la Unidad Hidrográfica río Alto Aves, hasta la confluencia del río Aves en el río Siecha, esta longitud es de 8,020 Km; adicionalmente se procedió a la medición y posterior sumatoria de todas las longitudes de los cauces superficiales de la cuenca, el valor de dicha sumatoria es 113,580 Km.

- **Longitud de la cuenca:** La cuenca tiene una longitud de 6,74 Km, medido sobre la línea recta en el sentido del drenaje principal, desde la parte donde finaliza la Unidad Hidrográfica río Alto Aves, hasta la confluencia del río Aves en el río Siecha.

- Ancho de la cuenca: La medida del ancho de la cuenca, hecha sobre la línea perpendicular a la longitud y que une los puntos extremos de la cuenca, da como resultado un ancho de 3,33 Km; aplicando la relación del área con la longitud de la cuenca el valor obtenido para el ancho de la cuenca es de 2,989 Km.
- Pendiente media de la Corriente: La relación de la diferencia altitudinal con la longitud del cauce principal de la Unidad Hidrográfica, se tiene que la pendiente media de la corriente es de 6,98%, equivalente a 0,0698 m/m.
- Pendiente media del área de drenaje: Los parámetros utilizados para el cálculo de la pendiente media del área de drenaje fueron: longitud de las curvas de nivel 373,190 Km, la equidistancia entre curvas de nivel es de 20 m, y el área 23,975 Km², la pendiente media del área de drenaje es de 311,320 m/Km.
- Factor de forma (Gravelius): Relaciona el área de la cuenca con su longitud, y nos permite hacernos una idea de la forma de la cuenca, el factor de forma de la Unidad Hidrográfica es de 0,528, que corresponde a una cuenca de forma moderadamente achatada
- Índice de compacidad (Gravelius): La relación entre el perímetro de la Unidad Hidrográfica y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la Unidad, da un valor de 1,965, lo que nos quiere decir que la forma de la cuenca varía de oval oblonga a rectangular oblonga.
- Altura media (m.s.n.m.): La elevación media de la Unidad Hidrográfica, con respecto a la cota de salida de la cuenca es de 2729,18 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): Al relacionar el comportamiento de la forma de la Unidad, con su tendencia a ser de forma alargada, en relación a su longitud axial y al ancho máximo de la cuenca, se tiene que el índice tiene un valor de 2,024, que corresponde a una cuenca moderadamente alargada.
- Densidad de drenaje (m/Km²): La sumatoria de las longitudes de drenajes existentes en la cuenca es de 113,58 Km, relacionándolo con el área 23,975 Km², nos dan un valor de 4737,495 m/Km².
- Índice de asimetría: De las vertientes generadas por el cauce principal, se tiene que el área mayor, 12,41 Km², se localiza sobre la vertiente derecha, sentido aguas abajo y el área menor, 11,56 Km² se encuentra en la vertiente izquierda del cauce principal, el índice de asimetría es de 1,073, lo que nos indica que el cauce principal se encuentra bastante recargado hacia su vertiente izquierda.
- Coefficiente de masividad: El valor obtenido es de 113,836, corresponde a un valor bastante alto, debido a que la Unidad tiene un área pequeña y el valor de la altura promedio es alto.

- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): El tiempo de concentración de la Unidad Hidrográfica río Medio y Bajo Aves, es de 54,962 min.

- Curva hipsométrica: Para la obtención de la curva hipsométrica, se obtuvo información de la cartografía, teniendo en cuenta las curvas de nivel, luego se hacen los cálculos respectivos, tal como se muestra en la Tabla 15.57, al momento de hacer los cálculos, también podemos identificar la elevación mediana o H_{50} , igual a 2725,27 m.s.n.m. y la altura media es de 2729,18 m.s.n.m.

Tabla 15.57. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Medio y Bajo Aves.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|-----------------|
| 2580 | 2600 | 2590 | 61,300 | 0,6130 | 2,56 | 100,00 | 1587,68 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 114,642 | 1,1464 | 4,78 | 97,445 | 2992,16 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 123,738 | 1,2374 | 5,16 | 92,666 | 3254,30 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 210,051 | 2,1005 | 8,76 | 87,508 | 5566,35 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 292,101 | 2,9210 | 12,18 | 78,753 | 7799,09 |
| 2680 | 2700 | 2690 | 201,998 | 2,0200 | 8,42 | 66,577 | 5433,74 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 256,192 | 2,5619 | 10,68 | 58,157 | 6942,81 |
| Elevación Mediana | | 2725,277367 | | | | 50,000 | |
| Altura Media | | 2729,185656 | | | | 47,913 | |
| 2720 | 2740 | 2730 | 236,485 | 2,3649 | 9,86 | 47,478 | 6456,04 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 180,964 | 1,8096 | 7,54 | 37,621 | 4976,52 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 147,614 | 1,4761 | 6,15 | 30,078 | 4088,90 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 122,601 | 1,2260 | 5,11 | 23,925 | 3420,56 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 98,156 | 0,9816 | 4,09 | 18,814 | 2758,20 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 87,640 | 0,8764 | 3,65 | 14,723 | 2480,20 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 50,310 | 0,5031 | 2,10 | 11,070 | 1433,83 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 53,058 | 0,5306 | 2,21 | 8,973 | 1522,75 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 46,899 | 0,4690 | 1,95 | 6,761 | 1355,38 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 40,077 | 0,4008 | 1,67 | 4,806 | 1166,25 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 24,634 | 0,2463 | 1,03 | 3,136 | 721,77 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 13,738 | 0,1374 | 0,57 | 2,109 | 405,27 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 8,906 | 0,0891 | 0,37 | 1,536 | 264,51 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 8,338 | 0,0834 | 0,35 | 1,165 | 249,29 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 4,453 | 0,0445 | 0,19 | 0,818 | 134,04 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 3,979 | 0,0398 | 0,17 | 0,632 | 120,57 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 3,695 | 0,0370 | 0,15 | 0,466 | 112,70 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 2,653 | 0,0265 | 0,11 | 0,312 | 81,44 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 1,990 | 0,0199 | 0,08 | 0,201 | 61,48 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 1,326 | 0,0133 | 0,06 | 0,118 | 41,25 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 1,137 | 0,0114 | 0,05 | 0,063 | 35,59 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 0,379 | 0,0038 | 0,02 | 0,016 | 11,94 |
| TOTAL | | | 2399,05 | 23,99 | 100,00 | 0,000 | 65474,66 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

En la Figura 15.68, está la representación gráfica de la curva hipsométrica de la Unidad Hidrográfica río Medio y Bajo Aves, por la forma que toma la curva, se puede afirmar que se trata de una cuenca que se encuentra en equilibrio, fase de madurez, la altura media es de 2729,18 m.s.n.m. y la cota del punto que me divide el área en dos partes iguales es de 2725,27 m.s.n.m.

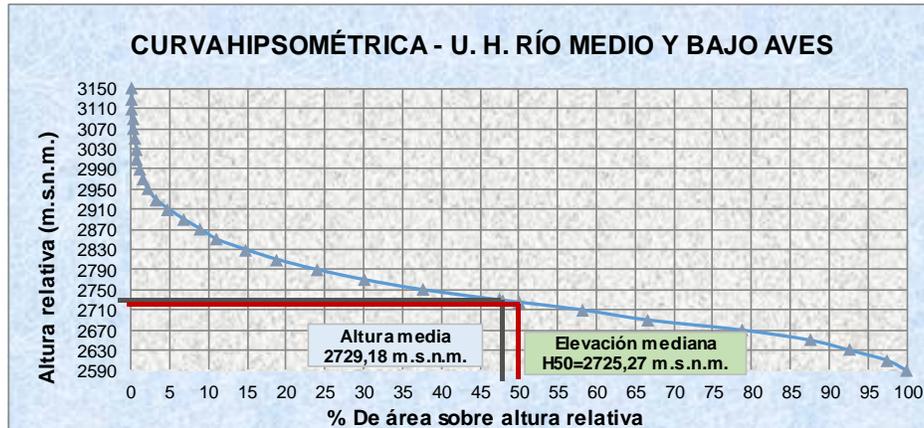


Figura 15.68. Curva hipsométrica U. H. Río Medio y Bajo Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La representación gráfica del histograma de frecuencias altimétricas de la Unidad, se muestra en la Figura 15.69, en ella se observa que la cota donde se presenta el mayor porcentaje del total del área de la Unidad, es 2670 m.s.n.m., con el 10,68% del área, a partir de la cota 3010 m.s.n.m. los porcentajes de área son muy bajos 0,19%, hasta los 3150 m.s.n.m. donde se tiene el 0,02% del área.

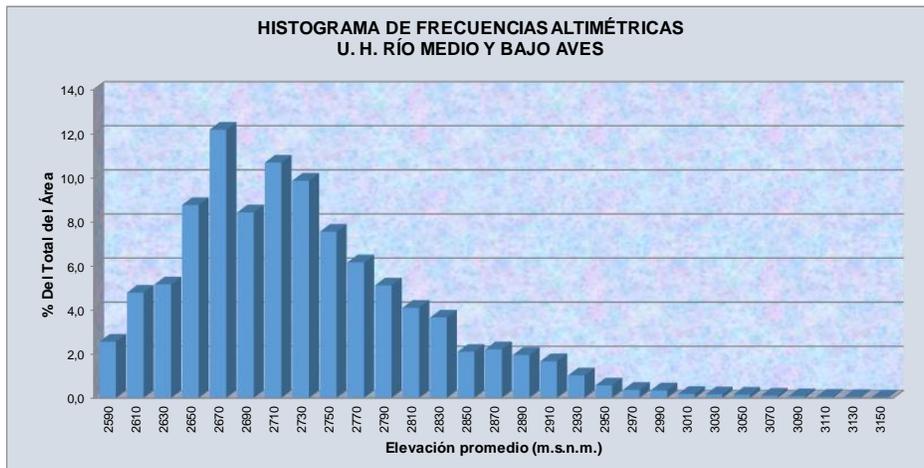


Figura 15.69. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Río Medio y Bajo Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

La Figura 15.70, nos muestra la relación área – elevación de la Unidad Hidrográfica río Medio y Bajo Aves y el histograma de frecuencia de alturas, la cota más baja se localiza a

los 2580 m.s.n.m., la cota más alta a los 3140 m.s.n.m., la altura media a los 27239,18 m.s.n.m. y la altura mediana se encuentra a los 2725,27 m.s.n.m.

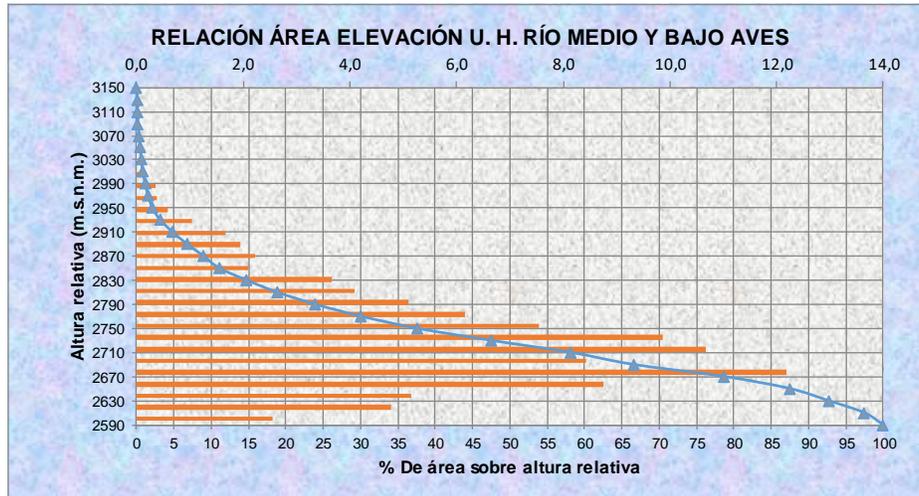


Figura 15.70. Relación área – elevación U. H. Río Medio y Bajo Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

15.1.2.9 Unidad Hidrográfica río Alto Aves.

- Análisis de pendientes: En la Unidad Hidrográfica río Alto Aves, el 8,78% de su área total, (344,243 Has), tiene pendientes superiores al 50%, con relieves que van de escarpados a muy escarpados o muy escarpados, el 68,874% del área, (2721,948), está ocupado por terrenos con pendientes entre el 12% y el 50%, el relieve se caracteriza por variar de ondulado a colinado o de colinado a escarpado, el restante 22,33% del área, (882,84 Has), está ocupado por terrenos con pendientes que van del 0% al 12%, en estas zonas, los relieves pueden ser planos, plano a ondulado u ondulado.

Tabla 15.58. Distribución de pendientes U. H. Río Alto Aves.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 166,942 | 1,669 | 4,224 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 263,014 | 2,630 | 6,655 |
| 7 – 12% | Ondulado | 452,884 | 4,529 | 11,460 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 1370,496 | 13,705 | 34,678 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 1351,452 | 13,515 | 34,196 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 289,732 | 2,897 | 7,331 |
| > 75% | Muy escarpado | 57,511 | 0,575 | 1,455 |
| TOTAL | | 3952,031 | 39,520 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

El principal insumo para obtener la información de la tabla anterior es el mapa de pendientes o modelo digital del terreno, en la Figura 15.71, se presenta el mapa de pendientes de la Unidad Hidrográfica río Alto Aves.

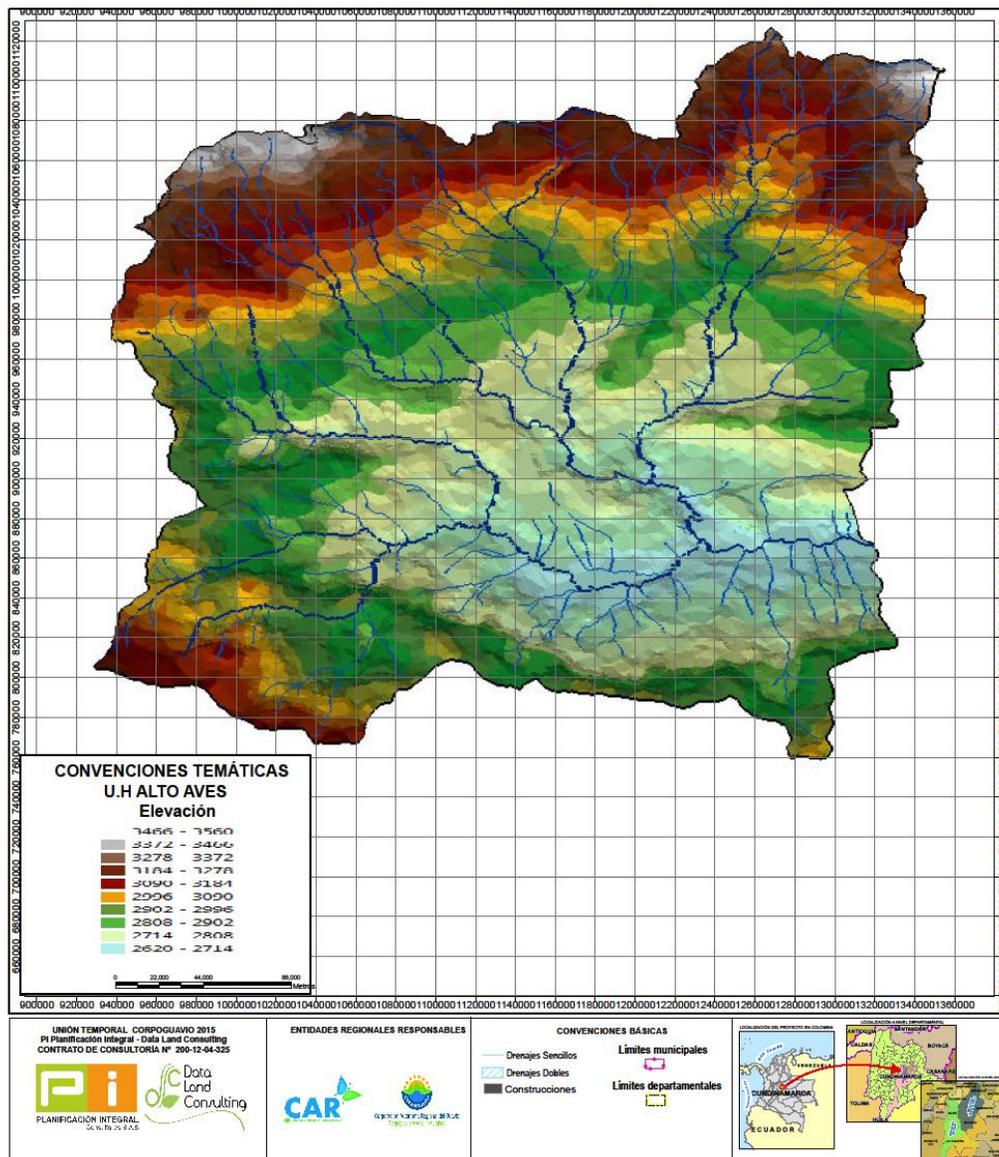


Figura 15.71. Mapa de pendientes U. H. Río Alto Aves.

Fuente: Unión Temporal CorpoGuaVio 2015.

La relación de los valores de los parámetros morfométricos de la Unidad Hidrográfica río Alto Aves, se muestran en la Tabla 15.59, posteriormente se hace una breve descripción y evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 15.59. Parámetros morfométricos U. H. Río Alto Aves.

| Parámetros morfométricos | U. H. Río Alto Aves |
|--------------------------|---------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3480 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2680 |

| Parámetros morfométricos | U. H. Río Alto Aves |
|--|---------------------|
| Diferencia altitudinal (m) | 800 |
| Área (Km ²) | 39,518 |
| Perímetro (Km) | 31,877 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 9,800 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 151,970 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 6,800 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 5,920 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 4,032 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 8,16 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,0816 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 603,650 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 305,506 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,855 |
| Coeficiente de compacidad (Gravelius) | 1,420 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 2952,150 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 1,149 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3845,590 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 23,41 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 16,09 |
| Índice de asimetría | 1,455 |
| Coeficiente de masividad | 74,704 |
| Tiempo de concentración T _c (Kirpich) (min) | 60,390 |

- Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** En los nacimientos de las quebradas: la Laja y el Chuscal, se encuentran las cotas más altas de esta Unidad Hidrográfica, 3480 m.s.n.m., las cotas más bajas se localizan en los alrededores del cauce del río Aves, donde termina esta unidad Hidrográfica y comienza la unidad Hidrográfica Río medio y Bajo Aves. La diferencia altitudinal es de 800 m.

- **Área:** El área de esta Unidad Hidrográfica, es de 3951,8 Has, equivalentes a 39,518 Km².

- **Perímetro:** La medida de la longitud de la línea que me divide la Unidad Hidrográfica de las áreas de drenaje circundantes, es de 31,877 Km.

- **Longitud del drenaje de la cuenca:** Para la obtención de este parámetro, se hizo la medida desde el nacimiento de la quebrada la Chorrera, continuando por la quebrada Peña Colorada, hasta encontrar la quebrada Puente de Tierra y terminar en el río Aves en límites con la Unidad Hidrográfica río Medio y Bajo Aves. La longitud del drenaje principal de la cuenca es de 9,8 Km y la sumatoria de todas las longitudes de los drenajes superficiales existentes en la cuenca es de 151,97 Km.

- **Longitud de la cuenca:** La medida de la longitud de la Unidad Hidrográfica, en línea recta, en el sentido del cauce principal, es de 6,8 Km.

- Ancho de la cuenca: El ancho de la cuenca es de 5,92 Km, medido en los extremos de la cuenca, sobre una línea recta perpendicular a línea sobre la cual se midió la longitud, Al obtener el valor de este factor a través de la relación área longitud del cauce principal, tenemos un ancho d Unidad de 4,032 Km.
- Pendiente media de la Corriente: Con los parámetros de diferencia altitudinal y longitud del drenaje principal, anteriormente obtenidos, hallamos el valor de ña pendiente media de la corriente, que en este caso es de 8,16% o 0,0816 m/m.
- Pendiente media del área de drenaje: Para el cálculo de este parámetro, se obtuvo la longitud de las curvas de nivel inscritas en la Unidad Hidrográfica, 603,65 Km, la equidistancia entre las curvas de nivel es de 20 m y el área 39,51 Km², la pendiente promedio del área de drenaje es de 305,506 m/Km.
- Factor de forma (Gravelius): La relación entre el área de la cuenca y su longitud, medida en línea recta desde la salida hasta el límite cercano de la cabecera del cauce principal, nos da como resultado 0,855, indicativo de que la Unidad tiene una forma moderadamente achatada.
- Índice de compacidad (Gravelius): El valor de este índice para la Unidad Hidrográfica es de 1,42, se trata de un valor alejado de la unidad, lo que nos indica que esta tiene poca tendencia a ser de forma circular, por lo tanto, su posibilidad de producir avenidas muy grandes en tiempos muy cortos es menor.
- Altura media (m.s.n.m.): El valor de la altura promedio es de 2952,15 m.s.n.m., con respecto a la cota más baja de la cuenca
- Índice de alargamiento (Horton): Revisando el comportamiento de la forma de la unidad, respecto de la forma de un rectángulo, más largo que ancho, tenemos que la Unidad tiene forma poco alargada, el valor del índice es de 1,149
- Densidad de drenaje (m/Km²): Al dividir la sumatoria de las longitudes de todos los cauces superficiales, existentes al interior de la Unidad, 151,97 Km, entre su área 39,518 Km², se tiene que por cada Kilómetro cuadrado hay 3845,59 m de drenaje.
- Índice de asimetría: La vertiente mayor, 23,41 Km² de área, se localiza en la margen izquierda del cauce principal, sentido aguas abajo, la vertiente menor, 16,09 Km² de área, se encuentra en el costado derecho del cauce principal, sentido aguas abajo, el índice de asimetría es de 1,455, indicativo de que el cauce del drenaje principal del Unidad está bastante recostado sobre su margen derecha.
- Coefficiente de masividad: El valor obtenido, 74,704, es un valor no tan alto, la cota de la pendiente media del relieve no es tan alto y el área de la Unidad no es tan pequeña como en otras áreas de drenaje que hacen parte de este estudio

- Tiempo de concentración (Kirpich) (m): El tiempo de concentración es de 60,39 min, se trata de una cuenca con altas pendientes en su zona montañosa y una relación entre su longitud y su ancho que se aproxima a la unidad.
- Curva hipsométrica: Con base en la información cartográfica existente, se procede a extraer la información necesaria para la obtención de la gráfica de la curva hipsométrica y del histograma de frecuencia de alturas, esta información es complementada con los cálculos que se muestran en la Tabla 15.60, en el desarrollo de este proceso, también es posible la obtención de la cota de altura media 2952,14 m.s.n.m. y la cota de elevación mediana 2928,96 m.s.n.m.

Tabla 15.60. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Río Alto Aves.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|---------------------|----------------------|-------------|---------|
| 2680 | 2700 | 2690 | 91,524 | 0,9152 | 2,32 | 100,00 | 2462,00 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 104,599 | 1,0460 | 2,65 | 97,68 | 2834,64 |
| 2720 | 2740 | 2730 | 132,075 | 1,3208 | 3,34 | 95,04 | 3605,66 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 158,415 | 1,5841 | 4,01 | 91,70 | 4356,41 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 144,582 | 1,4458 | 3,66 | 87,69 | 4004,92 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 185,228 | 1,8523 | 4,69 | 84,03 | 5167,85 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 201,903 | 2,0190 | 5,11 | 79,34 | 5673,47 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 185,038 | 1,8504 | 4,68 | 74,23 | 5236,58 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 188,449 | 1,8845 | 4,77 | 69,55 | 5370,80 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 195,934 | 1,9593 | 4,96 | 64,78 | 5623,31 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 209,862 | 2,0986 | 5,31 | 59,82 | 6065,00 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 188,165 | 1,8816 | 4,76 | 54,51 | 5475,60 |
| Elevación Mediana | | 2928,962739 | | | | 50,00 | |
| 2920 | 2940 | 2930 | 170,068 | 1,7007 | 4,30 | 49,75 | 4983,01 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 143,919 | 1,4392 | 3,64 | 45,45 | 4245,60 |
| Altura Media | | 2952,149981 | | | | 45,84 | |
| 2960 | 2980 | 2970 | 127,433 | 1,2743 | 3,22 | 41,81 | 3784,76 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 120,706 | 1,2071 | 3,05 | 38,58 | 3609,11 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 112,937 | 1,1294 | 2,86 | 35,53 | 3399,40 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 101,188 | 1,0119 | 2,56 | 32,67 | 3066,01 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 105,736 | 1,0574 | 2,68 | 30,11 | 3224,95 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 105,452 | 1,0545 | 2,67 | 27,44 | 3237,37 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 97,304 | 0,9730 | 2,46 | 24,77 | 3006,69 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 91,809 | 0,9181 | 2,32 | 22,31 | 2855,25 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 92,945 | 0,9295 | 2,35 | 19,98 | 2909,19 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 100,336 | 1,0034 | 2,54 | 17,63 | 3160,57 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 99,483 | 0,9948 | 2,52 | 15,09 | 3153,61 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 92,661 | 0,9266 | 2,34 | 12,57 | 2955,89 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 92,661 | 0,9266 | 2,34 | 10,23 | 2974,43 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 71,343 | 0,7134 | 1,81 | 7,89 | 2304,39 |
| 3240 | 3260 | 3250 | 67,933 | 0,6793 | 1,72 | 6,08 | 2207,81 |
| 3260 | 3280 | 3270 | 46,994 | 0,4699 | 1,19 | 4,36 | 1536,70 |
| 3280 | 3300 | 3290 | 38,277 | 0,3828 | 0,97 | 3,17 | 1259,32 |
| 3300 | 3320 | 3310 | 20,844 | 0,2084 | 0,53 | 2,20 | 689,94 |
| 3320 | 3340 | 3330 | 17,338 | 0,1734 | 0,44 | 1,68 | 577,37 |
| 3340 | 3360 | 3350 | 10,706 | 0,1071 | 0,27 | 1,24 | 358,66 |
| 3360 | 3380 | 3370 | 18,949 | 0,1895 | 0,48 | 0,97 | 638,59 |
| 3380 | 3400 | 3390 | 11,559 | 0,1156 | 0,29 | 0,49 | 391,85 |
| 3400 | 3420 | 3410 | 3,979 | 0,0398 | 0,10 | 0,19 | 135,69 |
| 3420 | 3440 | 3430 | 1,516 | 0,0152 | 0,04 | 0,09 | 52,00 |
| 3440 | 3460 | 3450 | 0,947 | 0,0095 | 0,02 | 0,06 | 32,69 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| 3460 - 3480 | 3470 | 0,947 | 0,0095 | 0,02 | 0,03 | 32,88 |
| 3480 - 3500 | 3490 | 0,284 | 0,0028 | 0,01 | 0,01 | 9,92 |
| TOTAL | | 3952,03 | 39,52 | 100,00 | 0,00 | 116669,87 |

Fuente: Unión Temporal Coroguvio 2015.

En la representación gráfica de la curva hipsométrica de la Unidad Hidrográfica río Alto Aves, se observa que la forma que toma la curva corresponde a la de una cuenca que se encuentra en estado de equilibrio, fase de madurez, en la misma también se localizan las cotas que corresponden a la altura media con respecto a la cota más baja y la elevación mediana o H_{50} .

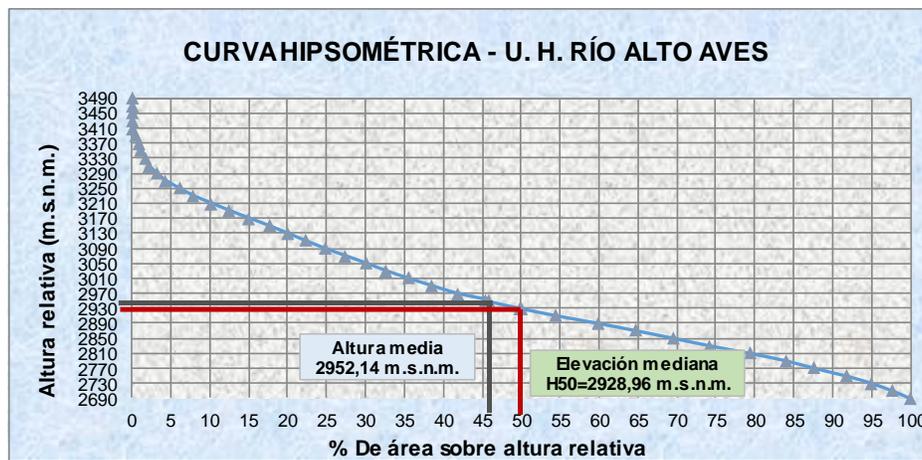


Figura 15.72. Curva hipsométrica U. H. Río Alto Aves.

 Fuente: Unión Temporal Coroguvio 2015.

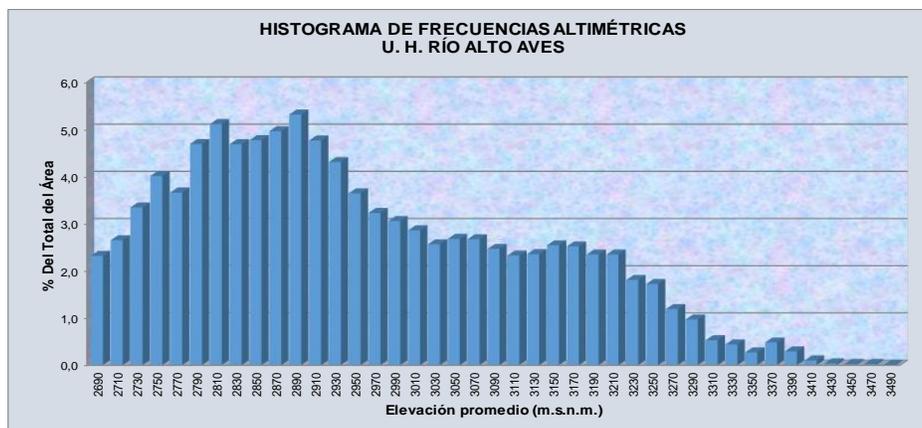


Figura 15.73. Histograma de frecuencia de alturas U. H. río Alto Aves.

 Fuente: Unión Temporal Coroguvio 2015.

La gráfica de la Figura 15.73, es la representación del histograma de frecuencia de alturas de la Unidad Hidrográfica, el mayor porcentaje de área 5,31%, se localiza sobre la cota

2890 m.s.n.m., el 5,11% sobre la cota 2810 m.s.n.m., los porcentajes de área más bajos están a partir de la cota 3410 m.s.n.m. 0,10%, hasta la cota 3490 m.s.n.m., con el 0,01% del área.

En la Figura 15.74, se muestra la gráfica de la relación área – elevación o curva hipsométrica y el histograma de frecuencias de la Unidad Hidrográfica, río Alto Aves, los porcentajes de área más bajos, se presentan en las cotas más altas, el 46,34% del total del área se localiza entre las cotas 2750 m.s.n.m. y 2950 m.s.n.m.

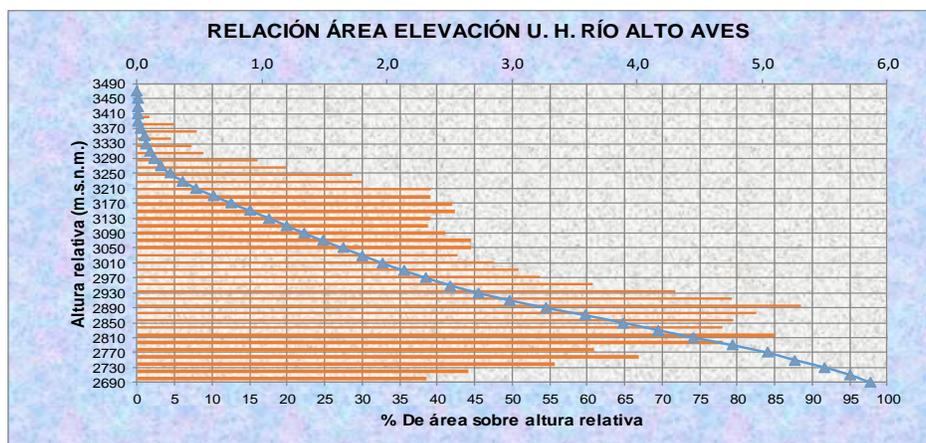


Figura 15.74. Relación área – elevación U. H. Río Alto Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

15.1.2.10 Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé.

Análisis de pendientes: El 38,05% del total del área de la Unidad Hidrográfica, (4819,71 Has), presenta pendientes entre el 0% y el 12%, con relieve plano, plano a ondulado u ondulado, de las Unidades evaluadas, tal vez es la de mayor área en este rango, debido a que incluye el área del Embalse de Tominé, con pendientes entre el 12% y el 50% está el 52,064% del total del área, 6593,918 Has), el relieve es ondulado a colinado o colinado a escarpado, por último se tiene el 9,88% del área, (1251,401 Has), con pendientes superiores al 50% y relieve escarpado a muy escarpado o muy escarpado. Ver Tabla 15.61.

Tabla 15.61. Distribución de pendientes Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé.

| Rango | Descripción del Relieve | Área (Has) | Área Km ² | Porcentaje (%) |
|--------------|---------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| 0 - 3% | Plano | 2700,725 | 27,007 | 21,324 |
| 3 – 7% | Plano a Ondulado | 859,154 | 8,592 | 6,784 |
| 7 – 12% | Ondulado | 1259,833 | 12,598 | 9,947 |
| 12 – 25% | Ondulado a Colinado | 3307,855 | 33,079 | 26,118 |
| 25 – 50% | Colinado a Escarpado | 3286,063 | 32,861 | 25,946 |
| 50 – 75% | Escarpado a muy escarpado | 919,412 | 9,194 | 7,259 |
| > 75% | Muy escarpado | 331,989 | 3,320 | 2,621 |
| TOTAL | | 12665,030 | 126,650 | 100,000 |

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

Para el trabajo de la evaluación de pendientes de la Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé, se recurrió a la información cartográfica, para generar el modelo digital del terreno, tal como se muestra en la Figura 15.75.

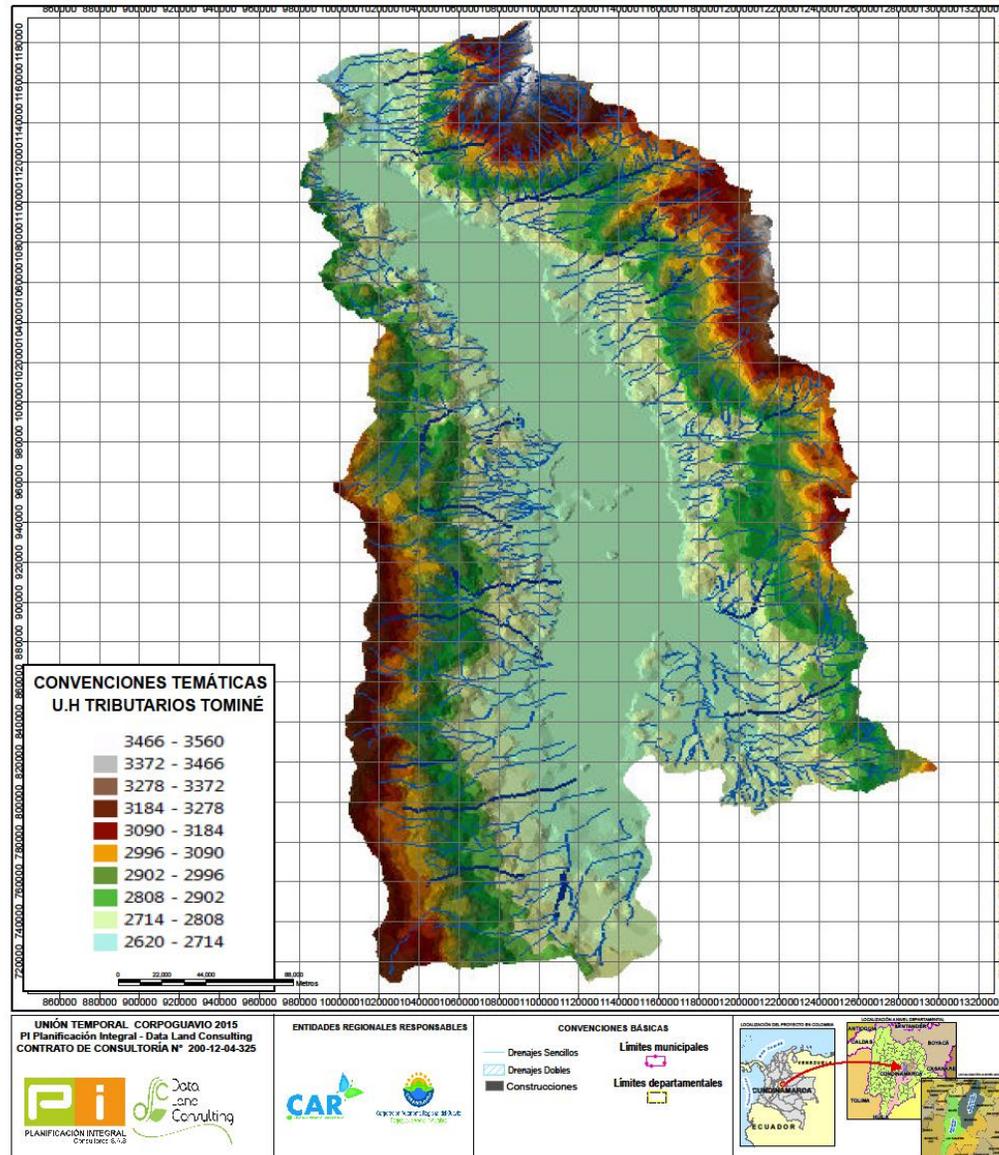


Figura 15.75. Mapa de pendientes U. H. Tributarios Embalse Tominé.
 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

En la Tabla 15.62, se presenta la relación de los parámetros morfométricos, calculados para la Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé, posteriormente, se hace una descripción y análisis de cada uno de ellos.

Tabla 15.62. Parámetros Morfométricos U. H. Tributarios Embalse Tominé.

| Parámetros morfométricos | U.H Tributarios Embalse Tominé |
|--|--------------------------------|
| Cota mayor (m.s.n.m.) | 3281 |
| Cota menor (m.s.n.m.) | 2560 |
| Diferencia altitudinal (m) | 721 |
| Área (Km ²) | 126,664 |
| Perímetro (Km) | 64,526 |
| Longitud del drenaje principal (Km) | 24,550 |
| Longitud del drenaje de la cuenca (Km) | 423,640 |
| Longitud de la cuenca (Km) | 17,230 |
| Ancho de la cuenca (medido) (Km) | 7,420 |
| Ancho de la cuenca (calculado) (Km) | 5,159 |
| Pendiente media de la corriente (%) | 2,94 |
| Pendiente media de la corriente (m/m) | 0,0294 |
| Longitud curvas de nivel (Km) | 1735,210 |
| Pendiente media del área de drenaje (m/Km) | 273,986 |
| Factor de forma (Gravelius) | 0,427 |
| Coeficiente de compacidad (Gravelius) | 1,605 |
| Altura media (m.s.n.m.) | 2720,707 |
| Índice de alargamiento (Horton) | 2,322 |
| Densidad de drenaje (m/Km ²) | 3344,593 |
| Área vertiente mayor (Km ²) | 67,93 |
| Área vertiente menor (Km ²) | 58,73 |
| Índice de asimetría | 1,157 |
| Coeficiente de masividad | 21,480 |
| Tiempo de concentración Tc (Kirpich) (min) | 181,549 |

- Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- **Diferencia altitudinal:** Las partes más altas de la Unidad Hidrográfica Tributarios Embalse de Tominé, se localizan en los nacimientos de las quebradas: el Cajón, Grande o Alto del Aire y Clara, 3281 m.s.n.m., la cota más baja se localiza bordeando el Embalse de Tominé, y en la salida del embalse al río Bogotá, 2560 m.s.n.m. La diferencia altitudinal es de 721 m.s.n.m.

- **Área:** El área de la unidad hidrográfica, es de 12666,4 Has, equivalentes a 126,664 Km², es el área más grande de la Cuenca del Tominé ya que incluye el área del embalse del mismo nombre.

- **Perímetro:** La longitud de la línea divisoria de aguas o parte aguas de la Unidad Hidrográfica, tiene una longitud de 64,526 Km.

- **Longitud del drenaje de la cuenca:** La medida de la longitud del drenaje principal de la Unidad Hidrográfica, se hizo desde la desembocadura del río Siecha en el Embalse de Tominé, hasta el punto de confluencia de la salida del Embalse al río Bogotá. La longitud obtenida es de 24,55 Km. La sumatoria de la medición de todas las longitudes de los drenajes superficiales que existen en la unidad Hidrográfica es de 423,640 m.s.n.m.

- Longitud de la cuenca: Haciendo la medición de la longitud de la cuenca, sobre la línea recta trazada en el mismo sentido en que se midió la longitud del cauce principal, se obtuvo una longitud de 17,23 Km.
- Ancho de la cuenca: Midiendo la distancia entre los puntos extremos de la Unidad Hidrográfica, sobre una línea recta, trazada perpendicularmente a la línea sobre la cual se hizo la medición de la longitud, dio como resultado 7,42 Km, al hacer la relación entre el área de la Unidad y la longitud del drenaje principal se obtuvo un valor de ancho de la cuenca de 5,159 Km.
- Pendiente media de la Corriente: La relación de la diferencia altitudinal con la longitud del drenaje principal, dio como resultado una pendiente media de la corriente, igual al 2,94% o 0,0294 m/m.
- Pendiente media del área de drenaje: Para el cálculo del valor de la pendiente media del área de drenaje, se tuvo en cuenta la sumatoria de las longitudes de las curvas de nivel inscritas en la Unidad, 1735,21 Km, la equidistancia entre las curvas de nivel, 20 m, y el área de la unidad Hidrográfica, 126,664 m², el valor obtenido es de 273,986 m/Km.
- Factor de forma (Gravelius): Según el resultado obtenido, para el cálculo de este factor, 0,427, la unidad Hidrográfica, tiene forma moderadamente achatada.
- Índice de compacidad (Gravelius): Al encontrar la relación entre el perímetro de esta Unidad Hidrográfica y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la unidad, se obtuvo un valor de 1,605, que nos indica que esta Unidad Hidrográfica, tiene poca tendencia a producir avenidas muy grandes y a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento.
- Altura media (m.s.n.m.): Este valor que se obtiene al momento de efectuar el cálculo de la curva hipsométrica, nos marca la cota de la altura promedio con relación a la cota más baja o de salida de la unidad, 2720,707 m.s.n.m.
- Índice de alargamiento (Horton): Al relacionar el comportamiento de la forma de la cuenca, con su tendencia a ser alargada, se tiene que el índice de alargamiento es igual a 2,322, que nos indica que se trata de una cuenca moderadamente alargada, más larga que ancha.
- Densidad de drenaje (m/Km²): La división de la sumatoria de las longitudes de todos los cauces superficiales existentes en la Unidad Hidrográfica, 423,640 Km, entre el área de la misma, 126,664 km², se tiene que la densidad de drenaje es de 3344,593 m/Km².
- Índice de asimetría: El área de la vertiente mayor de esta Unidad Hidrográfica, es de 67,93 Km² y se localiza al costado derecho del cauce principal, sentido aguas abajo, mientras que el área de la vertiente izquierda es de 58,73 Km². El índice de asimetría es de 1,157, lo que nos indica que el cauce principal de la Unidad Hidrográfica, está recargado hacia su costado izquierdo.

- **Coeficiente de masividad:** El valor del coeficiente de masividad, es un valor bajo 21,48 debido a que se trata de un área de drenaje extensa y con bajas pendientes, lo que la hace poco vulnerable a la degradación
- **Tiempo de concentración (Kirpich) (m):** El tiempo de concentración es bastante alto, 181,549 min, pero con el atenuante que está incluida el área del Embalse de Tominé dentro de la Unidad. El área es grande y las pendientes son suaves lo que hace que el tránsito de las lluvias sea más lento.
- **Curva hipsométrica:** Toda la información y los cálculos necesarios para la construcción de la Curva Hipsométrica de la Unidad Hidrográfica Tributarios del Embalse de Tominé, se encuentra relacionada en la Tabla 15.63, el desarrollo de estos cálculos, también nos permite identificar las cotas de la elevación mediana o H_{50} que para el caso es de 2679,69 m.s.n.m. y la altura media 2720,70 m.s.n.m.

Tabla 15.63. Cálculo curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Tributarios Embalse Tominé.

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|---------------------|----------------------|-------------|----------|
| 2560 | 2580 | 2570 | 2517,013 | 25,1701 | 19,87 | 100,00 | 64687,23 |
| 2580 | 2600 | 2590 | 1085,596 | 10,8560 | 8,57 | 80,13 | 28116,93 |
| 2600 | 2620 | 2610 | 1026,095 | 10,2610 | 8,10 | 71,55 | 26781,09 |
| 2620 | 2640 | 2630 | 815,665 | 8,1567 | 6,44 | 63,45 | 21452,00 |
| 2640 | 2660 | 2650 | 622,479 | 6,2248 | 4,91 | 57,01 | 16495,69 |
| 2660 | 2680 | 2670 | 548,009 | 5,4801 | 4,33 | 52,10 | 14631,84 |
| Elevación Mediana | | 2679,695712 | | | | 50,00 | |
| 2680 | 2700 | 2690 | 519,301 | 5,1930 | 4,10 | 47,77 | 13969,19 |
| 2700 | 2720 | 2710 | 497,036 | 4,9704 | 3,92 | 43,67 | 13469,67 |
| Altura Media | | 2720,706645 | | | | 41,85 | |
| 2720 | 2740 | 2730 | 484,529 | 4,8453 | 3,83 | 39,75 | 13227,65 |
| 2740 | 2760 | 2750 | 461,222 | 4,6122 | 3,64 | 35,92 | 12683,60 |
| 2760 | 2780 | 2770 | 386,278 | 3,8628 | 3,05 | 32,28 | 10699,90 |
| 2780 | 2800 | 2790 | 377,656 | 3,7766 | 2,98 | 29,23 | 10536,61 |
| 2800 | 2820 | 2810 | 343,263 | 3,4326 | 2,71 | 26,25 | 9645,70 |
| 2820 | 2840 | 2830 | 310,576 | 3,1058 | 2,45 | 23,54 | 8789,31 |
| 2840 | 2860 | 2850 | 282,721 | 2,8272 | 2,23 | 21,08 | 8057,55 |
| 2860 | 2880 | 2870 | 239,896 | 2,3990 | 1,89 | 18,85 | 6885,01 |
| 2880 | 2900 | 2890 | 243,591 | 2,4359 | 1,92 | 16,96 | 7039,78 |
| 2900 | 2920 | 2910 | 266,898 | 2,6690 | 2,11 | 15,03 | 7766,75 |
| 2920 | 2940 | 2930 | 211,378 | 2,1138 | 1,67 | 12,93 | 6193,36 |
| 2940 | 2960 | 2950 | 177,459 | 1,7746 | 1,40 | 11,26 | 5235,03 |
| 2960 | 2980 | 2970 | 170,542 | 1,7054 | 1,35 | 9,86 | 5065,10 |
| 2980 | 3000 | 2990 | 158,983 | 1,5898 | 1,26 | 8,51 | 4753,60 |
| 3000 | 3020 | 3010 | 143,540 | 1,4354 | 1,13 | 7,25 | 4320,54 |
| 3020 | 3040 | 3030 | 126,296 | 1,2630 | 1,00 | 6,12 | 3826,77 |
| 3040 | 3060 | 3050 | 119,948 | 1,1995 | 0,95 | 5,12 | 3658,41 |
| 3060 | 3080 | 3070 | 117,200 | 1,1720 | 0,93 | 4,18 | 3598,05 |
| 3080 | 3100 | 3090 | 84,892 | 0,8489 | 0,67 | 3,25 | 2623,17 |
| 3100 | 3120 | 3110 | 65,090 | 0,6509 | 0,51 | 2,58 | 2024,31 |
| 3120 | 3140 | 3130 | 53,816 | 0,5382 | 0,42 | 2,07 | 1684,43 |
| 3140 | 3160 | 3150 | 43,015 | 0,4301 | 0,34 | 1,64 | 1354,96 |
| 3160 | 3180 | 3170 | 35,245 | 0,3525 | 0,28 | 1,30 | 1117,28 |
| 3180 | 3200 | 3190 | 42,257 | 0,4226 | 0,33 | 1,02 | 1347,98 |
| 3200 | 3220 | 3210 | 28,139 | 0,2814 | 0,22 | 0,69 | 903,28 |
| 3220 | 3240 | 3230 | 18,760 | 0,1876 | 0,15 | 0,47 | 605,94 |

| Intervalos entre curvas de nivel (m) | Elevación Promedio e_i (m.s.n.m.) | Área (Has) | Área entre curvas A_i (Km ²) | Área/Área total (%) | Porcentaje acumulado | $A_i * e_i$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| 3240 - 3260 | 3250 | 16,296 | 0,1630 | 0,13 | 0,32 | 529,63 |
| 3260 - 3280 | 3270 | 10,896 | 0,1090 | 0,09 | 0,19 | 356,29 |
| 3280 - 3300 | 3290 | 5,116 | 0,0512 | 0,04 | 0,11 | 168,33 |
| 3300 - 3320 | 3310 | 6,443 | 0,0644 | 0,05 | 0,07 | 213,25 |
| 3320 - 3340 | 3330 | 1,800 | 0,0180 | 0,01 | 0,01 | 59,95 |
| 3340 - 3360 | 3350 | 0,095 | 0,0009 | 0,00 | 0,00 | 3,17 |
| TOTAL | | 12665,03 | 126,65 | 100,00 | 0,00 | 344578,32 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 15.76, se muestra la gráfica de la curva Hipsométrica de la unidad Hidrográfica Tributarios Embalse de Tominé, por la forma que toma la curva tenemos que se trata de una unida Hidrográfica en fase de juventud y que puede tener un gran potencial erosivo.

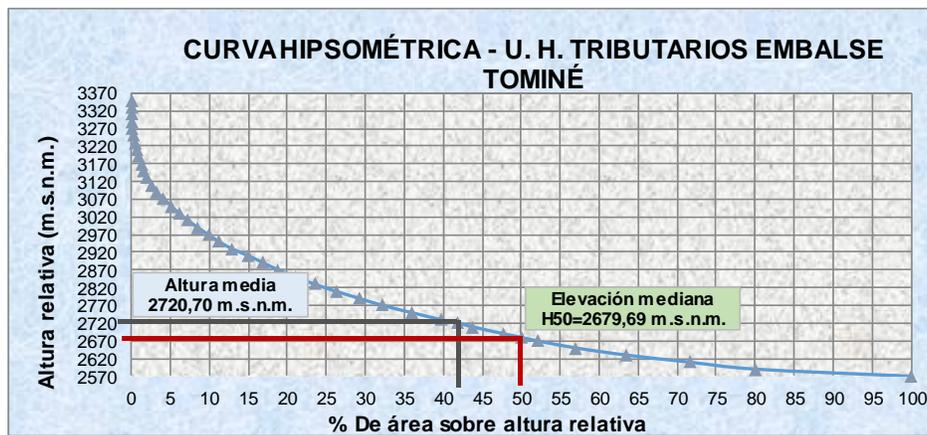


Figura 15.76. Curva hipsométrica e histograma de frecuencias U. H. Tributarios Embalse Tominé.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

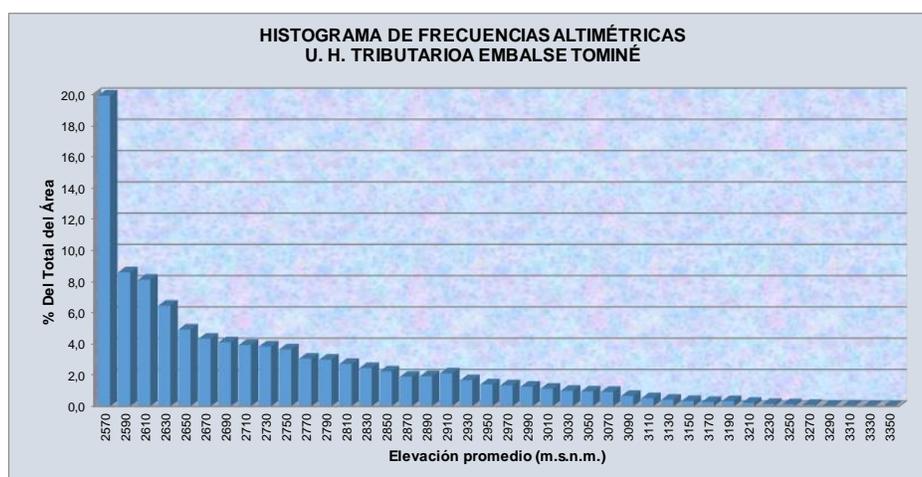


Figura 15.77. Histograma de frecuencia de alturas U. H. Tributarios Embalse Tominé.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

En la Figura 15.77, se muestra el histograma de frecuencia de Alturas de la Unidad Hidrográfica, como se mencionó anteriormente, la mayor parte del área, 19,87%, se localiza en las zonas bajas, 2570 m.s.n.m., el 8,57% del total del área sobre los 2590 m.s.n.m., a partir de allí los % de área disminuyen hasta los 3350 m.s.n.m., en donde apenas tenemos el 0,001% del área.

En la Figura 15.78, está la representación gráfica de la relación área – elevación o curva hipsométrica de la unidad Hidrográfica Tributarios Embalse Tominé, y el histograma de frecuencia de alturas en donde se puede ver la forma en que varía el área entre la cota más baja y la cota más alta al interior de la cuenca.

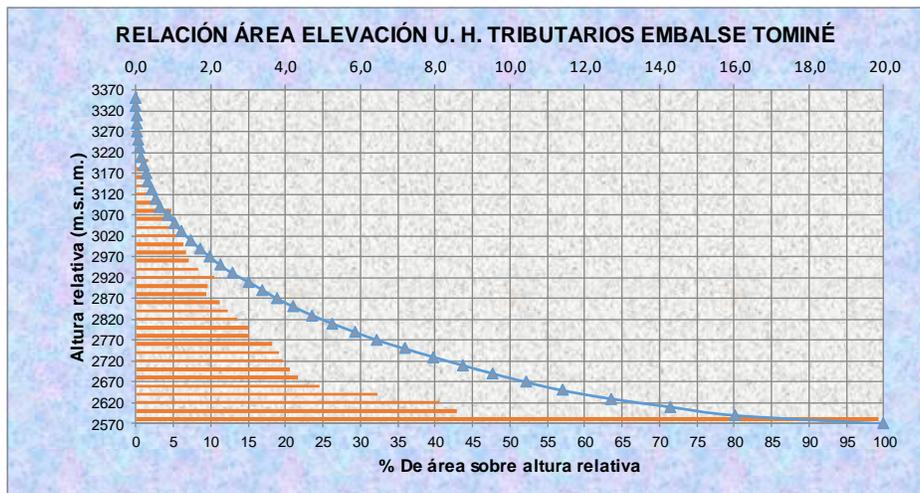


Figura 15.78. Relación área – elevación U. H. Tributarios Embalse Tominé.

 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.2 Curvas de Duración de Caudales e Índice de Retención Y Regulación Hídrica (IRH)

Las curvas de duración de caudales se convierten en un instrumento valioso en términos de oferta hídrica, ya que su relación entre caudales medios y la frecuencia de ocurrencia del evento en porcentaje del total, nos indica el número de días del año, o periodos en términos de porcentaje del tiempo en que un determinado caudal es excedido en magnitud.

Finalmente permite conocer el caudal medio para abastecer o ser usado, o de lo contrario no podrá satisfacer la demanda de agua.

Una vez conocidas las curvas de duración de caudales, es importante evaluar los demás factores que influyen en el régimen hidrológico, además de los factores meteorológicos, como es la interacción con la cobertura de la superficie terrestre y, en gran medida, por los procesos del agua en el suelo; estos últimos, con particular influencia en la capacidad de almacenamiento y de regulación hídrica, tal como se expresa en el ENA 2010.

Por ello es importante conocer en la oferta hídrica mediante el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) el cual evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca. Ese indicador permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto.

Tomando como base el ENA 2010, se procedió a calcular el índice (IRH) se calculó con base en la curva de duración de caudales medios diarios o mensuales, según la disponibilidad de datos tal como se explica en el Capítulo 6 Análisis Hidrológico. Esta curva de frecuencias permite reconocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos de caudales medios y firmes, e interpretar, en forma general, las características del régimen hidrológico de un río, y el comportamiento de la retención y la regulación de humedad en la cuenca.

De acuerdo con la metodología presentada antes, la obtención de este indicador se basó fundamentalmente en la curva de duración de caudales medios mensuales generados al no existir estaciones en el área de estudio. Su estimación resulta de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios.

La expresión matemática de cálculo es la siguiente:

$$IRH = VP / Vt$$

Donde

IRH: Índice de retención y regulación hídrica

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio

Vt: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios

Tabla 15.64 Calificación de los rangos de valores del IRH.

| Rango de valores del Indicador | Calificación | Descripción |
|--------------------------------|--------------|---|
| >0.85 | MUY ALTA | Muy alta retención y regulación de humedad |
| 0.75 – 0.85 | ALTA | Alta retención y regulación de humedad |
| 0.65 – 0.75 | MODERADA | Media retención y regulación de humedad media |
| 0.50 – 0.65 | BAJA | Baja retención y regulación de humedad |
| <0.50 | MUY BAJA | Muy baja retención y regulación de e humedad |

Fuente ENA 2010. –IDEAM.

Los valores obtenidos con la estimación del IRH se agrupan en rangos para facilitar las comparaciones entre áreas y subzonas hidrográficas. A cada rango se le asigna una calificación cualitativa, que corresponde a la descripción ilustrada la cual fue tomada del ENA 2010 y aparece en la Tabla 15.64.

Tal como se explicó en el Capítulo 6. Análisis Hidrológico, se generaron series de caudales medios mensuales, sobre puntos que corresponden a la salida del área de cada Unidad Hidrológica, tanto para la cuenca del río Teusacá, como para la cuenca del embalse de Tominé, lo que permite conocer la disponibilidad mediante curvas de duración de caudales en dichos puntos, junto con el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH, se obtuvo a la salida de cada Unidad hidrológica, como se mencionó anteriormente.

15.2.1 Río Teusacá

A continuación, se presentan las Curvas de Duración de Caudales en cada una de las estaciones hidrológicas sobre la cuenca del río Teusacá, con el fin de conocer la disponibilidad hídrica en dichos puntos de monitoreo continuo, cuyos resultados podrán ser utilizados por la Autoridad Ambiental, como medio de control y seguimiento para diferentes usuarios.

Al respecto, siguiendo la Resolución 865 del año 2004, el caudal ambiental puede adoptarse como el valor máximo de caudal ecológico obtenido mediante la aplicación del método de Mínimo histórico a partir de curvas de duración de caudales medios, siendo el caudal mínimo ecológico el caudal promedio multianual que permanece el 97.5% del tiempo.

Este valor se contrastó con los valores de caudal aforados en las dos campañas de monitoreo realizadas en los periodos noviembre-diciembre de 2015 y marzo-abril de 2016, junto con el histograma del mes más seco durante los años de periodo de registro.

Al respecto, se debe tener en cuenta que a finales del año 2015 se inició el Fenómeno del Niño que culminó a mediados del mes de mayo de 2016, lo que permitió registrar caudales muy críticos, que invitan a planificar sobre caudales mínimos, lo deseado en la cuenca del río Teusacá.

- Río Teusacá – Puente Francis

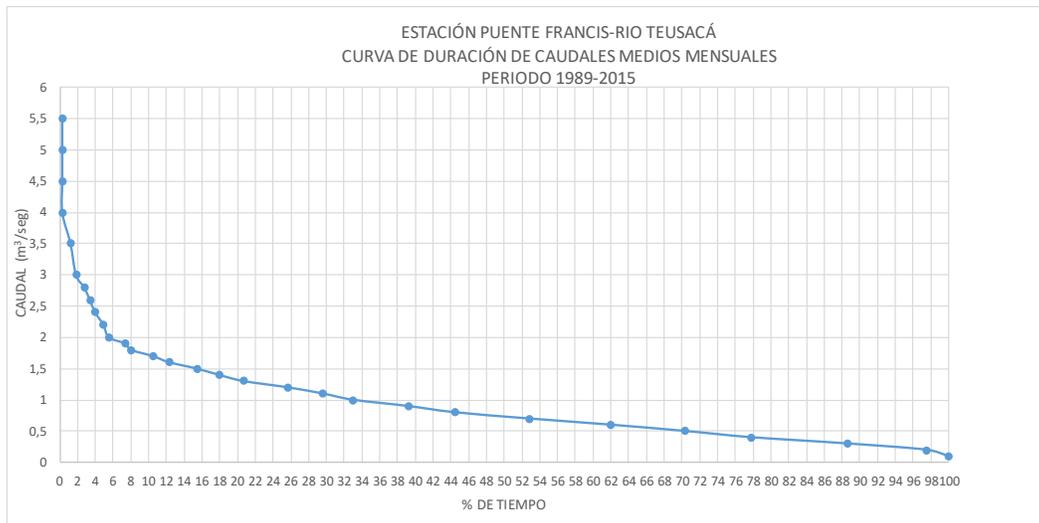


Figura 15.79. Curva de duración de caudales río Teusacá – Puente Francis.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- El caudal mínimo ecológico en la estación Puente Francis es de 0.2 m³/s.
- Caudal aforado primera campaña (noviembre 2015) es de 0.749 m³/s.
- Caudal aforado segunda campaña (marzo 2016) es de 0.344 m³/s.

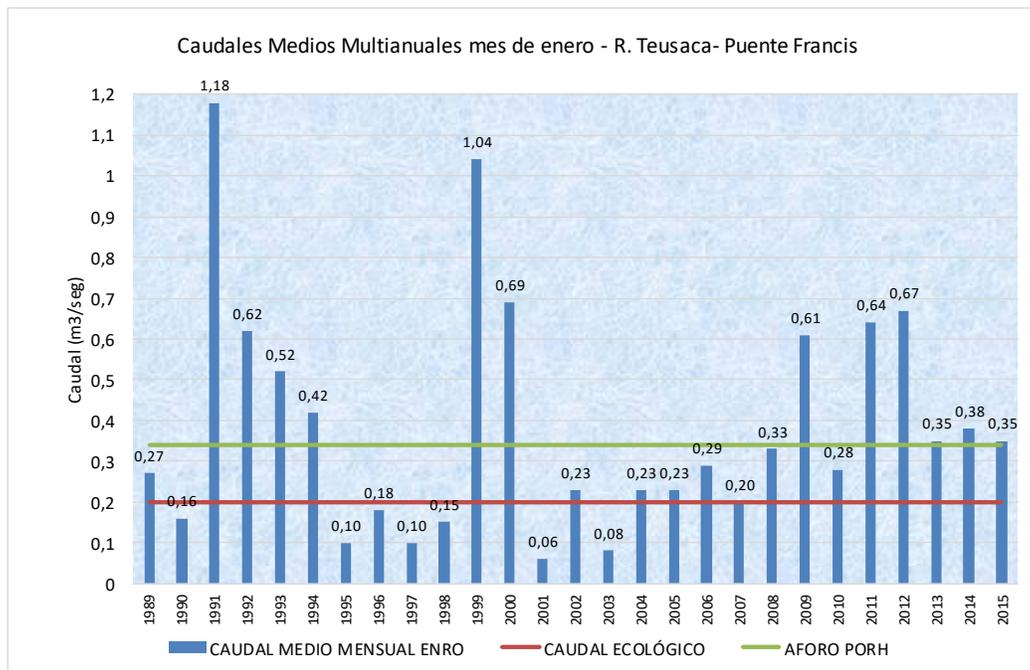


Figura 15.80. Histograma caudal río Teusacá – Puente Francis.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Río Teusacá – La Cabaña

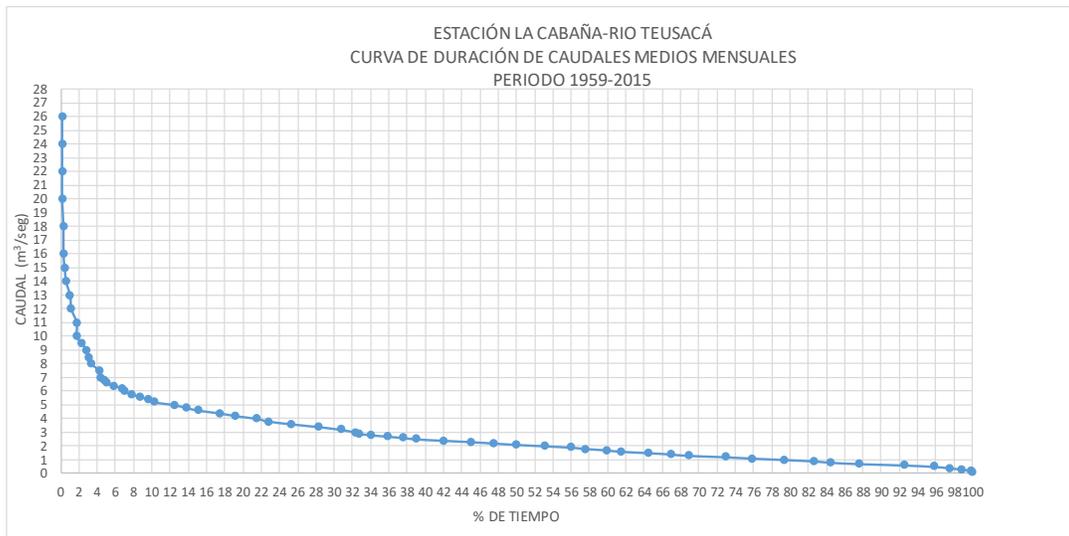


Figura 15.81. Curva de duración de caudales río Teusacá – La Cabaña.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- El caudal mínimo ecológico en la estación La Cabaña es de 0.4 m³/s.
- Caudal aforado primera campaña (noviembre 2015) es de 0.410 m³/s.
- Caudal aforado segunda campaña (marzo 2016) es de 0.377 m³/s.

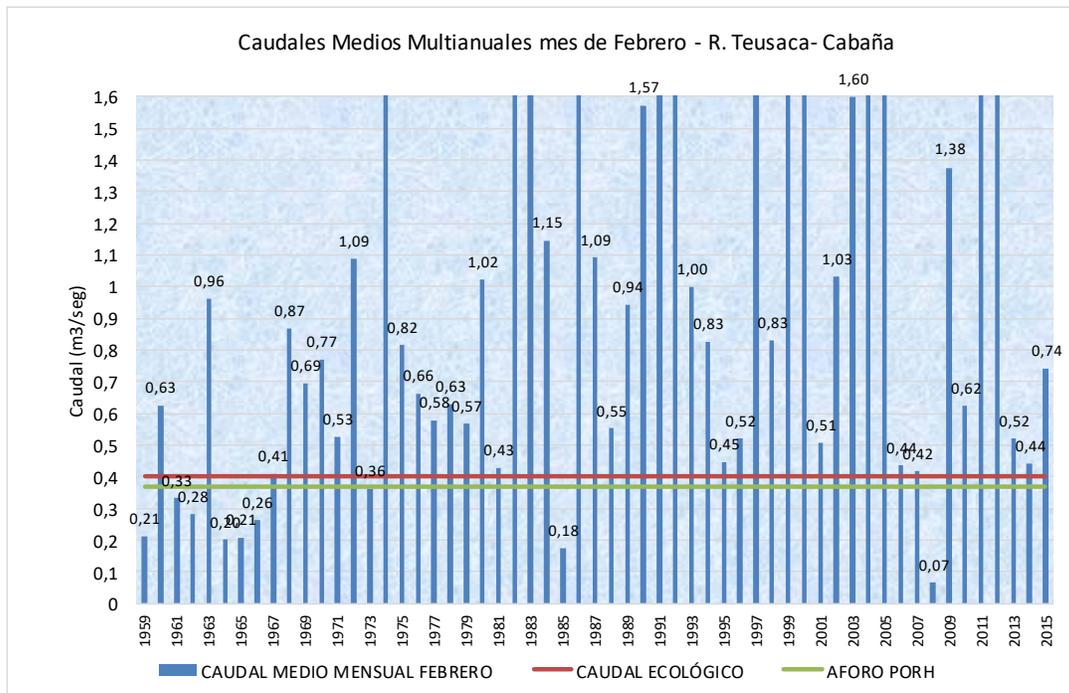


Figura 15.82. Histograma caudal río Teusacá – La Cabaña.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Río Teusacá – El Vergel

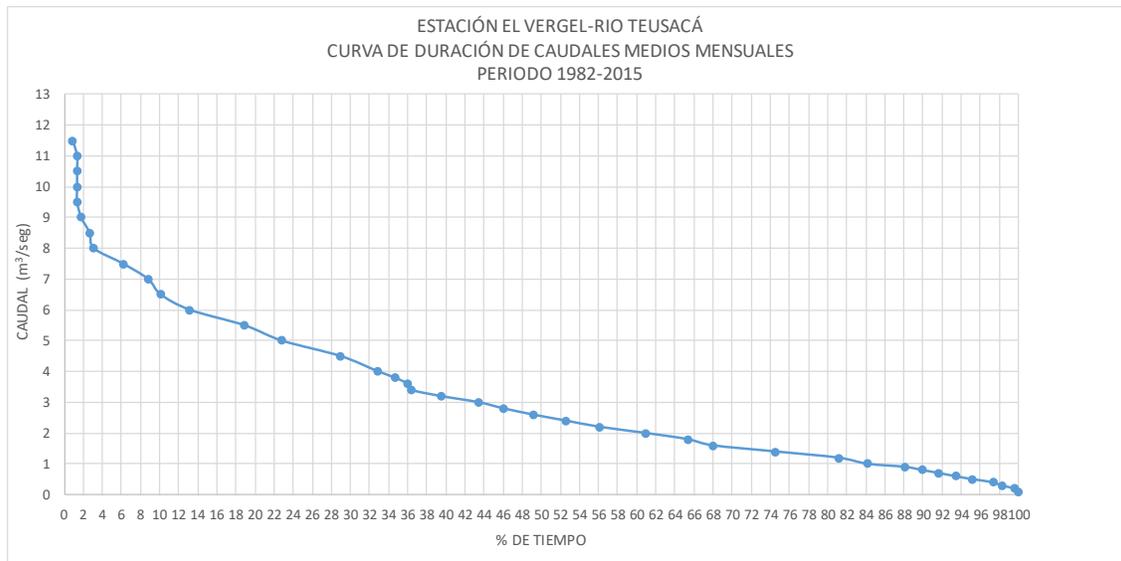


Figura 15.83. Curva de duración de caudales río Teusacá – El Vergel.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- El caudal mínimo ecológico en la estación El Vergel es de 0.460 m³/s.
- Caudal aforado primera campaña (noviembre 2015) es de 0.321 m³/s.
- Caudal aforado segunda campaña (marzo 2016) es de 0.305 m³/s.

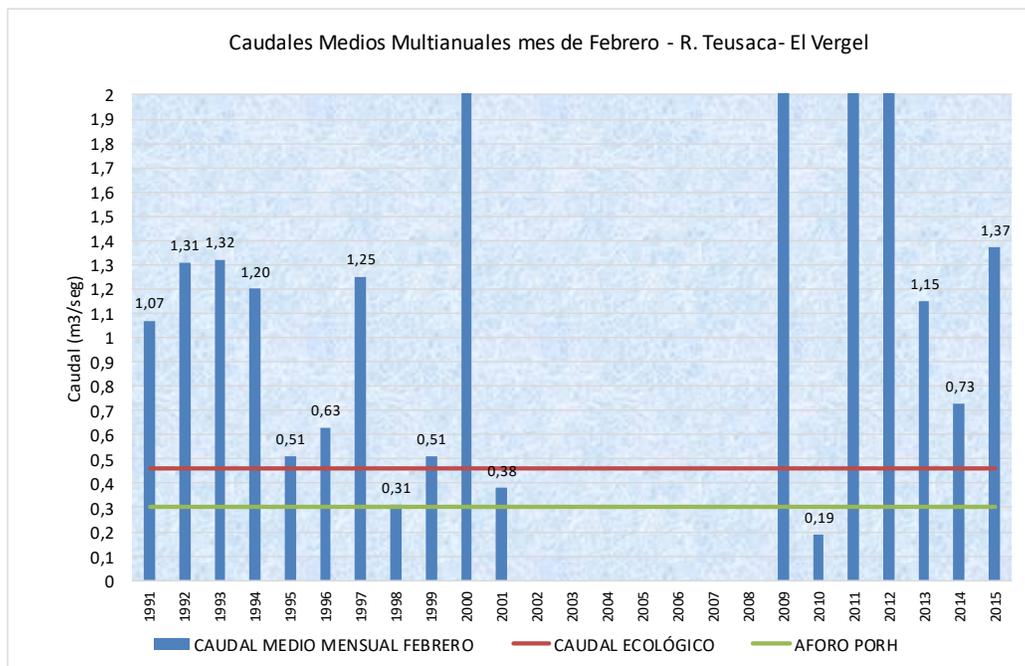


Figura 15.84. Histograma caudal río Teusacá – El Vergel.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Río Teusacá – Puente Adobes

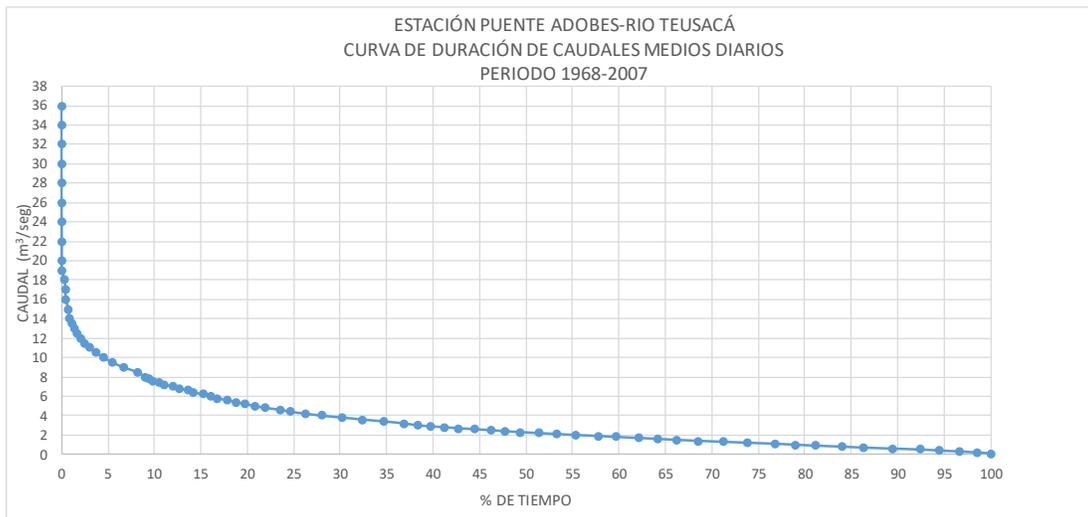


Figura 15.85. Curva de duración de caudales río Teusacá – Puente Adobes.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- El caudal mínimo ecológico en la estación Puente Adobes es de 0.43 m³/s.
- Caudal aforado primera campaña (noviembre 2015) es de 0.272 m³/s.
- Caudal aforado segunda campaña (marzo 2016) es de 0.329 m³/s.

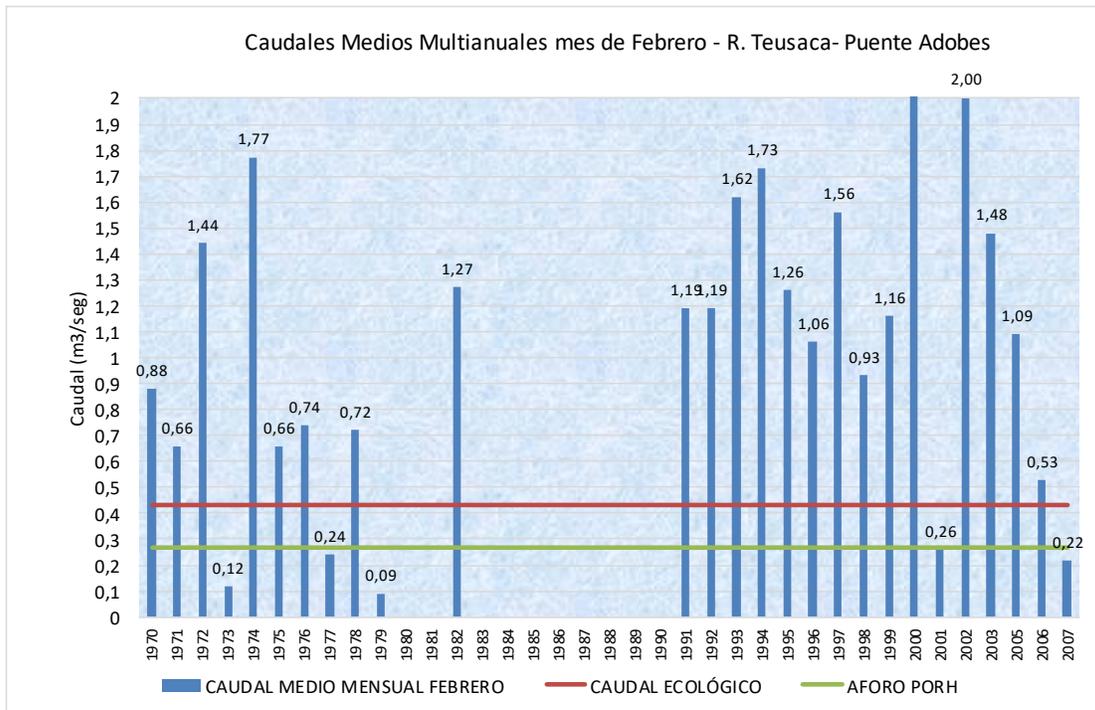


Figura 15.86. Histograma caudal río Teusacá – Puente Adobes.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Como podemos observar en las figuras anteriores, en las estaciones ubicadas aguas arriba del embalse de San Rafael, Puente Francis y la Cabaña, el aforo correspondiente al segundo monitoreo realizado en el mes de marzo de 2016 fue el más crítico, cuyos resultados nos indican que no se cumplió con el caudal ecológico definido, ya que el Fenómeno del Niño tuvo sus consecuencias más graves durante el primer semestre del presente año.

Con respecto a las estaciones El Vergel y Puente Adobes, localizadas aguas abajo del embalse, que se deberían ver beneficiadas por la descarga mínima del embalse de San Rafael (0.220 m³/s), se puede concluir que para veranos críticos y con presencia del Fenómeno del Niño, es necesario contar con una descarga mayor, ya que, durante las dos campañas, tanto la realizada en el año 2015, como lo aforado en el año 2016, estuvieron muy por debajo del caudal ecológico determinado, es decir, no se alcanzó el 60% del valor mencionado.

Con el fin de realizar una evaluación mucho más detallada al respecto, se procedió a verificar la fecha exacta de la primera campaña, la cual fue realizada el jueves 26 de noviembre de 2015, con respecto a la descarga de San Rafael reportada por la EAB para la misma fecha, que corresponde a 0.22 m³/s, lo que comprueba, que dicho caudal mínimo de descarga es insuficiente para periodos secos, lo que no permite mantener el caudal ecológico obtenido en el río Teusacá durante todo el año.

Vale la pena mencionar lo definido en el ENA de 2014, donde se hace referencia que la escorrentía superficial es una expresión material de la oferta hídrica total, pero, para fines de uso del recurso hídrico es importante definir que solo una parte de esa escorrentía o caudal puede ser usada y por ello se define la “oferta hídrica disponible”. Esta oferta disponible es el resultado de considerar una parte de la oferta hídrica total para mantener y conservar los ecosistemas fluviales y las necesidades de los usuarios aguas abajo (**caudal ambiental**) y se transcribe la definición del Caudal ambiental de acuerdo con el Decreto 3930 de 2010, como: “*Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas*” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Evaluadas las estaciones hidrológicas anteriores, se procede a presentar la Curva de Duración de Caudales para cada Unidad Hidrográfica, obtenida a partir de series medias diarias o mensuales generadas mediante correlaciones con las estaciones hidrológicas existentes sobre el río Teusacá.

Adicionalmente, se procedió a calcular el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), mediante el cálculo de las áreas bajo la curva VP correspondiente al área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y V_t , el área total bajo la curva de duración de caudales.

Para este procedimiento se calculó el área VP configurada por un rectángulo y el área Vt definida mediante la solución de una integral, para lo cual se obtuvo la ecuación con mayor correlación.

El procedimiento completo será mostrado para la Unidad Hidrológica de Alto Teusacá, con el fin de ilustrar, y para las demás Unidades Hidrológicas, se presentará la Curva de Duración de Caudales y el valor del IRH obtenido, culminando con el Plano de la espacialización del IRH para la cuenca del río Teusacá, sobrepuesto sobre las Unidades Hidrográficas.

- UH Río Alto Teusacá (21201306)

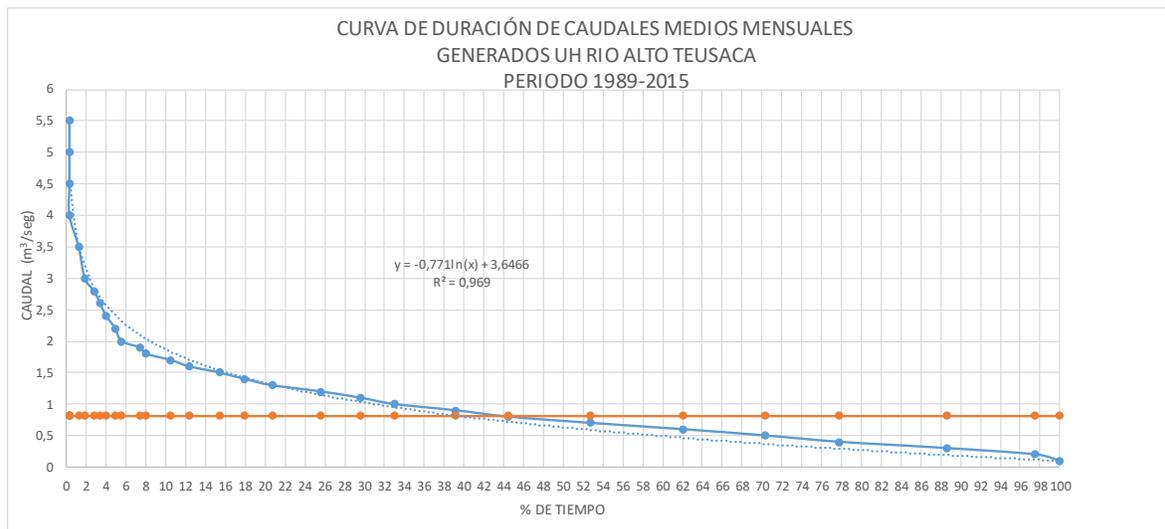


Figura 15.87. Curva de duración de caudales UH Río Alto Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Con respecto al IRH, de manera ilustrativa se muestra y explica la forma de cálculo para la Unidad Hidrográfica del río Alto Teusacá, índice hallado a partir de la curva de duración de caudales, donde se generaron ecuaciones ajustadas que permiten definir los límites de las integrales para hallar las áreas bajo la curva y el área del rectángulo firmado (línea naranja), cuyo resultado del cociente de la VP (71,04134239) y el Vt (100,2793433) cuyo cociente arroja un resultado de IRH 0.708 correspondiente a una Moderada o media regulación y retención de humedad.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | Limites | Areas |
|-------------------|-------------------|------------|
| VT | 98,5754986 | 103,99319 |
| 100,279343 | 0,85470085 | 3,7138492 |
| Vp | 98,5754986 | 103,99319 |
| Curva | 29,9660803 | 47,3661311 |
| Rect | 41,0752621 | |
| VpT | 71,0413424 | |

IRH **0,708**

- UH Quebrada San Lorenzo (21201307)

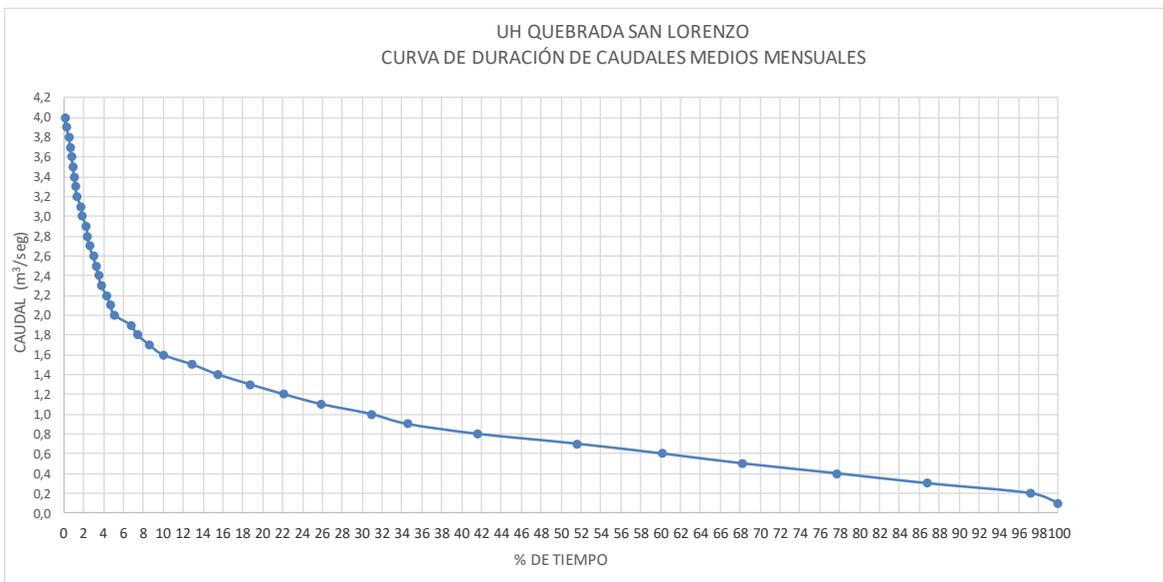


Figura 15.88. Curva de duración de caudales UH San Lorenzo.

 Fuente: Unión Temporal Corpoquavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|--------------------|
| VT | 81,09866648 |
| Vp | |
| Curva | 23,83077009 |
| Rect | 31,21357588 |
| VpT | 55,04434596 |

IRH **0,679**

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad.



- UH Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras (21201305)

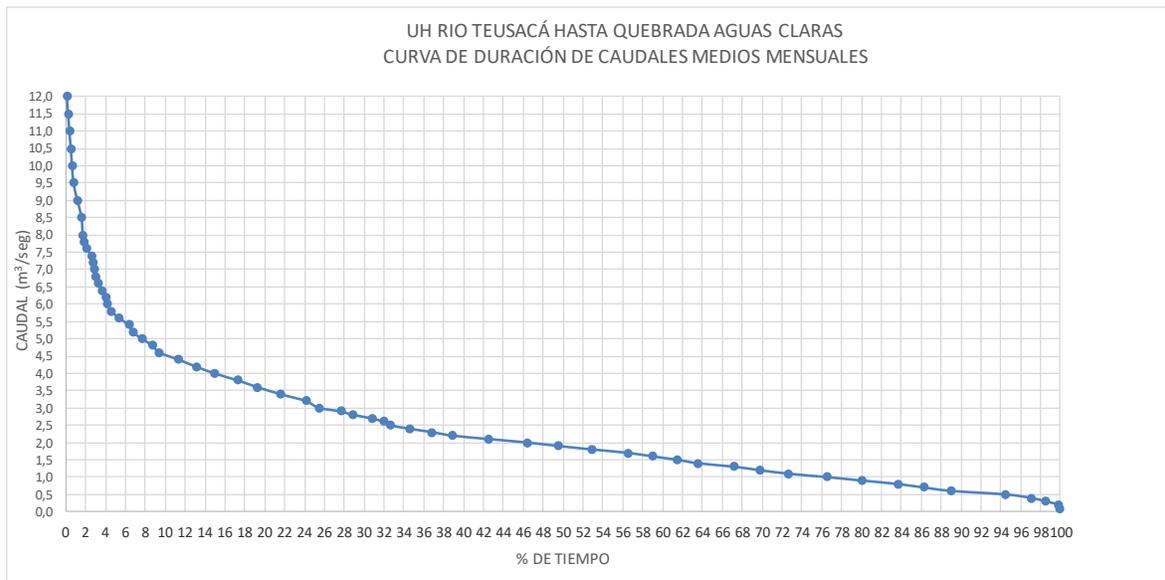


Figura 15.89. Curva de duración de caudales UH Río Teusacá hasta quebrada Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | | |
|-------|----|-------------------|
| | VT | 225,377691 |
| | Vp | |
| Curva | | 73,5842021 |
| Rect | | 85,6485106 |
| VpT | | 159,232713 |
| IRH | | 0,707 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad.

- UH Quebrada Aguas Claras (21201304)

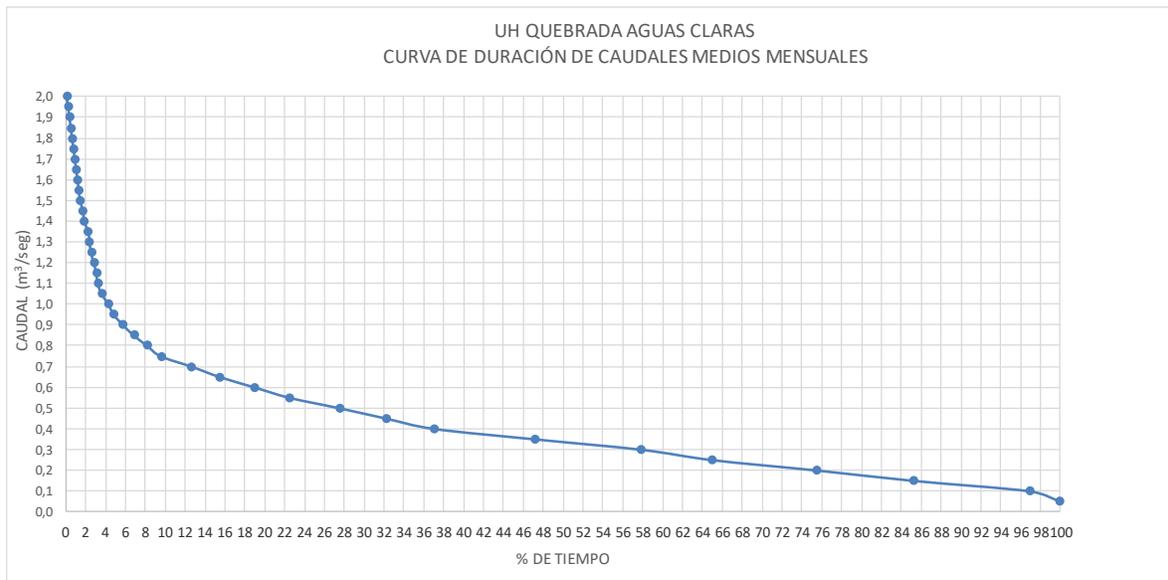


Figura 15.90. Curva de duración de caudales UH Aguas Claras.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | | |
|------------|----|-------------------|
| | VT | |
| | | 37,114193 |
| | Vp | |
| Curva | | 10,6538633 |
| Rect | | 13,9854484 |
| VpT | | 24,6393116 |
| IRH | | 0,664 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad.

- UH Río Medio Teusacá (21201303)

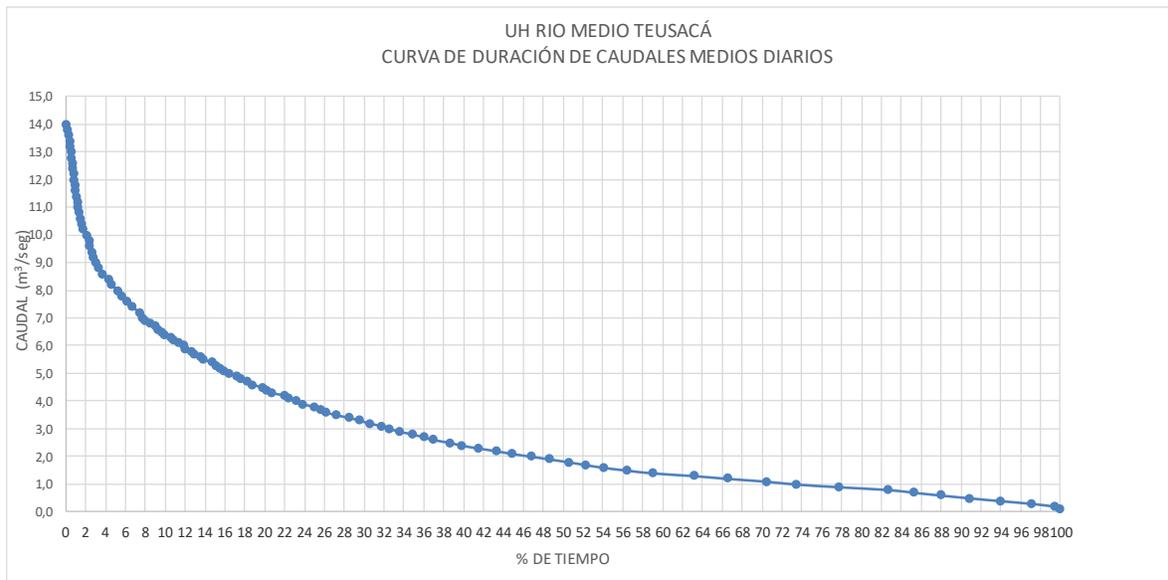


Figura 15.91. Curva de duración de caudales UH Medio Teusacá.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|-------------------|
| | VT |
| | 274,162414 |
| | Vp |
| Curva | 79,7771994 |
| Rect | 104,806137 |
| VpT | 184,583336 |
| IRH | 0,673 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad media.

- UH Quebrada El Asilo (21201308)

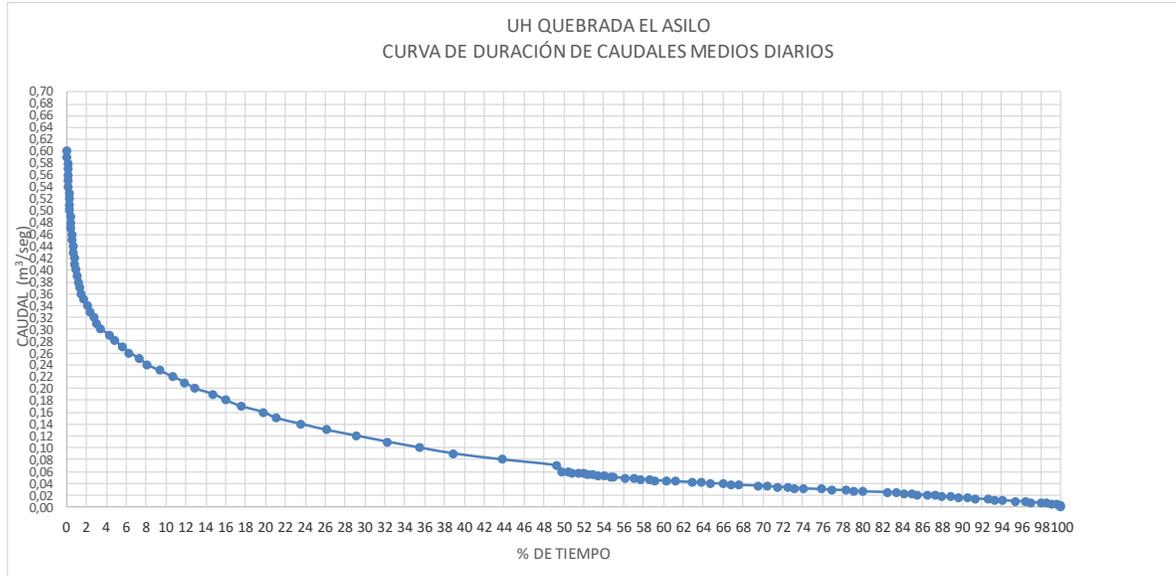


Figura 15.92. Curva de duración de caudales UH Quebrada El Asilo.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|------------|-------------------|
| | VT |
| | 9,29557918 |
| | Vp |
| Curva | 2,61159489 |
| Rect | 3,46571214 |
| VpT | 6,07730703 |
| IRH | 0,654 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad media.

- UH Quebrada Laureles (21201302)



Figura 15.93. Curva de duración de caudales UH Quebrada Laureles.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|-------------------|
| | VT |
| | 7,72267565 |
| | Vp |
| Curva | 2,18532701 |
| Rect | 2,86738385 |
| VpT | 5,05271086 |
| IRH | 0,654 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad media.



- UH Quebrada El Chuscal (21201302)



Figura 15.94. Curva de duración de caudales UH Quebrada El Chuscal.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|------------|-------------------|
| | VT |
| | 24,9500596 |
| | Vp |
| Curva | 6,8909164 |
| Rect | 9,6397143 |
| VpT | 16,5306307 |
| IRH | 0,663 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad media.

- UH Río Bajo Teusacá (21201301)

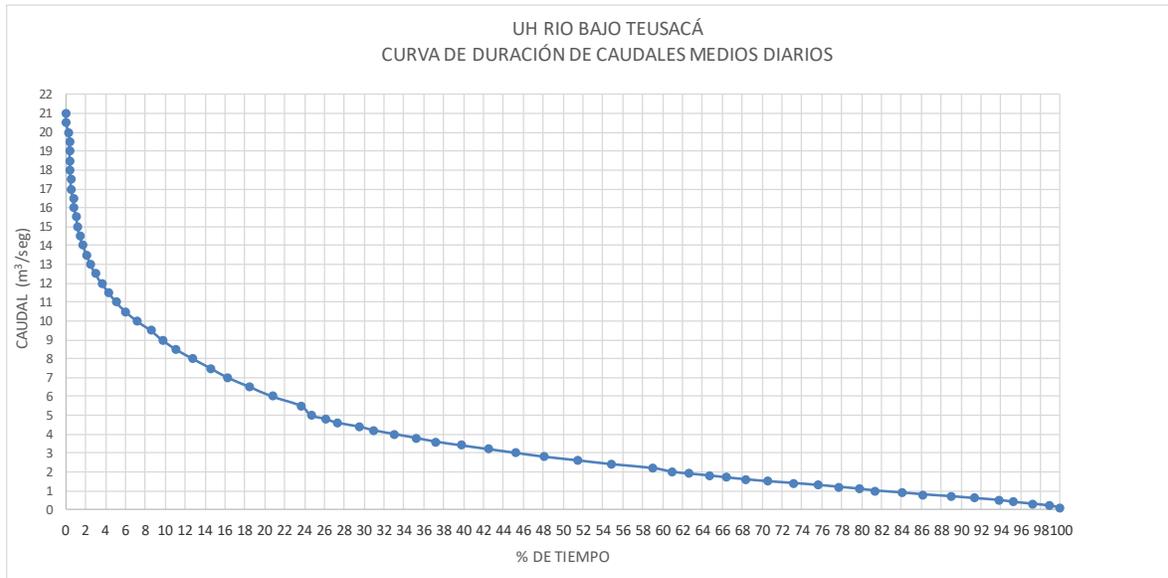


Figura 15.95. Curva de duración de caudales UH Bajo Teusacá.

 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|------------|-------------------|
| | VT |
| | 371,827275 |
| | Vp |
| Curva | 106,319491 |
| Rect | 140,426921 |
| VpT | 246,746412 |
| IRH | 0,664 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad media.

En la Figura 15.96, se presenta la distribución del IRH para cada Unidad Hidrográfica de la cuenca del río Teusacá, vale la pena mencionar que las tienen un comportamiento similar que va entre un rango de 0,65 y 0,75, lo que arroja para la cuenca del río Teusacá un IRH MODERADO. Con respecto a la UH del Embalse de San Rafael, a no contar con un Curva de duración de caudales definida, no fue posible obtener IRH.

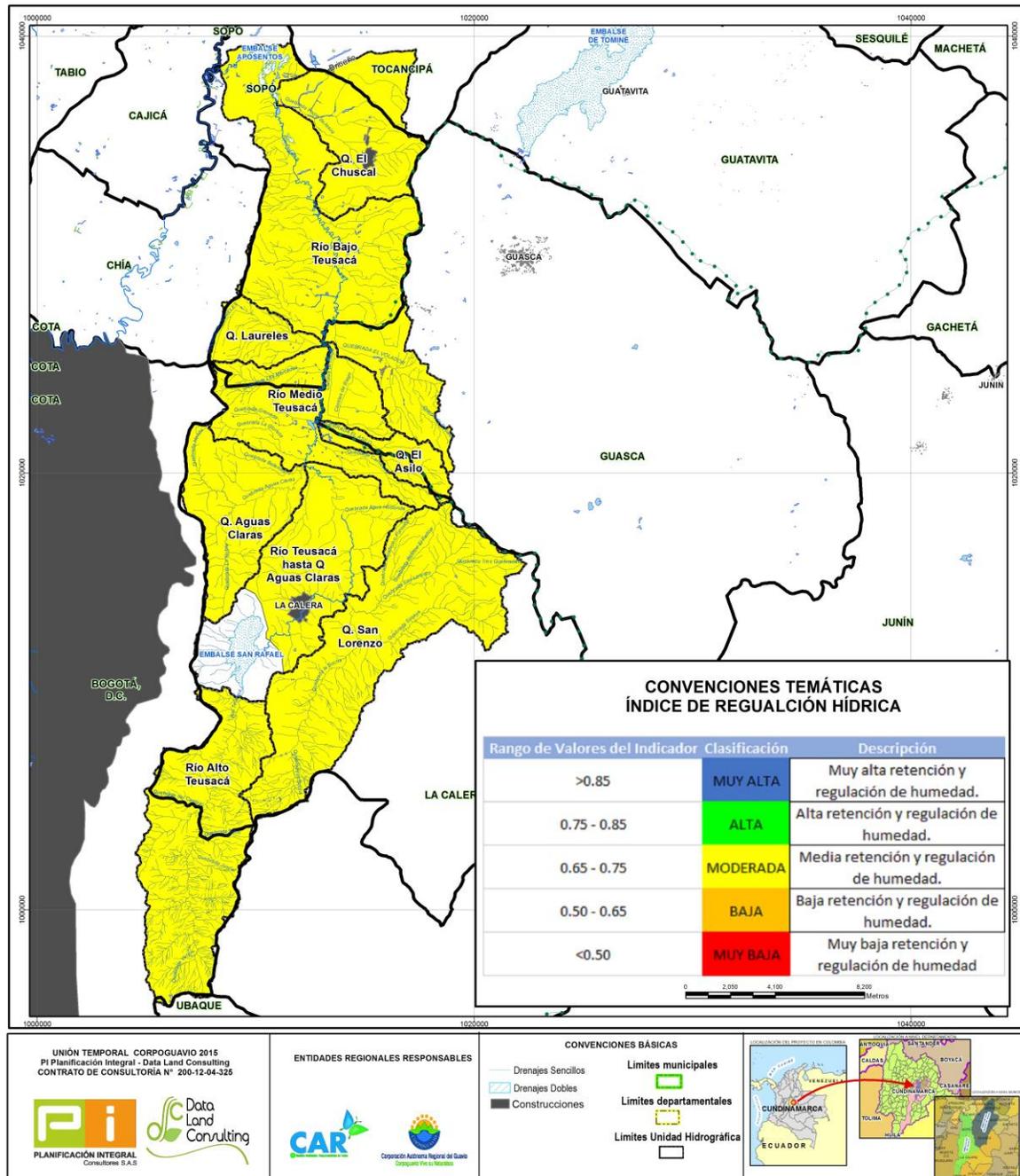


Figura 15.96. IRH Río Teusacá.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.2.2 Embalse de Tominé

A continuación, se presentan las Curvas de Duración de Caudales en cada una de las estaciones hidrológicas sobre la cuenca del embalse de Tominé, con el fin de conocer la disponibilidad hídrica en dichos puntos de monitoreo continuo, cuyos resultados podrán ser utilizados por la Autoridad Ambiental, como medio de control y seguimiento a diferentes usuarios.

Al respecto, siguiendo la Resolución 865 del año 2004, como primera aproximación al caudal ambiental puede adoptarse el valor máximo de caudal ecológico obtenido mediante la aplicación del método de Mínimo histórico a partir de curvas de duración de caudales medios, siendo el caudal mínimo ecológico el caudal promedio multianual que permanece el 97.5% del tiempo.

- Río Chipatá – Santo Domingo

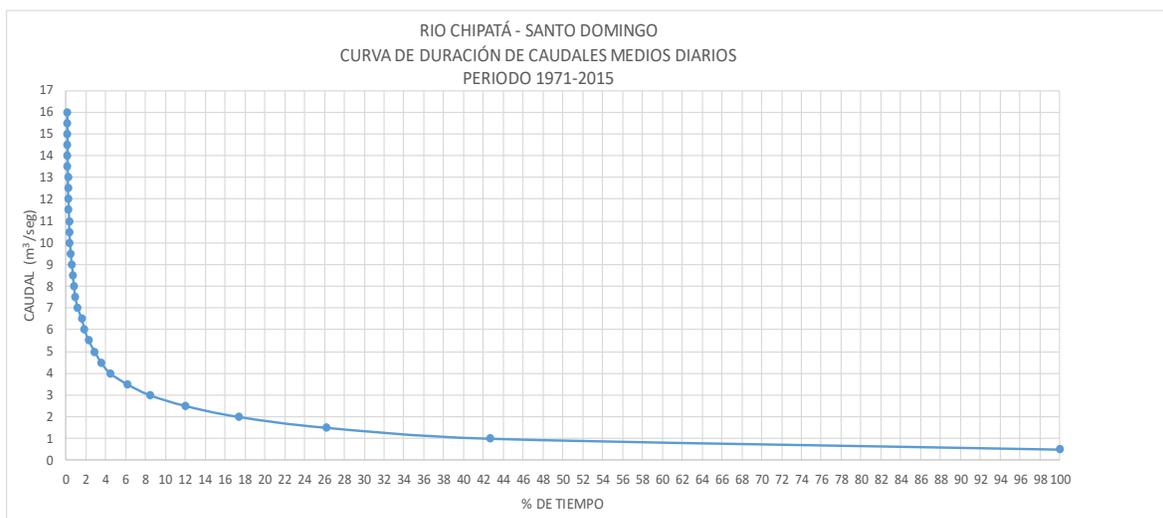


Figura 15.97. Curva de duración de caudales río Chipatá – Santo Domingo.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- El caudal mínimo ecológico en la estación Santo Domingo es de 0.57 m³/s.
- Caudal aforado primera campaña (noviembre 2015) es de 0.686 m³/s.
- Caudal aforado segunda campaña (marzo 2016) es de 0.016 m³/s.

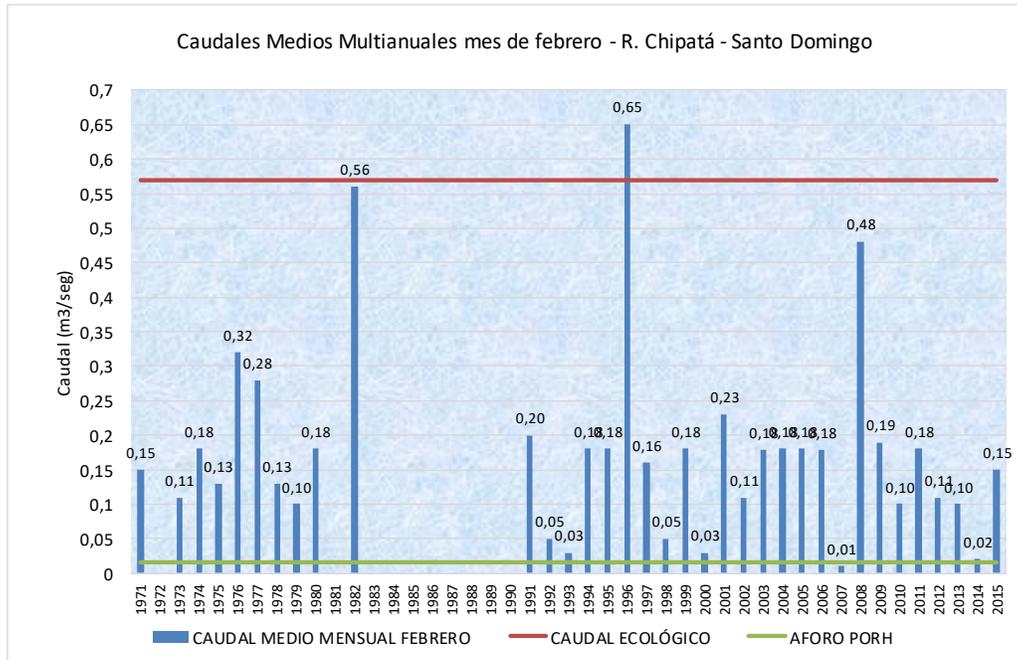


Figura 15.98. Histograma río Chipatá – Santo Domingo.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- Río Siecha – San Isidro

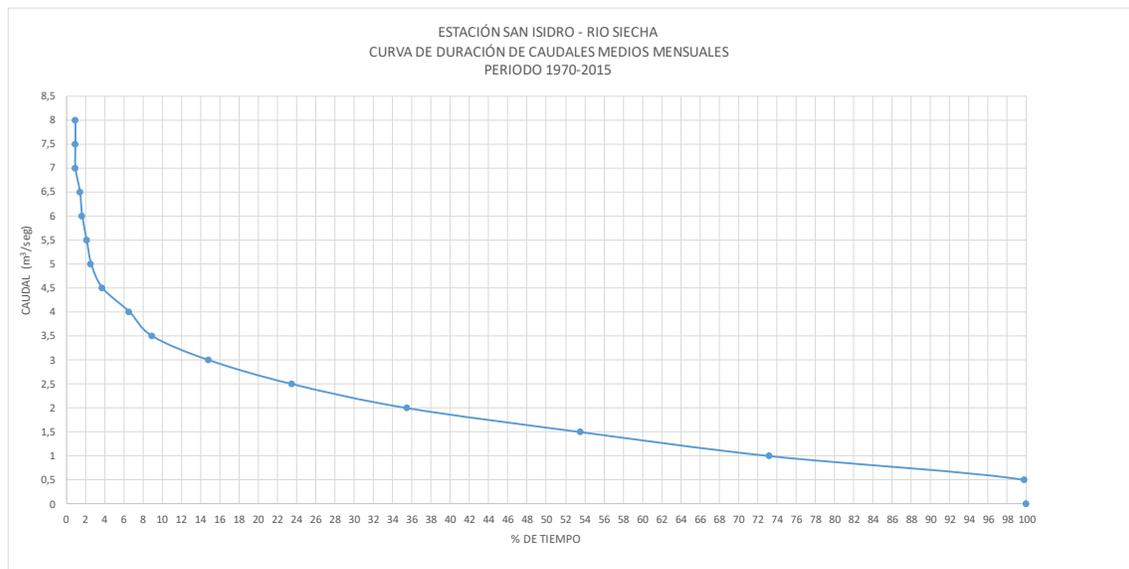


Figura 15.99. Curva de duración de caudales río Siecha – San Isidro.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- El caudal mínimo ecológico en la estación San Isidro es de 0.610 m³/s.
- Caudal aforado primera campaña (noviembre 2015) es de 0.162 m³/s.
- Caudal aforado segunda campaña (marzo 2016) es de 0.015 m³/s.

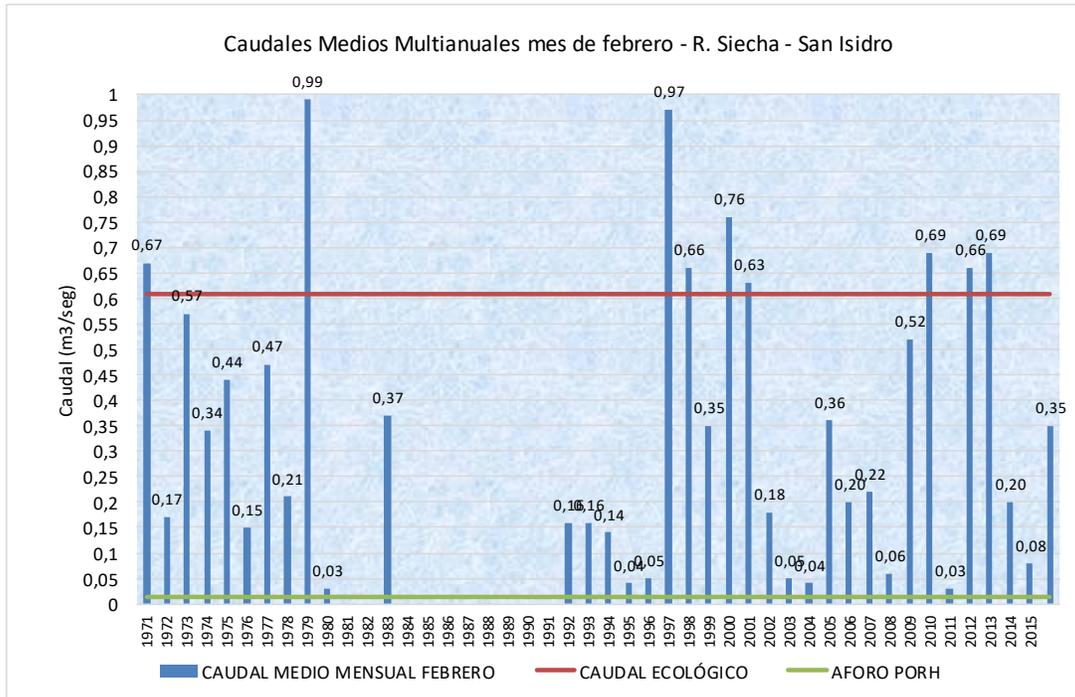


Figura 15.100. Histograma de caudales río Siecha – San Isidro.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

• Río Aves – La Vega

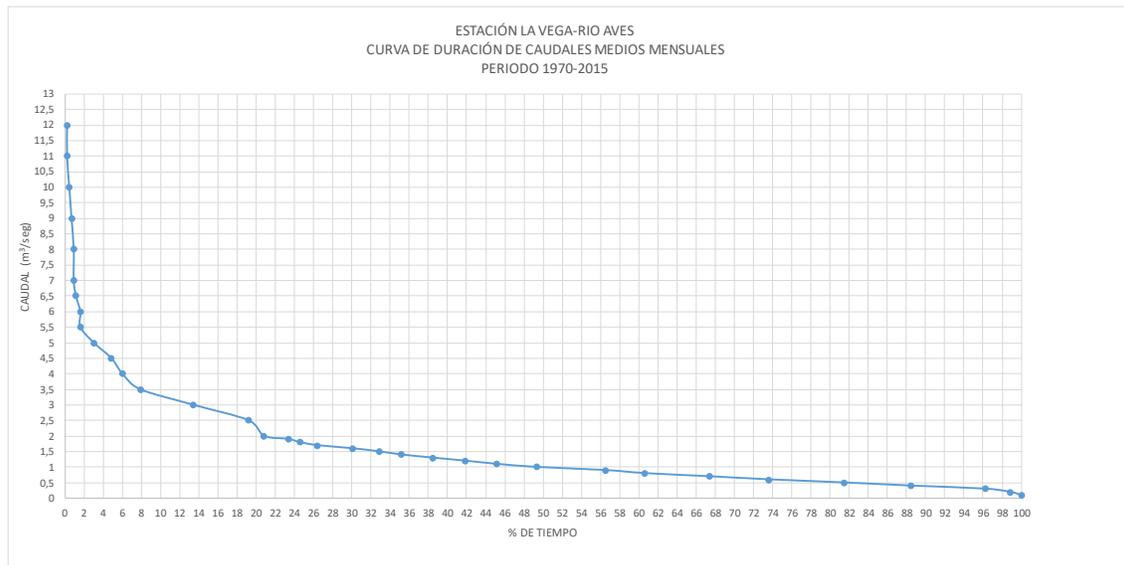


Figura 15.101. Curva de duración de caudales río Aves – La Vega.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

- El caudal mínimo ecológico en la estación La Vega es de 0.500 m³/s.

- Caudal aforado primera campaña (noviembre 2015) es de 0.658 m³/s.
- Caudal aforado segunda campaña (marzo 2016) es de 0.128 m³/s.

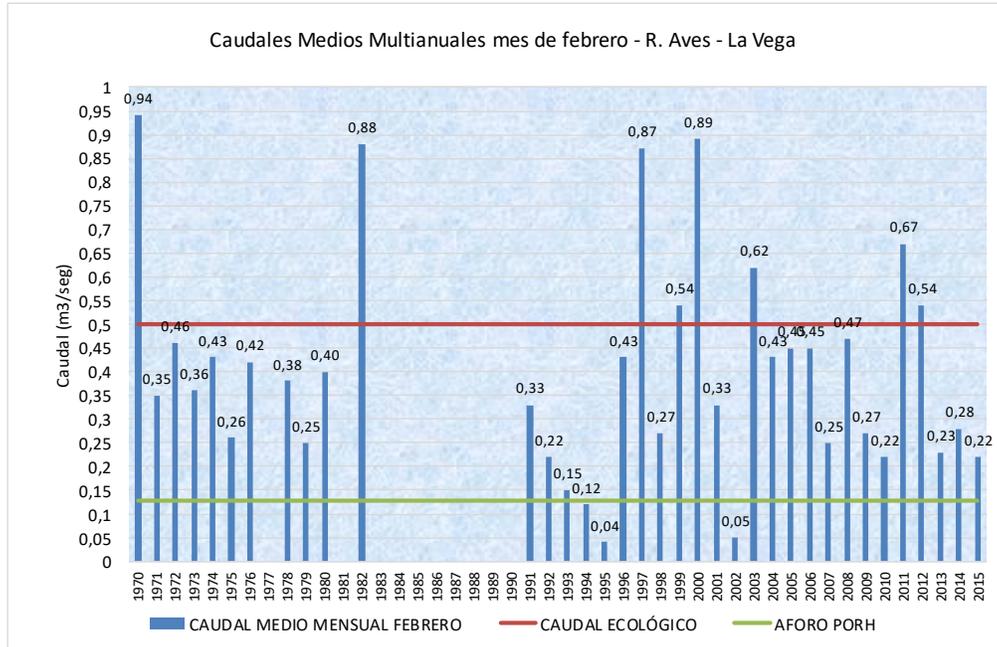


Figura 15.102. Histograma de caudales río Aves – La Vega.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Evaluadas las estaciones hidrológicas anteriores, se procede a presentar la Curva de Duración de Caudales para cada Unidad Hidrográfica, obtenida a partir de series medias diarias generadas en su mayoría, mediante correlaciones con las estaciones hidrológicas existentes en la cuenca del embalse de Tominé.

Adicionalmente, se procedió a calcular el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), mediante el cálculo de las áreas bajo la curva VP correspondiente al área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y Vt, el área total bajo la curva de duración de caudales.

Para este procedimiento se calculó el área VP configurada por un rectángulo y el área Vt definida mediante la solución de una integral, para lo cual se obtuvo la ecuación con mayor correlación, lo que permitió obtener el valor del IRH, espacializado en un Plano de del IRH para la cuenca del embalse, sobrepuesto sobre las Unidades Hidrográficas.

- UH Río Chiguanos (21201703)

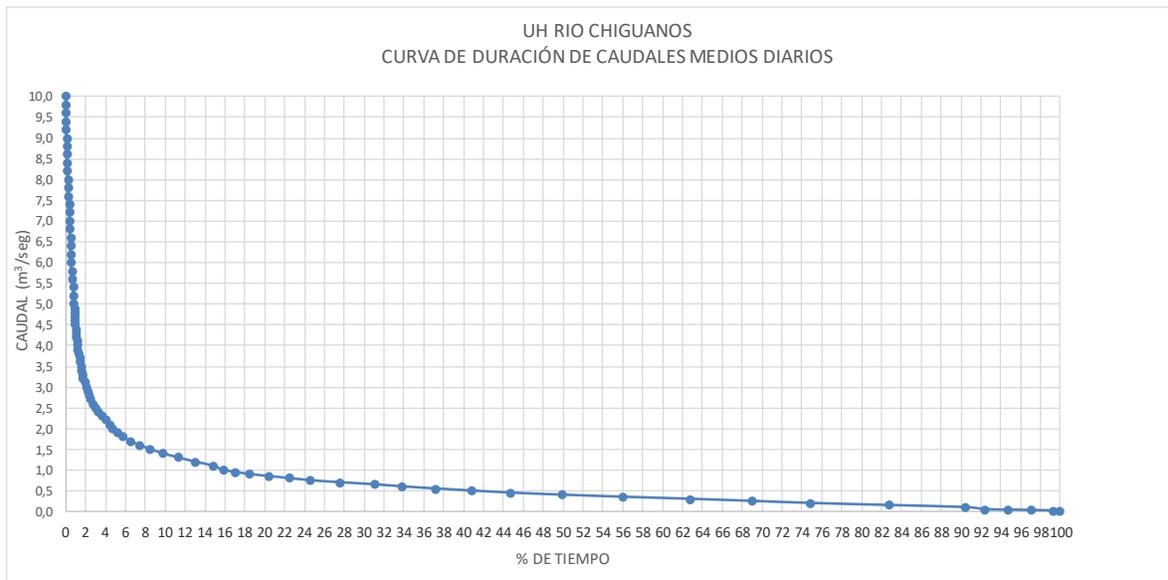


Figura 15.103. Curva de duración de caudales UH Río Chiguanos.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|------------|-------------------|
| | VT |
| | 182,604476 |
| | Vp |
| Curva | 133,640062 |
| Rect | 20,4077927 |
| VpT | 154,047855 |
| IRH | 0,730 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad.



- UH Río Alto Siecha (21201704)



Figura 15.104. Curva de duración de caudales UH Río Alto Siecha.

Fuente: Unión Temporal Corpoguvio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|------------|-------------------|
| | VT |
| | 27,9984528 |
| | Vp |
| Curva | 14,3283042 |
| Rect | 15,2255726 |
| VpT | 29,5538768 |
| IRH | 0,645 |

Corresponde a un IRH de baja retención y regulación de humedad.



- UH Río Chipatá (21201705)

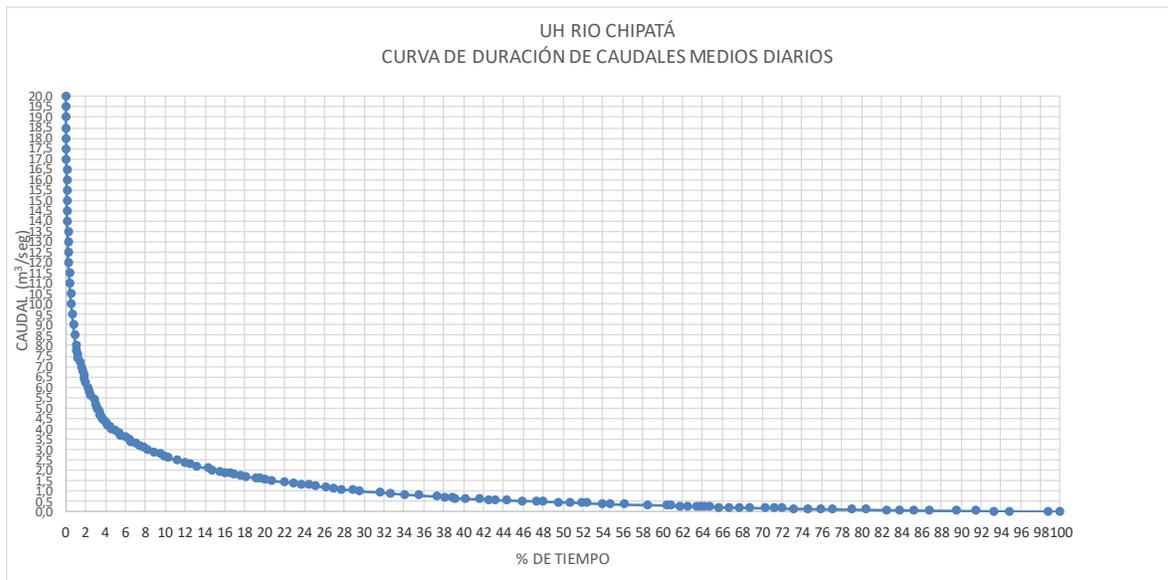


Figura 15.105. Curva de duración de caudales UH Río Chipatá.

Fuente: Unión Temporal Corpoguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|------------|-------------------|
| | VT |
| | 51,1193531 |
| | Vp |
| Curva | 21,8088607 |
| Rect | 31,4661519 |
| VpT | 53,2750126 |
| IRH | 0,507 |

Corresponde a un IRH de baja retención y regulación de humedad.

- UH Quebrada Montoque (21201706)

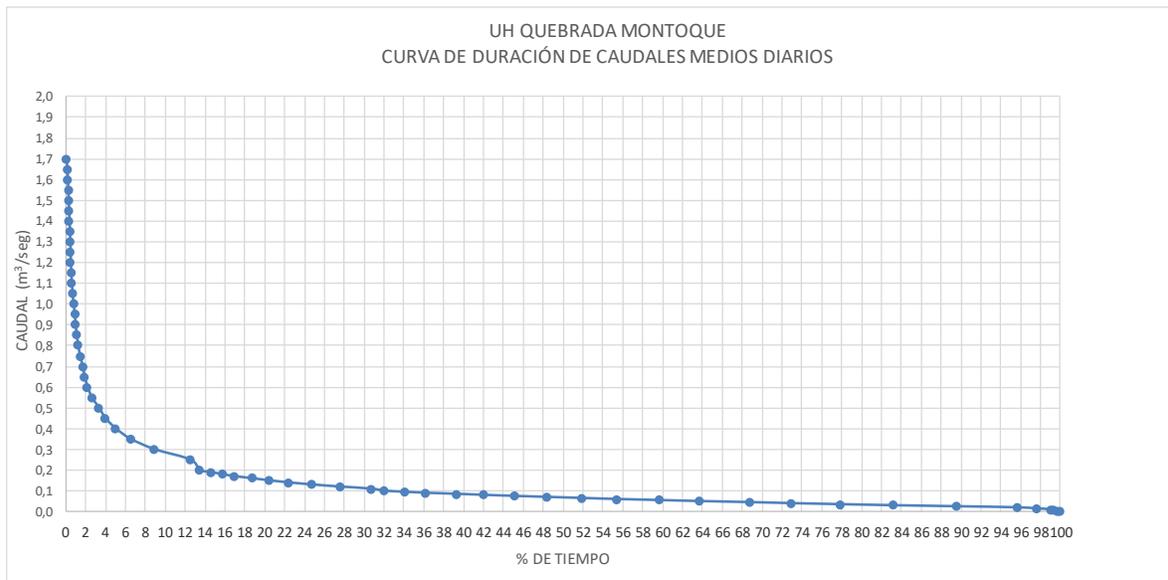


Figura 15.106. Curva de duración de caudales UH Quebrada Montoque.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|-------------------|
| | VT |
| | 6,03651793 |
| | Vp |
| Curva | 3,37076654 |
| Rect | 3,51248599 |
| VpT | 6,88325253 |

| | |
|------------|--------------|
| IRH | 0,606 |
|------------|--------------|

Corresponde a un IRH de baja retención y regulación de humedad.

- UH Río Chiquito (21201707)

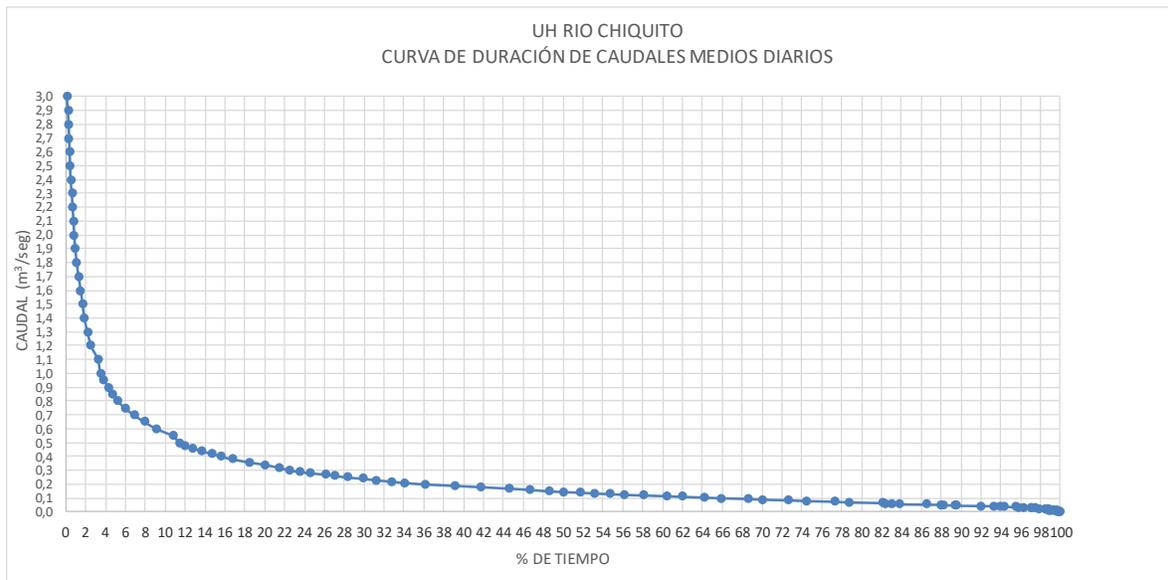


Figura 15.107. Curva de duración de caudales UH Río Chiquito.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|-------------------|
| | VT |
| | 9,86858088 |
| | Vp |
| Curva | 8,07679744 |
| Rect | 7,1991517 |
| VpT | 15,2759491 |

| | |
|------------|--------------|
| IRH | 0,675 |
|------------|--------------|

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad.



- UH Quebrada Corales (21201708)

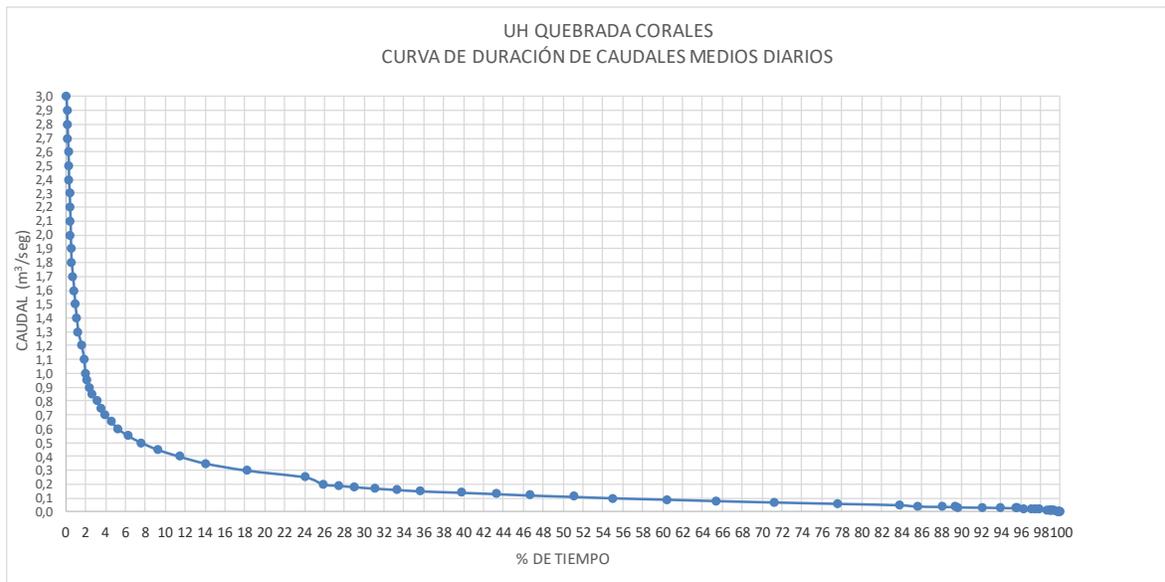


Figura 15.108. Curva de duración de caudales UH Quebrada Corales.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|------------|
| | VT |
| | 6,61672691 |
| | Vp |
| Curva | 5,90562398 |
| Rect | 5,2939589 |
| VpT | 11,1995829 |

| | |
|------------|--------------|
| IRH | 0,613 |
|------------|--------------|

Corresponde a un IRH de baja retención y regulación de humedad.



- UH Río Alto Aves (21201709)

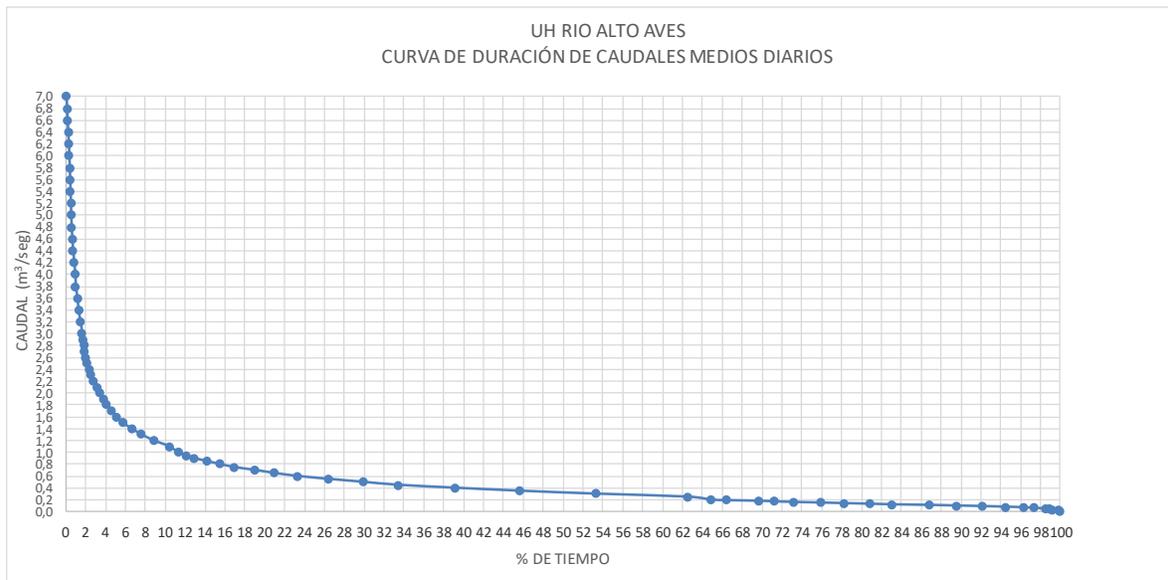


Figura 15.109. Curva de duración de caudales UH Alto Aves.

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|------------|
| | VT |
| | 28,4582608 |
| | Vp |
| Curva | 14,4530147 |
| Rect | 16,0681709 |
| VpT | 30,5211856 |

| | |
|------------|--------------|
| IRH | 0,645 |
|------------|--------------|

Corresponde a un IRH de baja retención y regulación de humedad.

- UH Río medio y bajo Aves (21201710)

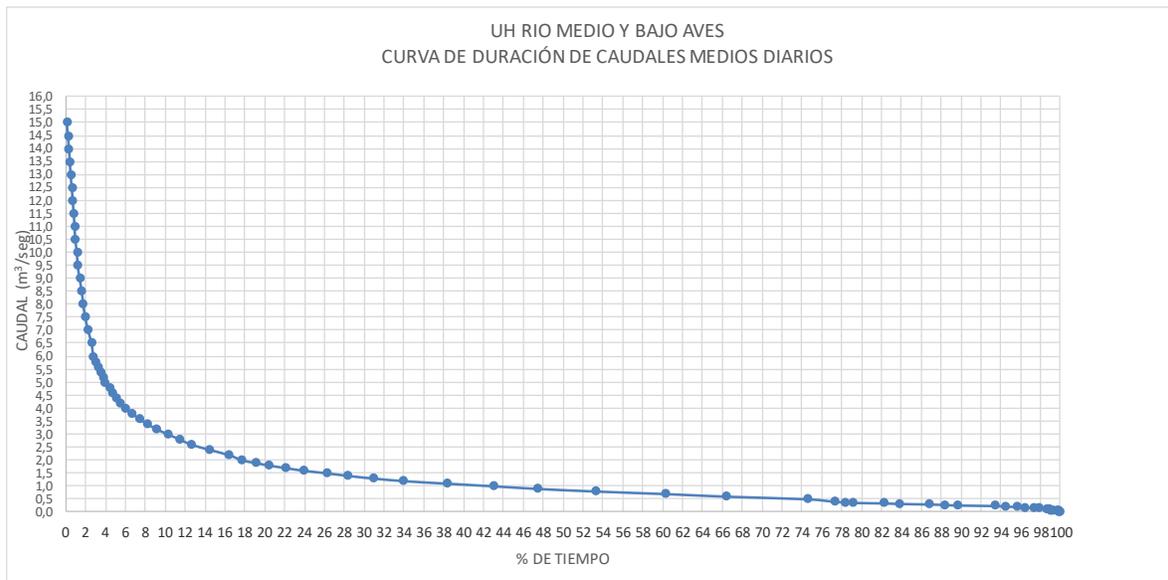


Figura 15.110. Curva de duración de caudales UH Río Medio y Bajo Aves.

 Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|-------|------------|
| | VT |
| | 53,2088555 |
| | Vp |
| Curva | 43,2777087 |
| Rect | 40,9921043 |
| VpT | 84,2698129 |

| | |
|------------|--------------|
| IRH | 0,669 |
|------------|--------------|

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad.

- UH Río Bajo Siecha (21201702)



Figura 15.111. Curva de duración de caudales UH Río Bajo Siecha.
Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

El resultado obtenido es el siguiente:

| | |
|------------|--------------|
| VT | 150,7939 |
| Vp | 107,7015 |
| Curva | 127,5312 |
| Rect | 235,2326 |
| VpT | |
| IRH | 0,674 |

Corresponde a un IRH de media retención y regulación de humedad.

En la Figura 15.112, se presenta la distribución del IRH para cada Unidad Hidrográfica de la cuenca del embalse de Tominé, vale la pena mencionar que la UH Tributarios Embalse de Tominé, no cuenta con Curva de duración de caudales definida, razón por la cual no fue posible obtener IRH.

Toda la cuenca del Embalse de Tominé presenta una media retención y regulación de humedad (IRH MODERADO) en gran parte del río Siecha a excepción del río Chipatá que aparece con una Baja retención y regulación de humedad.

Caso contrario al río Aves, que en su cuenca alta aparece con baja retención y regulación de humedad y en su cuenca baja predomina una media retención y regulación de humedad.

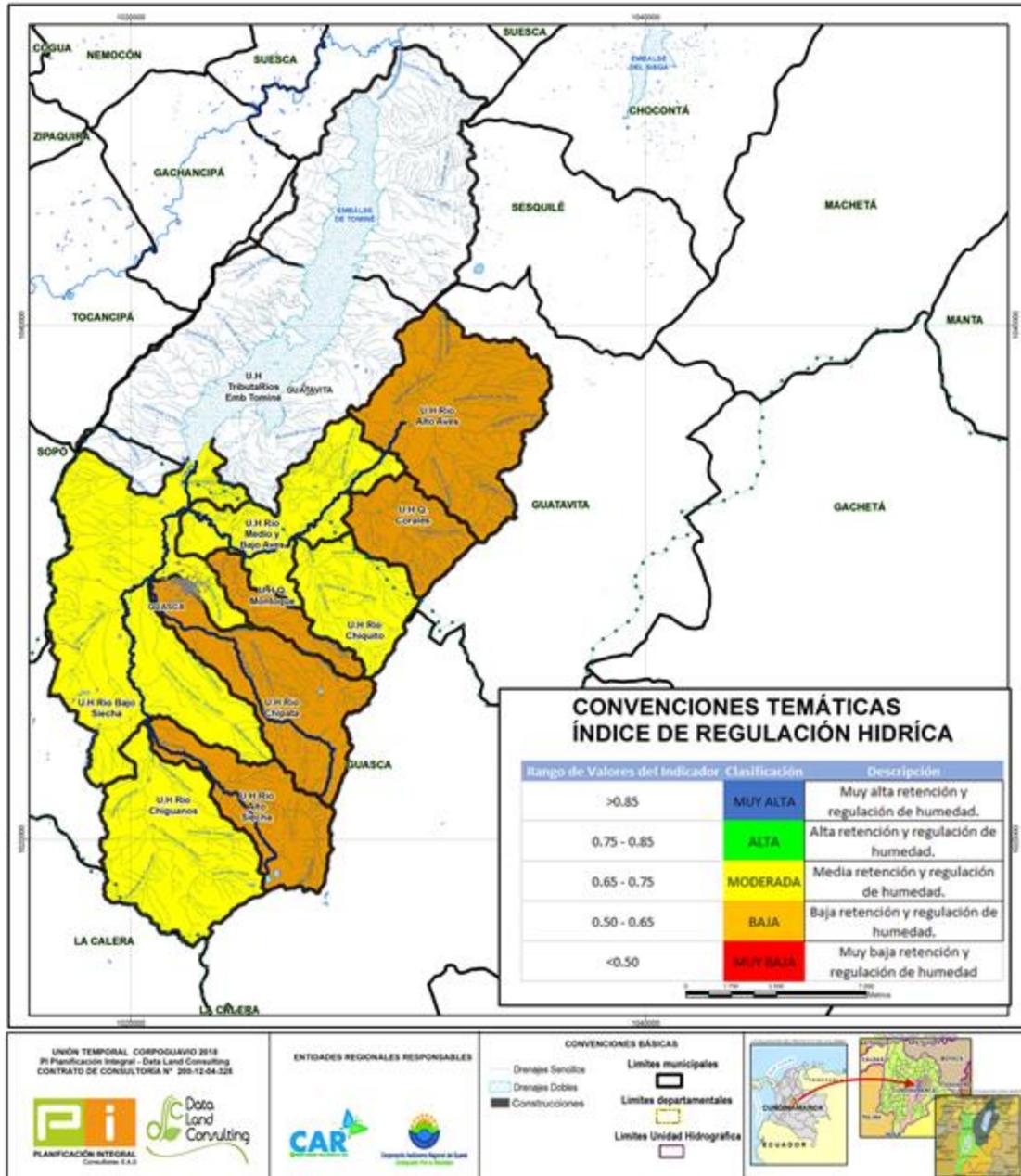


Figura 15.112. IRH Embalse de Tominé.
Fuente: Unión Temporal CorpoGuaVio 2015.

15.3 Oferta Hídrica Disponible y Caudal Ambiental

Según el ENA 2014¹, en el título Oferta hídrica disponible y caudal ambiental, establece: “Con base en las curvas representativas se calcula el índice de regulación hídrica (IRH) y el caudal ambiental teniendo en cuenta las siguientes dos condiciones:

A cuencas con autorregulación alta y poca variabilidad de caudales diarios, en que se considera representativo el valor característico Q85 de la curva de duración (caudal igualado o superado el 85% del tiempo), este valor característico se aplica a estaciones con un IRH igual o superior a 0.70 (alta retención y regulación). El segundo grupo corresponde a estaciones con valores del IRH inferiores a 0.70, para las cuales se asigna el valor característico Q75 de la curva de duración de caudales medios diarios en la determinación del caudal ambiental. Este criterio se aplicó para la condición de oferta año medio empleando los valores de estaciones de referencia y aplicando proporcionalidad a la oferta media para extender una estimación del caudal ambiental a la unidad de subzona hidrográfica.

La oferta hídrica disponible se determina de la oferta total menos el caudal ambiental. Este proceso se realiza a nivel de subzona hidrográfica. El caudal ambiental para año seco se obtuvo de una proporción entre el caudal ambiental año medio y el caudal medio estimado”.

Con base en lo anterior y los valores de IRH, calculados en el numeral 15.2, para las cuencas del río Teusacá y Embalse Tominé, a continuación, se hace la estimación del caudal ambiental y de la oferta hídrica disponible, para cada una de las Unidades Hidrográficas, determinadas en el presente estudio.

15.3.1 Subcuenca río Teusacá

A continuación, en la Tabla 15.65, se presenta la relación de caudales ambientales, para cada una de las Unidades Hidrográficas de la subcuenca del río Teusacá, obtenidos de las curvas de duración de caudales y aplicando la metodología relacionada anteriormente, establecida en el ENA 2014.

Tabla 15.65. Caudal Ambiental Unidades Hidrográficas Subcuenca Río Teusacá.

| Unidad Hidrográfica | IRH | IRH < 0.70 | IRH > 0.70 |
|---|-------|----------------------------|----------------------------|
| | | Q75 | Q85 |
| | | Caudal (m ³ /s) | Caudal (m ³ /s) |
| Río Alto Teusacá | 0.708 | | 0.5 |
| Quebrada San Lorenzo | 0.707 | | 0.35 |
| Río Teusacá Hasta Quebrada Aguas Claras | 0.664 | 1.03 | |
| Quebrada Aguas Claras | 0.679 | 0.21 | |
| Quebrada el Asilo | 0.673 | 0.03 | |

¹ ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2014, IDEAM

| Unidad Hidrográfica | IRH | IRH < 0.70 | IRH > 0.70 |
|---------------------|-------|----------------------------|----------------------------|
| | | Q75 | Q85 |
| | | Caudal (m ³ /s) | Caudal (m ³ /s) |
| Río Medio Teusacá | 0.654 | 0.9 | |
| Quebrada Laureles | 0.654 | 0.028 | |
| Quebrada el Chuscal | 0.664 | 0.087 | |
| Río Bajo Teusacá | 0.663 | 1.25 | |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.3.2 Subcuenca embalse Tominé

A continuación, en la Tabla 15.66, se presenta la relación de caudales ambientales, para cada una de las Unidades Hidrográficas de la subcuenca Embalse Tominé, obtenidos de las curvas de duración de caudales y aplicando la metodología relacionada anteriormente, establecida en el ENA 2014.

Tabla 15.66. Caudal Ambiental Unidades Hidrográficas Subcuenca Embalse Tominé.

| Unidad Hidrográfica | IRH | IRH < 0.70 | IRH > 0.70 |
|-----------------------|-------|----------------------------|----------------------------|
| | | Q75 | Q85 |
| | | Caudal (m ³ /s) | Caudal (m ³ /s) |
| Río Chiguanos | 0.730 | | 0.13 |
| Río Alto Siecha | 0.645 | 0.14 | |
| Río Chipatá | 0.507 | 0.145 | |
| Quebrada Montoque | 0.606 | 0.038 | |
| Río Chiquito | 0.675 | 0.081 | |
| Quebrada Corales | 0.613 | 0.065 | |
| Río Alto Aves | 0.645 | 0.145 | |
| Río Medio y Bajo Aves | 0.669 | 0.48 | |
| Río Bajo Siecha | 0.674 | 0.13 | |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

15.3.3 Oferta Hídrica Disponible

Con los valores medios mensuales multianuales, obtenidos de las series de caudales a la salida de cada una de las Unidades Hidrográficas en que se subdividió el área de estudio y los valores de los caudales ambientales obtenidos utilizando el método establecido en el ENA 2014, a continuación, se muestran los caudales netos disponibles para cada una de las Unidades, obtenidos de la diferencia entre los caudales totales a la salida de cada una de ellas y el caudal ambiental.

En la Tabla 15.67, se muestra el cálculo de los caudales disponibles en cada una de las Unidades Hidrográficas de la subcuenca del río Teusacá y en la Tabla 15.69, se tienen los caudales disponibles en cada una de las Unidades Hidrográficas, teniendo en cuenta que los valores negativos, son reemplazados por ceros.

Tabla 15.67. Cálculo Caudales Disponibles por U. H. Subcuenca Río Teusacá.

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ALTO TEUSACÁ (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.408 | 0.440 | 0.629 | 0.805 | 1.042 | 1.259 | 1.178 | 1.065 | 0.538 | 0.764 | 1.316 | 0.959 | 0.867 |
| Ambiental | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| Disponible | -0.092 | -0.060 | 0.129 | 0.305 | 0.542 | 0.759 | 0.678 | 0.565 | 0.038 | 0.264 | 0.816 | 0.459 | 0.367 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA SAN LORENZO (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.348 | 0.324 | 0.368 | 0.664 | 0.786 | 1.092 | 1.345 | 1.068 | 0.726 | 0.866 | 1.005 | 0.625 | 0.768 |
| Ambiental | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 |
| Disponible | -0.002 | -0.026 | 0.018 | 0.314 | 0.436 | 0.742 | 0.995 | 0.718 | 0.376 | 0.516 | 0.655 | 0.275 | 0.418 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO TEUSACÁ HASTA QUEBRADA AGUAS CLARAS (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 1.015 | 0.946 | 1.073 | 1.937 | 2.294 | 3.185 | 3.922 | 3.116 | 2.116 | 2.525 | 2.933 | 1.824 | 2.240 |
| Ambiental | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 | 1.030 |
| Disponible | -0.015 | -0.084 | 0.043 | 0.907 | 1.264 | 2.155 | 2.892 | 2.086 | 1.086 | 1.495 | 1.903 | 0.794 | 1.210 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA AGUAS CLARAS (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.161 | 0.150 | 0.171 | 0.308 | 0.364 | 0.506 | 0.623 | 0.495 | 0.336 | 0.401 | 0.466 | 0.290 | 0.356 |
| Ambiental | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 | 0.210 |
| Disponible | -0.049 | -0.060 | -0.039 | 0.098 | 0.154 | 0.296 | 0.413 | 0.285 | 0.126 | 0.191 | 0.256 | 0.080 | 0.146 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL ASILO (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.049 | 0.040 | 0.046 | 0.098 | 0.104 | 0.116 | 0.162 | 0.147 | 0.091 | 0.074 | 0.099 | 0.082 | 0.092 |
| Ambiental | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 |
| Disponible | 0.019 | 0.010 | 0.016 | 0.068 | 0.074 | 0.086 | 0.132 | 0.117 | 0.061 | 0.044 | 0.069 | 0.052 | 0.062 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO MEDIO TEUSACÁ (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 1.427 | 1.188 | 1.345 | 2.873 | 3.066 | 3.399 | 4.755 | 4.326 | 2.675 | 2.188 | 2.900 | 2.392 | 2.711 |
| Ambiental | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 |
| Disponible | 0.527 | 0.288 | 0.445 | 1.973 | 2.166 | 2.499 | 3.855 | 3.426 | 1.775 | 1.288 | 2.000 | 1.492 | 1.811 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA LAURELES (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.041 | 0.035 | 0.039 | 0.083 | 0.089 | 0.099 | 0.138 | 0.126 | 0.078 | 0.064 | 0.084 | 0.070 | 0.079 |
| Ambiental | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 | 0.028 |
| Disponible | 0.013 | 0.007 | 0.011 | 0.055 | 0.061 | 0.071 | 0.110 | 0.098 | 0.050 | 0.036 | 0.056 | 0.042 | 0.051 |

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA EL CHUSCAL (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.102 | 0.085 | 0.109 | 0.220 | 0.270 | 0.328 | 0.398 | 0.317 | 0.237 | 0.265 | 0.330 | 0.216 | 0.240 |
| Ambiental | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 | 0.087 |
| Disponible | 0.015 | -0.002 | 0.022 | 0.133 | 0.183 | 0.241 | 0.311 | 0.230 | 0.150 | 0.178 | 0.243 | 0.129 | 0.153 |

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BAJO TEUSACÁ (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 1.487 | 1.247 | 1.588 | 3.213 | 3.946 | 4.797 | 5.821 | 4.638 | 3.464 | 3.884 | 4.834 | 3.156 | 3.506 |
| Ambiental | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 | 1.250 |
| Disponible | 0.237 | -0.003 | 0.338 | 1.963 | 2.696 | 3.547 | 4.571 | 3.388 | 2.214 | 2.634 | 3.584 | 1.906 | 2.256 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 15.68. Caudales Medios Disponibles por Unidad Hidrográfica Subcuenca Río Teusacá.

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA SUBCUENCA RÍO TEUSACÁ (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Unidad Hidrográfica | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Río Alto Teusacá | 0.000 | 0.000 | 0.129 | 0.305 | 0.542 | 0.759 | 0.678 | 0.565 | 0.038 | 0.264 | 0.816 | 0.459 | 0.380 |
| Quebrada San Lorenzo | 0.000 | 0.000 | 0.018 | 0.314 | 0.436 | 0.742 | 0.995 | 0.718 | 0.376 | 0.516 | 0.655 | 0.275 | 0.420 |
| Río Teusacá Hasta Quebrada Aguas Claras | 0.000 | 0.000 | 0.043 | 0.907 | 1.264 | 2.155 | 2.892 | 2.086 | 1.086 | 1.495 | 1.903 | 0.794 | 1.219 |
| Quebrada Aguas Claras | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.098 | 0.154 | 0.296 | 0.413 | 0.285 | 0.126 | 0.191 | 0.256 | 0.080 | 0.158 |
| Quebrada el Asilo | 0.019 | 0.010 | 0.016 | 0.068 | 0.074 | 0.086 | 0.132 | 0.117 | 0.061 | 0.044 | 0.069 | 0.052 | 0.062 |
| Río Medio Teusacá | 0.527 | 0.288 | 0.445 | 1.973 | 2.166 | 2.499 | 3.855 | 3.426 | 1.775 | 1.288 | 2.000 | 1.492 | 1.811 |
| Quebrada Laureles | 0.013 | 0.007 | 0.011 | 0.055 | 0.061 | 0.071 | 0.110 | 0.098 | 0.050 | 0.036 | 0.056 | 0.042 | 0.051 |
| Quebrada el Chuscal | 0.015 | 0.000 | 0.022 | 0.133 | 0.183 | 0.241 | 0.311 | 0.230 | 0.150 | 0.178 | 0.243 | 0.129 | 0.153 |
| Río Bajo Teusacá | 0.237 | 0.000 | 0.338 | 1.963 | 2.696 | 3.547 | 4.571 | 3.388 | 2.214 | 2.634 | 3.584 | 1.906 | 2.257 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

A continuación, en la Tabla 15.69, se muestra el cálculo de los caudales disponibles en cada una de las Unidades Hidrográficas de la subcuenca Embalse Tominé y en la Tabla 15.70, se tienen los caudales disponibles en cada una de las Unidades Hidrográficas, teniendo en cuenta que los valores negativos, son reemplazados por ceros.

Tabla 15.69. Cálculo Caudales Disponibles por U. H. Subcuenca Embalse Tominé.

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO CHIGUANOS (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.153 | 0.150 | 0.231 | 0.604 | 0.797 | 1.036 | 1.071 | 0.776 | 0.569 | 0.642 | 0.548 | 0.313 | 0.574 |
| Ambiental | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 | 0.130 |
| Disponible | 0.023 | 0.020 | 0.101 | 0.474 | 0.667 | 0.906 | 0.941 | 0.646 | 0.439 | 0.512 | 0.418 | 0.183 | 0.444 |

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ALTO SIECHA (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.114 | 0.112 | 0.172 | 0.449 | 0.591 | 0.769 | 0.794 | 0.576 | 0.423 | 0.476 | 0.407 | 0.232 | 0.426 |
| Ambiental | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 |
| Disponible | -0.026 | -0.028 | 0.032 | 0.309 | 0.451 | 0.629 | 0.654 | 0.436 | 0.283 | 0.336 | 0.267 | 0.092 | 0.286 |

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO CHIPATÁ (m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.158 | 0.210 | 0.324 | 0.729 | 1.216 | 2.047 | 2.439 | 1.553 | 1.106 | 0.734 | 0.665 | 0.376 | 0.963 |
| Ambiental | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 |
| Disponible | 0.013 | 0.065 | 0.179 | 0.584 | 1.071 | 1.902 | 2.294 | 1.408 | 0.961 | 0.589 | 0.520 | 0.231 | 0.818 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA MONTOQUE (m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.040 | 0.033 | 0.045 | 0.078 | 0.116 | 0.224 | 0.262 | 0.156 | 0.097 | 0.089 | 0.107 | 0.071 | 0.110 |
| Ambiental | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 |
| Disponible | 0.002 | -0.005 | 0.007 | 0.040 | 0.078 | 0.186 | 0.224 | 0.118 | 0.059 | 0.051 | 0.069 | 0.033 | 0.072 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO CHIQUITO (m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.090 | 0.075 | 0.100 | 0.176 | 0.259 | 0.503 | 0.588 | 0.350 | 0.217 | 0.199 | 0.240 | 0.160 | 0.246 |
| Ambiental | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 | 0.081 |
| Disponible | 0.009 | -0.006 | 0.019 | 0.095 | 0.178 | 0.422 | 0.507 | 0.269 | 0.136 | 0.118 | 0.159 | 0.079 | 0.165 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA QUEBRADA CORALES (m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.065 | 0.054 | 0.073 | 0.128 | 0.188 | 0.365 | 0.427 | 0.254 | 0.157 | 0.144 | 0.174 | 0.116 | 0.179 |
| Ambiental | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 |
| Disponible | 0.000 | -0.011 | 0.008 | 0.063 | 0.123 | 0.300 | 0.362 | 0.189 | 0.092 | 0.079 | 0.109 | 0.051 | 0.114 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO ALTO AVES(m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.174 | 0.146 | 0.195 | 0.342 | 0.504 | 0.978 | 1.143 | 0.680 | 0.422 | 0.387 | 0.467 | 0.311 | 0.479 |
| Ambiental | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 |
| Disponible | 0.029 | 0.001 | 0.050 | 0.197 | 0.359 | 0.833 | 0.998 | 0.535 | 0.277 | 0.242 | 0.322 | 0.166 | 0.334 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO MEDIO Y BAJO AVES (m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.485 | 0.406 | 0.543 | 0.951 | 1.403 | 2.724 | 3.183 | 1.894 | 1.174 | 1.076 | 1.300 | 0.865 | 1.334 |
| Ambiental | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 | 0.480 |
| Disponible | 0.005 | -0.074 | 0.063 | 0.471 | 0.923 | 2.244 | 2.703 | 1.414 | 0.694 | 0.596 | 0.820 | 0.385 | 0.854 |
| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO BAJO SIECHA (m3/s) | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDALES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Total | 0.914 | 1.046 | 1.441 | 2.798 | 4.176 | 7.016 | 7.976 | 5.214 | 3.508 | 3.199 | 3.148 | 2.045 | 3.540 |
| Ambiental | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 | 0.145 |
| Disponible | 0.769 | 0.901 | 1.296 | 2.653 | 4.031 | 6.871 | 7.831 | 5.069 | 3.363 | 3.054 | 3.003 | 1.900 | 3.395 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.

Tabla 15.70. Caudales Medios Disponibles por Unidad Hidrográfica Subcuenca Embalse Tominé.

| Q MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES UNIDAD HIDROGRÁFICA SUBCUENCA EMBALSE TOMINÉ (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Unidad Hidrográfica | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIOS |
| Río Chiguanos | 0.023 | 0.020 | 0.101 | 0.474 | 0.667 | 0.906 | 0.941 | 0.646 | 0.439 | 0.512 | 0.418 | 0.183 | 0.444 |
| Río Alto Siecha | 0.000 | 0.000 | 0.032 | 0.309 | 0.451 | 0.629 | 0.654 | 0.436 | 0.283 | 0.336 | 0.267 | 0.092 | 0.286 |
| Río Chipatá | 0.013 | 0.065 | 0.179 | 0.584 | 1.071 | 1.902 | 2.294 | 1.408 | 0.961 | 0.589 | 0.520 | 0.231 | 0.818 |
| Quebrada Montoque | 0.002 | 0.000 | 0.007 | 0.040 | 0.078 | 0.186 | 0.224 | 0.118 | 0.059 | 0.051 | 0.069 | 0.033 | 0.072 |
| Río Chiquito | 0.009 | 0.000 | 0.019 | 0.095 | 0.178 | 0.422 | 0.507 | 0.269 | 0.136 | 0.118 | 0.159 | 0.079 | 0.165 |
| Quebrada Corales | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.063 | 0.123 | 0.300 | 0.362 | 0.189 | 0.092 | 0.079 | 0.109 | 0.051 | 0.114 |
| Río Alto Aves | 0.029 | 0.001 | 0.050 | 0.197 | 0.359 | 0.833 | 0.998 | 0.535 | 0.277 | 0.242 | 0.322 | 0.166 | 0.334 |
| Río Medio y Bajo Aves | 0.005 | 0.000 | 0.063 | 0.471 | 0.923 | 2.244 | 2.703 | 1.414 | 0.694 | 0.596 | 0.820 | 0.385 | 0.854 |
| Río Bajo Siecha | 0.769 | 0.901 | 1.296 | 2.653 | 4.031 | 6.871 | 7.831 | 5.069 | 3.363 | 3.054 | 3.003 | 1.900 | 3.395 |

Fuente: Unión Temporal Corpoaguavio 2015.