

**AJUSTE DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO LEÓN
SZH (1201) LOCALIZADA EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA EN
JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL
URABÁ (CORPOURABA)**

**FASE DE DIAGNOSTICO
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO
MORFOMETRÍA**

MARZO DE 2019

CONTENIDO

1.	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO	6
1.1	MORFOMETRÍA.....	6
1.1.2	Características morfométricas	17
1.1.3	Curvas hipsométricas	22
1.1.4	Tiempos de concentración.....	29
1.1.5	Índice de sinuosidad.....	32
1.1.6	Clasificación de forma	33
1.1.7	Índice de asimetría	34
1.1.8	Perfil del cauce principal.....	35
2	BIBLIOGRAFÍA.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 90. Valores curva hipsométrica Río León	6
Tabla 91. Valores curva hipsométrica Río Grande	7
Tabla 92. Valores curva hipsométrica Río Vijagual	7
Tabla 93. Valores curva hipsométrica Río Carepa	8
Tabla 94. Valores curva hipsométrica Río Apartadó.....	9
Tabla 95. Valores curva hipsométrica Río Chigorodó	10
Tabla 96. Valores curva hipsométrica Río Juradó	11
Tabla 97. Valores curva hipsométrica Río La Fortuna.....	12
Tabla 98. Valores curva hipsométrica Río Guapá	13
Tabla 99. Valores curva hipsométrica Río Porroso.....	14
Tabla 100. Valores curva hipsométrica Río Villarteaga	15
Tabla 101. Valores curva hipsométrica Caño Malagón	16
Tabla 87. Área subcuencas y microcuencas	18
Tabla 88. Clasificación por forma.....	21
Tabla 89. Características morfométricas	21
Tabla 102. Valores curva hipsométrica Río Grande	22
Tabla 103. Valores curva hipsométrica Quebrada El Salto	23
Tabla 104. Valores curva hipsométrica de la Bocatoma Salsipuedes.....	24
Tabla 105. Valores curva hipsométrica Quebrada Los Cangrejos	25
Tabla 106. Valores curva hipsométrica Quebrada La Cristalina.....	26
Tabla 107. Valores curva hipsométrica Río Chigorodó	27
Tabla 108. Valores curva hipsométrica Brazo Sucio	28
Tabla 109. Tiempos de concentración	31
Tabla 110. Clasificación según índice de sinuosidad	32
Tabla 111. Índice de sinuosidad.....	32
Tabla 112. Clasificación de forma según índice de compacidad.....	33
Tabla 113. Clasificación de forma (Cf).....	33
Tabla 114. Índice de asimetría	35

LISTA DE FIGURAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 121. Curvas hipsométricas del Río León.....	6
Gráfica 122. Curvas hipsométricas del Río Grande.....	7
Gráfica 123. Curvas hipsométricas del Río Vijagual.....	8
Gráfica 124. Curvas hipsométricas del Río Carepa.....	9
Gráfica 125. Curvas hipsométricas del Río Apartadó	10
Gráfica 126. Curvas hipsométricas del Río Chigorodó	11
Gráfica 127. Curvas hipsométricas del Río Juradó.....	12
Gráfica 128. Curvas hipsométricas del Río La Fortuna	13
Gráfica 129. Curvas hipsométricas del Río Guapá.....	14
Gráfica 130. Curvas hipsométricas del Río Porroso	15
Gráfica 131. Curvas hipsométricas del Río Villarteaga.....	16
Gráfica 132. Curvas hipsométricas del Caño Malagón.....	17

Gráfica 133. Curvas hipsométricas del Río Grande.....	23
Gráfica 134. Curvas hipsométricas Quebrada El Salto.....	24
Gráfica 135. Curvas hipsométricas de la Bocatoma Salsipuedes	25
Gráfica 136. Curvas hipsométricas Quebrada Los Cangrejos.....	26
Gráfica 137. Curvas hipsométricas Quebrada La Cristalina	27
Gráfica 138. Curvas hipsométricas Río Chigorodó.....	28
Gráfica 139. Curvas hipsométricas Brazo Sucio.....	29
Gráfica 140. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Grande.....	36
Gráfica 141. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Apartadó	36
Gráfica 142. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Vijagual	37
Gráfica 143. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Carepa	37
Gráfica 144. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Chigorodó	38
Gráfica 145. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Guapá	38
Gráfica 146. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Juradó.....	39
Gráfica 147. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río La Fortuna	39
Gráfica 148. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Porroso	40
Gráfica 149. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Villarteaga.....	40
Gráfica 150. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río León.....	41
Gráfica 151. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Grande.....	41
Gráfica 152. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Chigorodó	42
Gráfica 153. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Bocatoma Salsipuedes	42
Gráfica 154. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Quebrada Los Cangrejos	43
Gráfica 155. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Quebrada La Cristalina	43
Gráfica 156. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Brazo Sucio	44
Gráfica 157. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Quebrada El Salto	44

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 3. Morfometría

Anexo 3.1. Perfiles Subcuencas Río León

1. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

1.5 MORFOMETRÍA

1.5.1.1 Cuencas Tributarias

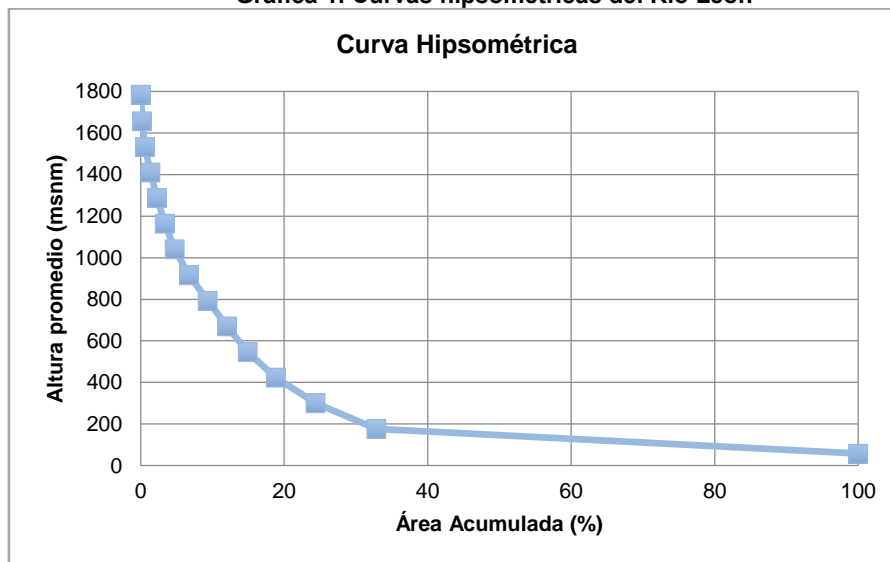
1.1.1.1.1. Río León

Tabla 1. Valores curva hipsométrica Río León

ÁREA (m²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m²)	% ACUMULADO
1559183650	0,0	115,6	57,80	2321992550,00	100,00
197594600	115,6	238,9	177,25	762808900,00	32,85
128373625	238,9	362,2	300,56	565214300,00	24,34
91128325	362,2	485,5	423,87	436840675,00	18,81
66789725	485,5	608,8	547,18	345712350,00	14,89
62159575	608,8	732,1	670,49	278922625,00	12,01
60202575	732,1	855,5	793,80	216763050,00	9,34
46245075	855,5	978,8	917,11	156560475,00	6,74
31892350	978,8	1102,1	1040,42	110315400,00	4,75
24985800	1102,1	1225,4	1163,74	78423050,00	3,38
22017775	1225,4	1348,7	1287,04	53437250,00	2,30
17322925	1348,7	1472,0	1410,36	31419475,00	1,35
9388000	1472,0	1595,3	1533,67	14096550,00	0,61
4285450	1595,3	1718,6	1656,98	4708550,00	0,20
423100	1718,6	1849,2	1783,93	423100,00	0,02

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 1. Curvas hipsométricas del Río León



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 1800 msnm, se puede observar que la cuenca alta presenta una alta pendiente, que disminuye ligeramente hasta aproximadamente los 30 % del área acumulada, luego de presenta un drástico cambio de pendiente con valores menores al 5% hasta llegar a su desembocadura en el Golfo de Urabá.

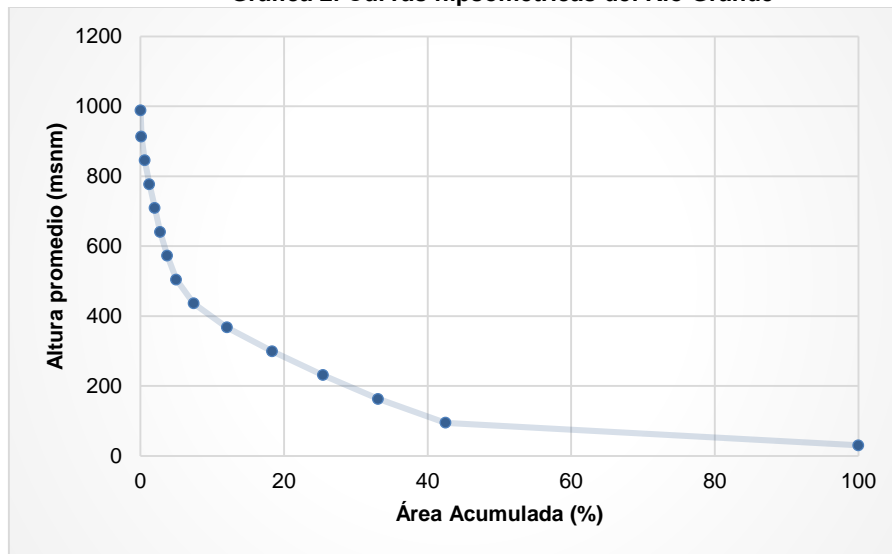
1.1.1.1.2. Río Grande

Tabla 2. Valores curva hipsométrica Río Grande

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
99782600	0	60,78	30,39	173525275,0	100,00
16276325	60,78	129,02	94,90	73742675,0	42,50
13349750	129,02	197,26	163,14	57466350,0	33,12
12291400	197,26	265,50	231,38	44116600,0	25,42
10906875	265,50	333,74	299,62	31825200,0	18,34
8043900	333,74	401,98	367,86	20918325,0	12,05
4194050	401,98	470,21	436,10	12874425,0	7,42
2162725	470,22	538,45	504,34	8680375,0	5,00
1761700	538,46	606,69	572,58	6517650,0	3,76
1264025	606,70	674,94	640,82	4755950,0	2,74
1319400	674,94	743,18	709,06	3491925,0	2,01
1128075	743,18	811,41	777,30	2172525,0	1,25
792225	811,42	879,65	845,54	1044450,0	0,60
213175	879,66	947,87	913,76	252225,0	0,15
39050	947,90	1028,32	988,11	39050,0	0,02

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 2. Curvas hipsométricas del Río Grande



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 1000 msnm, se puede observar que la cuenca alta presenta una alta pendiente hasta el 10% del área acumulada, luego se presenta una ligera disminución de la pendiente hasta cubrir el 40% del área acumulada aproximadamente. A partir de ese punto la pendiente disminuye sensiblemente hasta su desembocadura en el Río León.

1.1.1.1.3. Río Vijagual

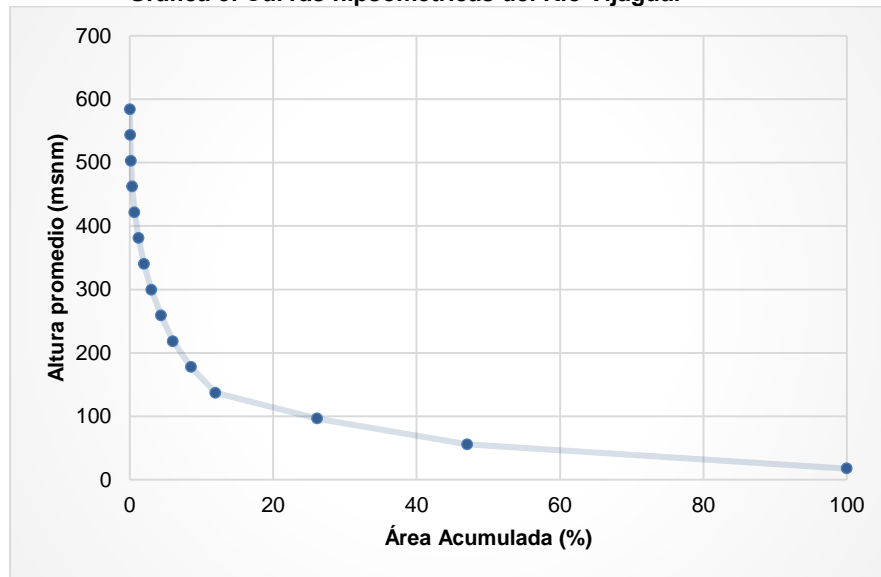
Tabla 3. Valores curva hipsométrica Río Vijagual

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
87697675	0	35,54	17,77	165655225,0	100,00

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
34626900	35,54	76,15	55,84	77957550,0	47,06
23492400	76,15	116,76	96,46	43330650,0	26,16
5671675	116,76	157,38	137,07	19838250,0	11,98
4184700	157,38	197,99	177,68	14166575,0	8,55
2728125	197,99	238,60	218,30	9981875,0	6,03
2260925	238,61	279,22	258,91	7253750,0	4,38
1704075	279,22	319,83	299,53	4992825,0	3,01
1256250	319,83	360,45	340,14	3288750,0	1,99
906575	360,45	401,06	380,75	2032500,0	1,23
575475	401,06	441,67	421,37	1125925,0	0,68
298600	441,68	482,29	461,98	550450,0	0,33
141825	482,29	522,90	502,60	251850,0	0,15
76150	522,92	563,49	543,20	110025,0	0,07
33875	563,53	604,13	583,83	33875,0	0,02

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 3. Curvas hipsométricas del Río Vijagual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 600 msnm, se puede observar que la cuenca alta y media presentan una alta pendiente hasta cubrir 15% del área acumulada aproximadamente, a partir de ese punto la pendiente disminuye drásticamente hasta su desembocadura en el Río León.

1.1.1.1.4. Río Carepa

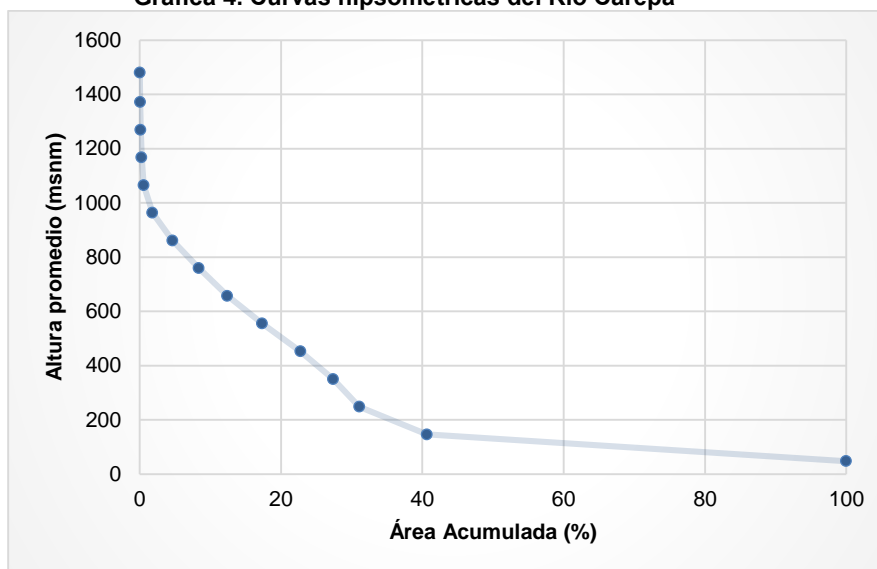
Tabla 4. Valores curva hipsométrica Río Carepa

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
165229475	0	95,44	47,72	278377475,0	100,00
26564925	95,44	197,54	146,49	113148000,0	40,65
10353225	197,54	299,65	248,60	86583075,0	31,10
12830700	299,65	401,75	350,70	76229850,0	27,38
15061325	401,75	503,85	452,80	63399150,0	22,77

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
13744450	503,85	605,95	554,90	48337825,0	17,36
11246175	605,95	708,05	657,00	34593375,0	12,43
10385025	708,06	810,16	759,11	23347200,0	8,39
7874725	810,16	912,26	861,21	12962175,0	4,66
3465875	912,26	1014,36	963,31	5087450,0	1,83
852850	1014,36	1116,44	1065,40	1621575,0	0,58
345150	1116,46	1218,56	1167,51	768725,0	0,28
218200	1218,57	1320,67	1269,62	423575,0	0,15
104525	1320,68	1422,75	1371,72	205375,0	0,07
100850	1422,77	1536,98	1479,88	100850,0	0,04

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 4. Curvas hipsométricas del Río Carepa



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 1500 msnm y presenta una muy alta pendiente hasta los 1000 msnm, luego disminuye con una pendiente uniforme hasta cerca de los 200 msnm, donde cubre un área acumulada del 40%. Luego la pendiente disminuye sensiblemente hasta su desembocadura en el Río León.

1.1.1.1.5. Río Apartadó

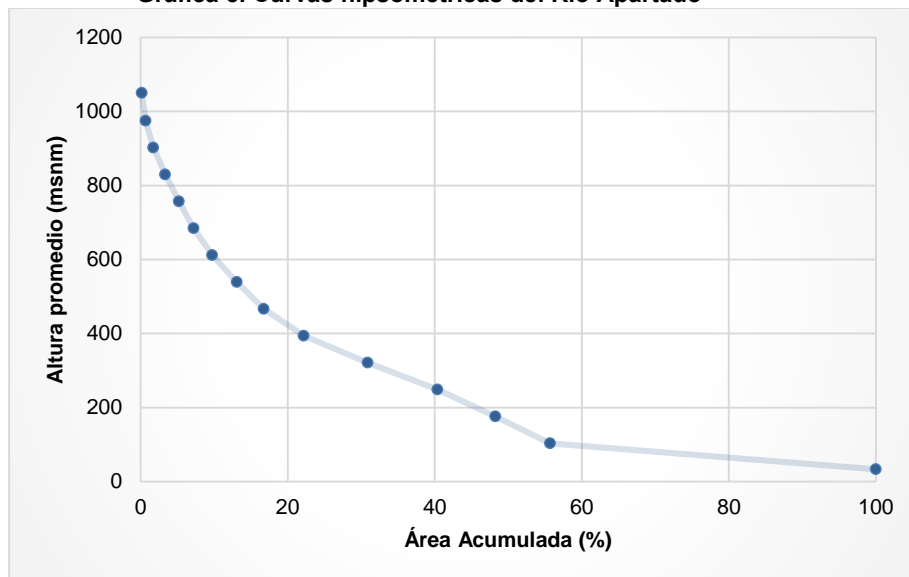
Tabla 5. Valores curva hipsométrica Río Apartadó

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
70114750	0	66,94	33,47	158207450,0	100,00
11757425	66,94	139,61	103,28	88092700,0	55,68
12439775	139,62	212,29	175,95	76335275,0	48,25
15047750	212,29	284,96	248,63	63895500,0	40,39
13742150	284,96	357,64	321,30	48847750,0	30,88
8581775	357,64	430,31	393,98	35105600,0	22,19
5822375	430,31	502,99	466,65	26523825,0	16,77
5258950	502,99	575,66	539,32	20701450,0	13,09
4030450	575,66	648,34	612,00	15442500,0	9,76

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
3171725	648,34	721,01	684,67	11412050,0	7,21
2919175	721,01	793,68	757,35	8240325,0	5,21
2612500	793,68	866,36	830,02	5321150,0	3,36
1642350	866,36	939,03	902,70	2708650,0	1,71
818350	939,03	1011,70	975,37	1066300,0	0,67
247950	1011,71	1088,67	1050,19	247950,0	0,16

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 5. Curvas hipsométricas del Río Apartadó



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace cerca a los 1100 msnm y presenta una pendiente prácticamente uniforme hasta cubrir un 20% del área sobre los 40 msnm de altura, luego la pendiente disminuye y continua de forma uniforme hasta aproximadamente los 10 msnm donde se cubre un área del 60%, a partir de este punto la pendiente disminuye sensiblemente hasta su desembocadura en el Río León.

1.1.1.1.6. Río Chigorodó

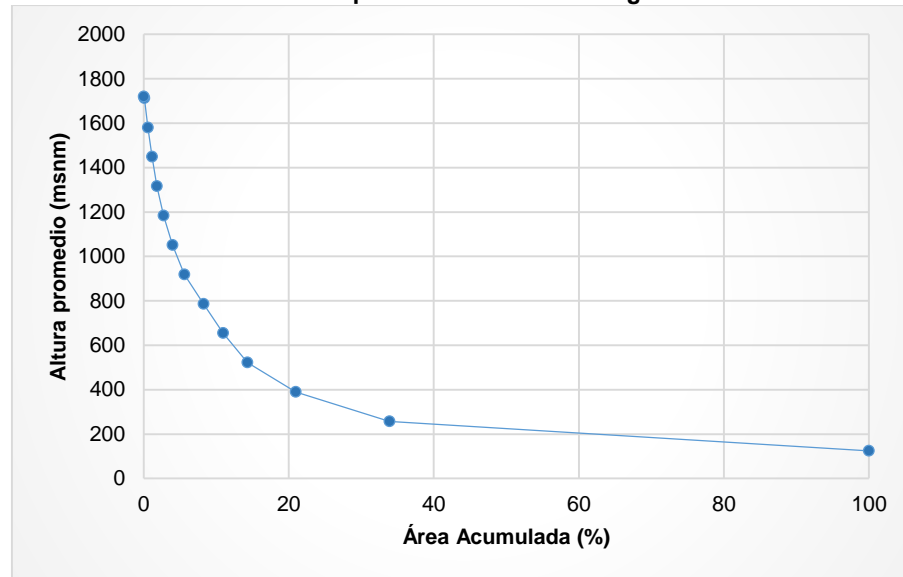
Tabla 6. Valores curva hipsométrica Río Chigorodó

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
0	124,626022	124,63	331450100,00	100,00	0
124,626106	256,962982	256,96	112326850,00	33,89	124,626106
256,963623	389,301025	389,30	69546875,00	20,98	256,963623
389,301331	521,638306	521,64	47374725,00	14,29	389,301331
521,638733	653,976074	653,98	36287900,00	10,95	521,638733
653,976624	786,313782	786,31	27451275,00	8,28	653,976624
786,314148	918,651184	918,65	18653525,00	5,63	786,314148
918,651672	1050,987793	1050,99	13139200,00	3,96	918,651672
1050,989258	1183,325806	1183,33	9049175,00	2,73	1050,989258
1183,327026	1315,66272	1315,66	6082075,00	1,83	1183,327026
1315,664551	1448,000732	1448,00	3847525,00	1,16	1315,664551

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
1448,00293	1580,338867	1580,34	1903200,00	0,57	1448,00293
1580,343628	1712,64856	1712,65	387225,00	0,12	1580,343628
1712,794067	1718,946655	1718,95	1550,00	0,00	1712,794067
0	124,626022	124,63	331450100,00	100,00	0

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 6. Curvas hipsométricas del Río Chigorodó



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace cerca a los 1700 msnm y presenta una pendiente prácticamente uniforme hasta cubrir un 15% del área sobre los 520 msnm, luego la pendiente disminuye de forma uniforme hasta aproximadamente los 200 msnm donde se cubre un área del 35%, a partir de este punto la pendiente disminuye sensiblemente hasta su desembocadura en el Río León.

1.1.1.1.7. Río Juradó

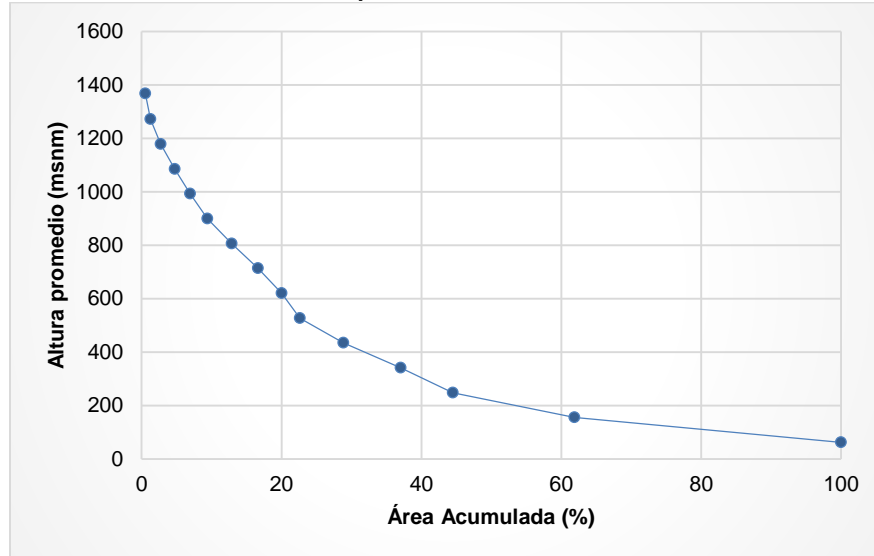
Tabla 7. Valores curva hipsométrica Río Juradó

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
24326925	15,33	108,40	61,86	63845500,0	100,00
11111050	108,40	201,46	154,93	39518575,0	61,90
4758175	201,46	294,53	248,00	28407525,0	44,49
5235850	294,53	387,60	341,06	23649350,0	37,04
3967875	387,60	480,67	434,13	18413500,0	28,84
1656450	480,67	573,73	527,20	14445625,0	22,63
2165825	573,73	666,80	620,27	12789175,0	20,03
2408775	666,80	759,87	713,33	10623350,0	16,64
2208175	759,87	852,93	806,40	8214575,0	12,87
1570025	852,93	946,00	899,47	6006400,0	9,41
1414100	946,00	1039,07	992,53	4436375,0	6,95
1280650	1039,07	1132,13	1085,60	3022275,0	4,73
928475	1132,14	1225,20	1178,67	1741625,0	2,73
478025	1225,20	1318,26	1271,73	813150,0	1,27

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
335125	1318,27	1416,83	1367,55	335125,0	0,52

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 7. Curvas hipsométricas del Río Juradó



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace cerca a los 1400 msnm y presenta una pendiente prácticamente uniforme hasta cubrir un 20% del área sobre los 600 msnm, luego la pendiente disminuye de forma uniforme hasta aproximadamente 250 msnm cubriendo un área del 45% aproximadamente, a partir de este punto la pendiente disminuye sensiblemente hasta su desembocadura en el Río León.

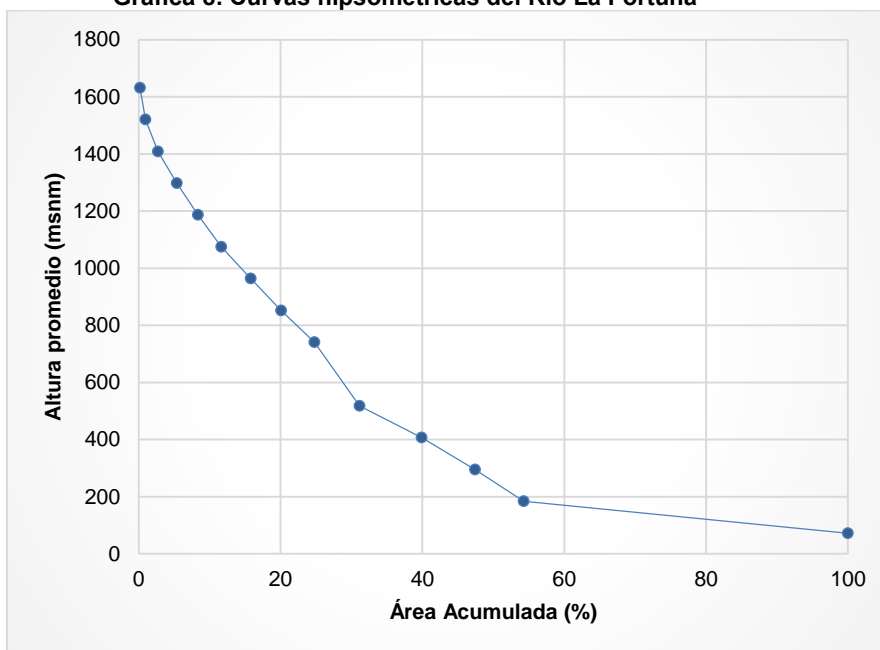
1.1.1.1.8. Río La Fortuna

Tabla 8. Valores curva hipsométrica Río La Fortuna

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
38469450	16,57	127,97	72,27	84131025,0	100,00
5769875	127,97	239,38	183,67	45661575,0	54,27
6338475	239,38	350,78	295,08	39891700,0	47,42
7371500	350,78	462,18	406,48	33553225,0	39,88
5328875	462,18	573,59	517,88	26181725,0	31,12
3950325	684,99	796,39	740,69	20852850,0	24,79
3619500	796,40	907,80	852,10	16902525,0	20,09
3493250	907,80	1019,20	963,50	13283025,0	15,79
2758850	1019,20	1130,61	1074,90	9789775,0	11,64
2515475	1130,61	1242,01	1186,31	7030925,0	8,36
2212700	1242,01	1353,41	1297,71	4515450,0	5,37
1507300	1353,41	1464,81	1409,11	2302750,0	2,74
624225	1464,82	1576,21	1520,51	795450,0	0,95
171225	1576,23	1687,62	1631,93	171225,0	0,20

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 8. Curvas hipsométricas del Río La Fortuna



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 1600 msnm, se puede observar que la cuenca alta y media presentan una alta pendiente hasta cubrir 20% alrededor del área acumulada, disminuye desde los 500 msnm hasta los 200 msnm de forma uniforme, a partir de ese punto la pendiente disminuye drásticamente hasta su desembocadura en el Río León.

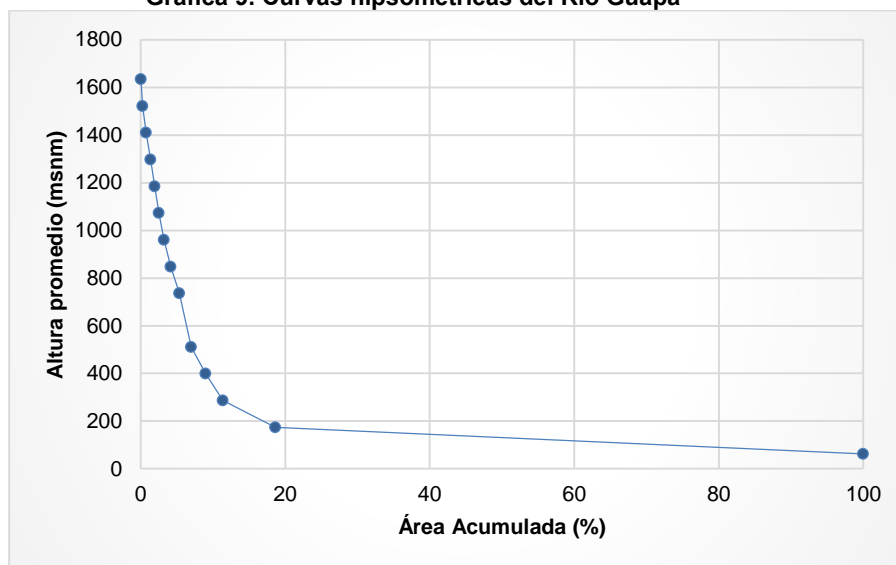
1.1.1.1.9. Río Guapá

Tabla 9. Valores curva hipsométrica Río Guapá

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
183960125	5,68	118,02	61,85	226059200,0	100,00
16409750	118,02	230,36	174,19	42099075,0	18,62
5389350	230,36	342,70	286,53	25689325,0	11,36
4478125	342,70	455,04	398,87	20299975,0	8,98
3718425	455,04	567,38	511,21	15821850,0	7,00
2686550	679,72	792,06	735,89	12103425,0	5,35
2077900	792,06	904,40	848,23	9416875,0	4,17
1625700	904,40	1016,74	960,57	7338975,0	3,25
1275675	1016,75	1129,08	1072,91	5713275,0	2,53
1350675	1129,09	1241,42	1185,25	4437600,0	1,96
1404150	1241,43	1353,76	1297,59	3086925,0	1,37
1040525	1353,76	1466,10	1409,93	1682775,0	0,74
501275	1466,11	1578,44	1522,27	642250,0	0,28
140975	1578,44	1690,78	1634,61	140975,0	0,06

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 9. Curvas hipsométricas del Río Guapá



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 1600 m de altura, se puede observar que la cuenca alta presenta una alta pendiente hasta cubrir 20% a una altura de 200 msnm, a partir de ese punto la pendiente disminuye drásticamente hasta su desembocadura en el Río León.

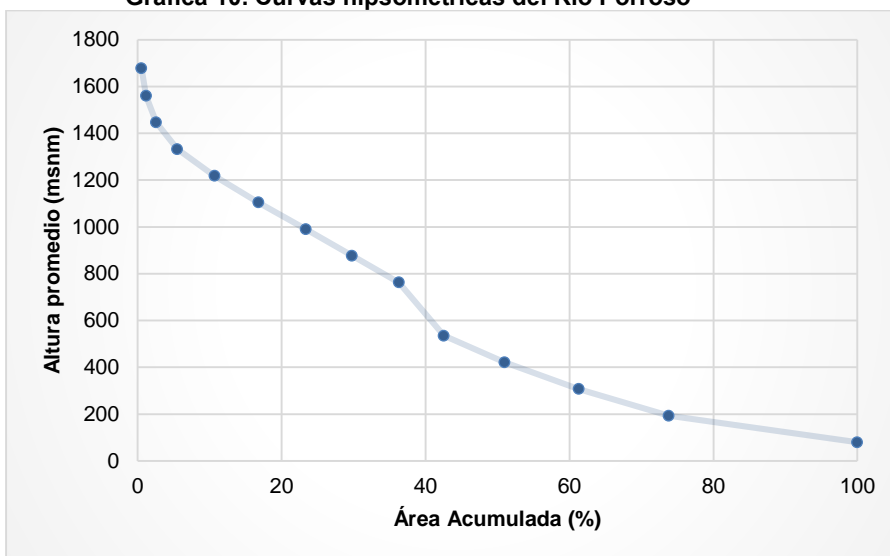
1.1.1.1.10. Río Porroso

Tabla 10. Valores curva hipsométrica Río Porroso

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
29060600	22,42	136,31	79,37	110813850,0	100,00
13835500	136,31	250,20	193,26	81753250,0	73,78
11417375	250,20	364,10	307,15	67917750,0	61,29
9341650	364,10	477,99	421,04	56500375,0	50,99
6919275	477,99	591,88	534,93	47158725,0	42,56
7224725	705,77	819,66	762,72	40239450,0	36,31
7110450	819,66	933,56	876,61	33014725,0	29,79
7310000	933,56	1047,45	990,50	25904275,0	23,38
6733350	1047,45	1161,34	1104,39	18594275,0	16,78
5751950	1161,34	1275,23	1218,29	11860925,0	10,70
3243675	1275,23	1389,12	1332,18	6108975,0	5,51
1546900	1389,13	1503,01	1446,07	2865300,0	2,59
715025	1503,02	1616,91	1559,96	1318400,0	1,19
603375	1616,91	1737,53	1677,22	603375,0	0,54

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 10. Curvas hipsométricas del Río Porroso



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace cerca a los 1100 msnm y presenta una pendiente prácticamente uniforme hasta cubrir un 35% del área sobre los 700 msnm, luego la pendiente disminuye y continúa de forma uniforme hasta aproximadamente los 200 msnm donde se cubre un área del 75%, a partir de este punto la pendiente disminuye suavemente hasta su desembocadura en el Río León.

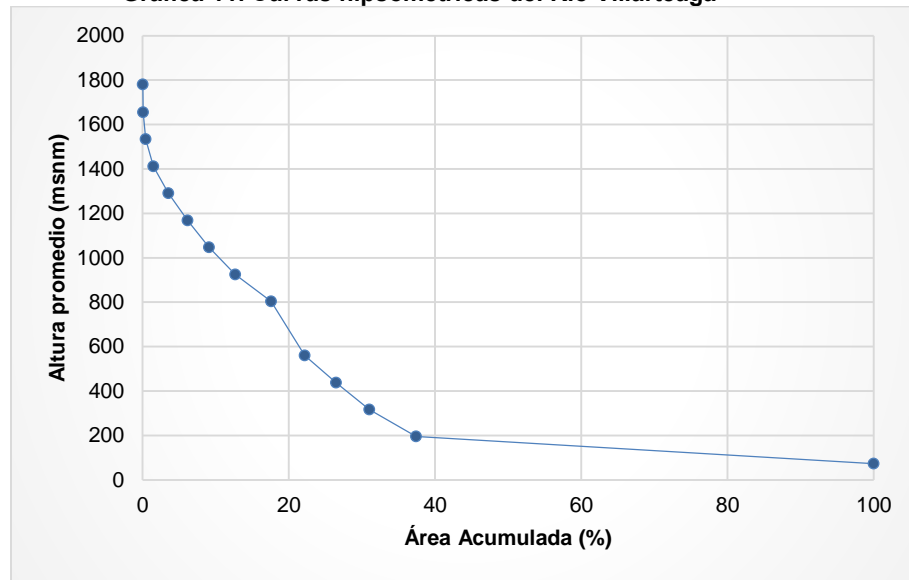
1.1.1.11. Río Villarteaga

Tabla 11. Valores curva hipsométrica Río Villarteaga

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
128242625	12,03	133,75	72,89	204920925,0	100,00
13127900	133,75	255,47	194,61	76678300,0	37,42
9314625	255,47	377,19	316,33	63550400,0	31,01
8801350	377,19	498,91	438,05	54235775,0	26,47
9450225	498,91	620,63	559,77	45434425,0	22,17
10000925	742,35	864,07	803,21	35984200,0	17,56
7378150	864,07	985,79	924,93	25983275,0	12,68
5981425	985,79	1107,51	1046,65	18605125,0	9,08
5412100	1107,51	1229,23	1168,37	12623700,0	6,16
4184950	1229,23	1350,95	1290,09	7211600,0	3,52
2148475	1350,95	1472,67	1411,81	3026650,0	1,48
715850	1472,67	1594,38	1533,52	878175,0	0,43
119775	1594,39	1716,10	1655,25	162325,0	0,08
42550	1716,12	1845,01	1780,57	42550,0	0,02

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 11. Curvas hipsométricas del Río Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 1600 msnm, se puede observar que la cuenca alta presenta una alta pendiente hasta cubrir 15% alrededor del área acumulada, disminuye de forma uniforme hasta los 200 msnm, a partir de ese punto la pendiente disminuye sensiblemente hasta su desembocadura en el Río León.

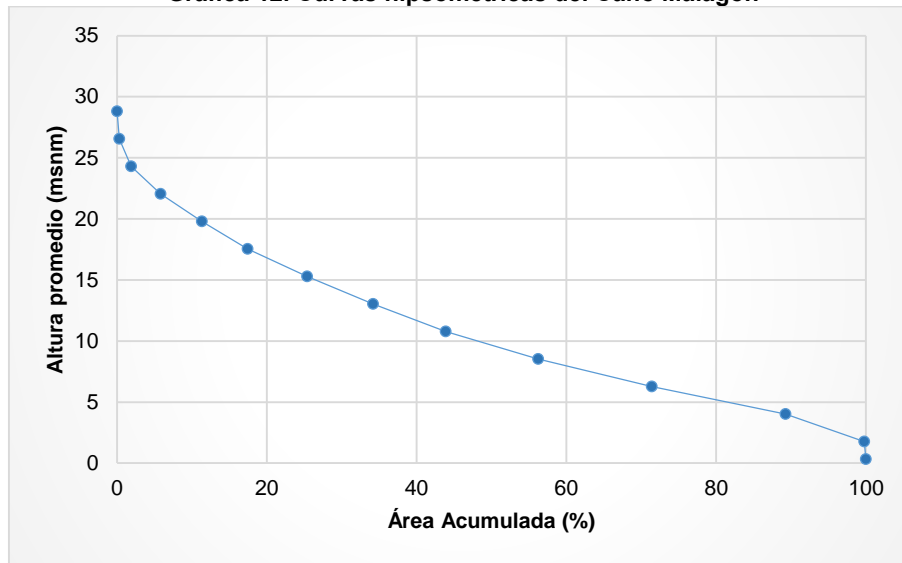
1.1.1.12. Caño Malagón

Tabla 12. Valores curva hipsométrica Caño Malagón

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
170775	0	0,628021	0,31	70063850,00	100,00
7355175	0,628138	2,883407	1,76	69893075,00	99,76
12504900	2,883412	5,138709	4,01	62537900,00	89,26
10618450	5,138722	7,393998	6,27	50033000,00	71,41
8666150	7,394009	9,649304	8,52	39414550,00	56,26
6784700	9,649317	11,904606	10,78	30748400,00	43,89
6169725	11,904608	14,1599	13,03	23963700,00	34,20
5568700	14,159938	16,415203	15,29	17793975,00	25,40
4288750	16,415213	18,670494	17,54	12225275,00	17,45
3851400	18,670521	20,925795	19,80	7936525,00	11,33
2743125	20,925821	23,181095	22,05	4085125,00	5,83
1108500	23,181105	25,436085	24,31	1342000,00	1,92
218375	25,436466	27,69038	26,56	233500,00	0,33
15125	27,692345	29,947002	28,82	15125,00	0,02

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 12. Curvas hipsométricas del Caño Malagón



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

La cuenca nace aproximadamente sobre los 30 msnm, se puede observar que la pendiente disminuye de forma uniforme hasta los 2 msnm, a partir de ese punto la pendiente disminuye drásticamente hasta su desembocadura en el Río León.

1.5.2 Características morfométricas

Una Cuenca Hidrográfica está comprendida por el área o superficie del terreno que aporta sus aguas de escorrentía a un mismo punto de desagüe o punto de cierre.

La escorrentía es el agua que como su nombre lo indica escurre por la superficie terrestre como consecuencia de las precipitaciones pluviales o deshielos. Los flujos de agua se desplazan de una cota superior a una inferior, como consecuencia de la acción de la gravedad. El agua que no se infiltra se llama escorrentía superficial y el agua que se infiltra se llama escorrentía subsuperficial. De estas últimas, parte de ellas escurren paralelas al terreno, pero por debajo de la superficie y parte penetran aún más en la corteza terrestre y se llaman aguas de percolación.

Una cuenca está formada por un entramado de ríos, arroyos y/o cauces de mayor o menor tamaño que conducen los flujos de agua hacia un cauce principal, que es el que normalmente da su nombre a la cuenca; su perímetro es una línea curvada y ondulada que recorre la divisoria de vertido de aguas entre las cuencas adyacentes.

Vale la pena mencionar que existen dos clases de divisorias de aguas, que son la de las superficiales y la de las aguas subterráneas que en ocasiones pueden coincidir.

Los aspectos básicos que deben abordarse cuando se realiza la caracterización de una cuenca hidrográfica, incluyen una correcta descripción de una cuenca hidrográfica y considerar al menos, datos relativos a su situación, tamaño, perímetro, ancho y desnivel longitudinal como aspectos generales, longitud, jerarquización y densidad en cuanto a la

red de drenaje y, finalmente, otros parámetros de relieve y parámetros de forma como la curva hipsométrica o el coeficiente de Gravelius.

Las características morfométricas de las cuencas, permiten establecer relaciones de forma y de relieve, con el fin de calcular parámetros como son el tiempo de concentración, velocidades, pisos térmicos, etc., que son necesarios para la estimación de caudales líquidos y sólidos, por medio de metodologías empíricas, como medio para establecer las condiciones de una cuenca.

Dentro de las características morfométricas más importantes, se incluyen las siguientes:

- **Área de la cuenca – área aferente (A)**

El área de la cuenca corresponde a la superficie del terreno limitado por la divisoria de aguas (Km^2). A continuación (Tabla 13) se presentan los resultados obtenidos de las áreas:

Tabla 13. Área subcuencas y microcuencas

FUENTE HIDRICA		Área (km ²)
Cuencas Tributarias		
120100	Río León	2201,37
120101	Río Grande	173,85
120102	Río Apartadó	158,21
120103	Río Vijagual	165,97
120104	Río Carepa	278,91
120105	Río Chigorodó	335,33
120106	Caño Malagón	66,96
120107	Río Guapá	228,88
120108	Río Juradó	63,84
120109	Río La Fortuna	88,47
120110	Río Porroso	117,71
120111	Río Villarteaga	216,59
Cuencas Abastecedoras		
120101-01	Río Grande	43,37
120101-02	Quebrada El Salto	8,68
120102-01	Bocatoma Salsipuedes	77,66
120105-03	Quebrada Los Cangrejos	4,00
120105-02	Quebrada La Cristalina	3,65
120105-01	Río Chigorodó	201,13
120108-01	Brazo Sucio	26,73

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

- **Cota máxima ($H_{m\acute{a}x}$)**

La mayor altura que se presenta en la cuenca (msnm).

- **Cota mínima ($H_{m\acute{i}n}$)**

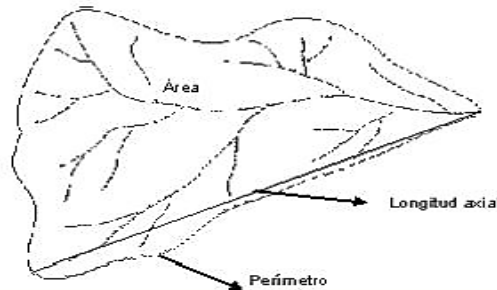
La menor altura que se presenta en la cuenca (msnm).

- **Longitud del cauce principal (Lc)**

Recorrido total del cauce principal, hasta su desembocadura (Km).

- **Longitud axial (La)**

Es la longitud en línea recta entre el punto de salida o descarga de la cuenca y el punto más alejado de este y se mide en Km.



- **Longitud de drenaje (Ld)**

Es la sumatoria de todos los cauces que existen en la cuenca, de acuerdo con la escala del mapa de trabajo.

- **Coefficiente de torrencialidad**

Índice que mide el grado de torrencialidad de la cuenca, por medio de la relación del número de cauces de orden uno con respecto al área total de la misma. A mayor magnitud, mayor grado de torrencialidad presenta una cuenca.

$$Ct = \text{Número de cauces de orden 1} / \text{Área de la cuenca (Km}^2\text{)}$$

La descripción de las características morfométricas, fisiográficas, hidrológicas e hidráulicas entre otros, permite un mejor entendimiento del comportamiento del flujo de agua en la cuenca.

- **Perímetro (P)**

La longitud de la divisoria de aguas (Km).

- **Caída total (H_{total})**

Diferencia entre la cota máxima y la cota mínima (m).

$$H_{total} = (H_{máx}) - (H_{mín})$$

- **Pendiente media (S_m)**

La inclinación del cauce principal, definida por la diferencia en elevación entre la cota mayor y la cota menor dividida por la longitud del cauce principal de la cuenca.

$$S_m = \frac{H_{máx} - H_{mín}}{L}$$

- **Ancho promedio (K_f)**

Relación entre el ancho medio y la longitud del cauce principal de la cuenca. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud del cauce principal (m).

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

- **Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (K_c)**

Relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca. Siendo así, cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular tendrá un coeficiente de compacidad mínimo, igual a 1.

$$K_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Los valores de K_c se pueden interpretar como sigue: $1.00 < K_c < 1.25$, la cuenca es de forma redonda a oval redonda; $1.25 < K_c < 1.50$, la cuenca es de forma oval redonda a oval oblonga y si $1.50 < K_c < 1.75$, la cuenca es de forma oval oblonga a rectangular oblonga (Henao, 1998: 60).

- **Altura media de la cuenca (E)**

La elevación media a la que se ubica la cuenca definida en msnm.

$$E = \frac{H_{máx} + H_{mín}}{2}$$

- **Coeficiente de forma (C_f)**

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$C_f = A \text{ (Km}^2\text{)} / L^2 \text{ (Km)}$$

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, está menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. Si el coeficiente es mayor que 1, la cuenca es alargada. En la Tabla 14, se presenta la clasificación.

Tabla 14. Clasificación por forma

C_f	CLASIFICACIÓN
< 0,22	Muy alargada
0,22 – 0,30	Alargada
0,30 – 0,37	Ligeramente alargada
0,37 – 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 – 0,60	Ensanchada ligeramente
0,60 – 0,80	Ensanchada
0,80 – 1,20	Muy ensanchada
> 1,20	Rodeando el desagüe

• **Pendiente media o promedio de la cuenca (J)**

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo.

$$J = (\sum L_i * E) / A$$

Donde:

- J = Pendiente media de la cuenca.
 L_i = Longitud de cada una de las curvas de nivel (km).
 E = Equidistancia de las curvas de nivel (km).
 A = Superficie de la cuenca (km²).

En la Tabla 15, se presentan las características morfométricas calculadas para cada una de las subcuencas y microcuencas:

Tabla 15. Características morfométricas

CÓDIGO	FUENTE	Área (Km²)	H_{max} (msnm)	H_{min} (msnm)	L_c (Km)	P (Km)	H_{total} (m)	S_m (m/m)	K_F (Km)
120100	Río León	2201,37	1849,2	0,00	157,01	1156,78	1849,2	0,012	14,02
CUENCAS TRIBUTARIAS									
120101	Río Grande	173,85	1028,3	1,00	33,16	65,41	1027,3	0,031	5,24
120102	Río Apartadó	158,21	1088,7	3,00	47,24	83,89	1085,7	0,023	3,35
120103	Río Vijagual	165,97	604,1	2,00	38,08	70,02	602,1	0,016	4,36
120104	Río Carepa	278,91	1537,0	2,50	71,08	131,44	1534,5	0,022	3,92
120105	Río Chigorodó	335,33	1718,9	0,00	56,31	111,92	1718,90	0,031	5,96
120106	Caño Malagón	66,96	29,95	0,00	19,19	35,36	29,95	0,00	3,49
120107	Río Guapá	228,88	1690,8	5,68	32,80	86,08	1685,1	0,051	6,98
120108	Río Juradó	63,84	1416,8	15,33	31,19	58,92	1401,5	0,045	2,05
120109	Río La Fortuna	88,47	1687,6	16,57	31,06	59,84	1671,1	0,054	2,85
120110	Río Porroso	117,71	1737,5	22,42	29,95	56,31	1715,1	0,057	3,93
120111	Río Villarteaga	216,59	1845,0	12,03	57,54	94,68	1833,0	0,032	3,76
CUENCAS ABASTECEDORAS									
120101-01	Río Grande	43,37	1030,81	56,71	8,40	29,00	974,10	0,116	5,16
120101-02	Q. El Salto	8,68	600,66	99,48	5,43	13,29	501,18	0,092	1,60
120102-01	Bocatoma Salsipuedes	77,66	1088,67	54,95	16,02	46,26	1033,72	0,065	4,85
120105-03	Q. Los Cangrejos	4,00	1646,88	451,41	3,11	8,74	1195,47	0,384	1,29
120105-02	Q. La Cristalina	3,65	1616,09	297,57	4,48	12,05	1318,52	0,294	0,81
120105-01	Río Chigorodó	201,13	1718,95	24,80	29,36	66,44	1694,15	0,058	6,85
120108-01	Brazo Sucio	26,73	1416,57	71,42	10,35	27,73	1345,2	0,130	2,58

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

FUENTE	K _C	C _F	E (msnm)	J (%)	Ld (Km)	Dd (Km/Km ²)	La (Km)	NC1	Ct
Río León (120100)	6,95	0,09	924,6	24,00	5622,36	2,55	74,00	5322	4,41
CUENCAS TRIBUTARIAS									
Río Grande (120101)	1,40	0,16	514,7	19,83	454,27	2,61	24,29	524	3,01
Río Apartadó (120102)	1,88	0,07	545,8	19,07	425,75	2,69	28,84	476	3,01
Río Vijagual (120103)	1,53	0,11	303,1	12,26	450,47	2,71	26,29	477	2,87
Río Carepa (120104)	2,22	0,06	769,7	17,13	625,92	2,24	57,01	577	2,07
Río Chigorodó (120105)	1,72	0,11	859,5	21,27	731,17	2,18	38,31	857	2,56
Caño Malagón (120106)	1,22	0,2	14,98	3,95	266,48	3,98	14,17	56	0,84
Río Guapá (120107)	1,60	0,21	848,2	14,91	619,78	2,71	22,58	563	2,46
Río Juradó (120108)	2,08	0,07	716,1	23,07	234,52	3,67	24,98	322	5,04
Río La Fortuna (120109)	1,79	0,09	852,1	20,32	242,98	2,75	24,50	237	2,68
Río Porroso (120110)	1,46	0,13	880,0	41,10	500,53	4,25	21,15	756	6,42
Río Villarteaga (120111)	1,81	0,07	928,5	25,55	683,70	3,16	35,60	766	3,54
CUENCAS ABASTECEDORAS									
Río Grande (120101-01)	1,24	0,6	543,8	42,37	156,31	3,60	7,00	239	5,51
Q. El Salto (120101-02)	1,27	0,3	350,1	42,06	24,61	2,83	5,27	36	4,12
Bocatoma Salsipuedes (120102-01)	1,48	0,3	571,8	39,50	232,88	3,00	11,54	334	4,30
Q. Los Cangrejos (120105-03)	1,23	0,4	1049	54,34	11,45	2,86	3,30	15	3,75
Q. La Cristalina (120105-02)	1,78	0,2	956,8	57,91	9,15	2,51	5,09	9	2,47
Río Chigorodó (120105-01)	1,32	0,2	871,9	30,39	553,32	2,75	19,47	702	3,49
Brazo Sucio (120108-01)	1,51	0,2	744	47,56	101,40	3,79	10,13	179	6,70

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.5.3 Curvas hipsométricas

Es la representación gráfica de la variación altitudinal de una cuenca, por medio de una curva tal, que a cada altura le corresponde un respectivo porcentaje del área ubicada por encima de esa altura, es decir, representa el área acumulada en porcentaje contra la altura sobre el nivel del mar. Con la curva hipsométrica se conoce la distribución o representación gráfica de las variaciones del relieve de la cuenca. A partir de la curva hipsométrica se puede determinar la elevación mediana de la cuenca, la cual equivale a la cota correspondiente al 50% del área de la cuenca.

En la Tabla 1, se presentan los valores para el cálculo para la curva hipsométrica y en la Gráfica 1, se presentan las curvas hipsométricas de la cuenca, subcuencas y microcuencas del Río León. Se puede apreciar que prácticamente el 50% del área de la cuenca presenta pendientes relativamente altas y el otro 50% bastante pequeñas.

1.5.3.1 Cuencas Abastecedoras

1.1.1.1.13. Río Grande

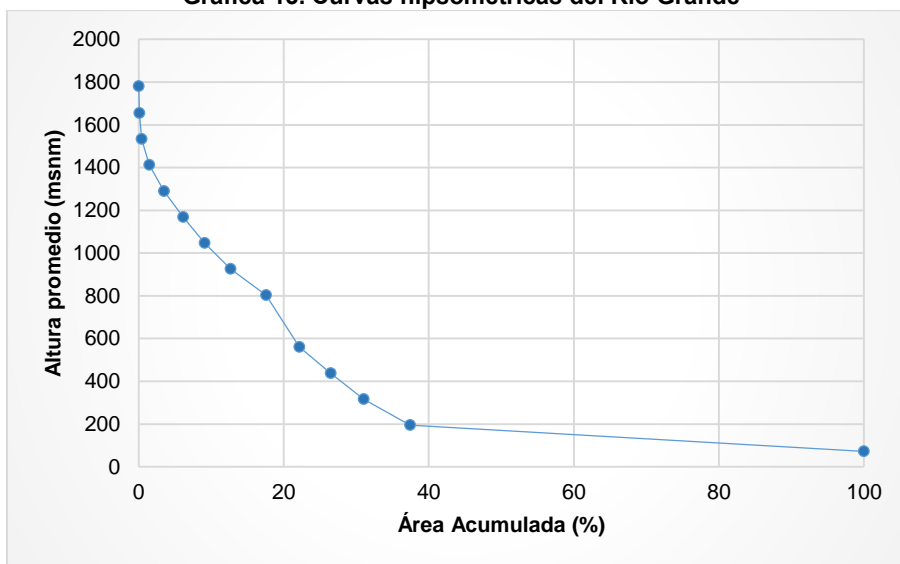
Tabla 16. Valores curva hipsométrica Río Grande

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
2672175	56,714664	121,399162	89,06	43272300,00	100,00
4486250	121,399818	186,084229	153,74	40600125,00	93,82
6773725	186,084427	250,769165	218,43	36113875,00	83,46
7784475	250,769501	315,454102	283,11	29340150,00	67,80
7040125	315,454163	380,138672	347,80	21555675,00	49,81
4736650	380,139099	444,8237	412,48	14515550,00	33,54
2416775	444,825104	509,507965	477,17	9778900,00	22,60

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
1887775	509,509155	574,192932	541,85	7362125,00	17,01
1322125	574,194031	638,878357	606,54	5474350,00	12,65
1191150	638,87854	703,562073	671,22	4152225,00	9,60
1215750	703,565186	768,248047	735,91	2961075,00	6,84
1037550	768,248413	832,932922	800,59	1745325,00	4,03
539500	832,935547	897,613464	865,27	707775,00	1,64
143125	897,629883	962,286316	929,96	168275,00	0,39
25150	962,331055	1030,80774	996,57	25150,00	0,06

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 13. Curvas hipsométricas del Río Grande



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

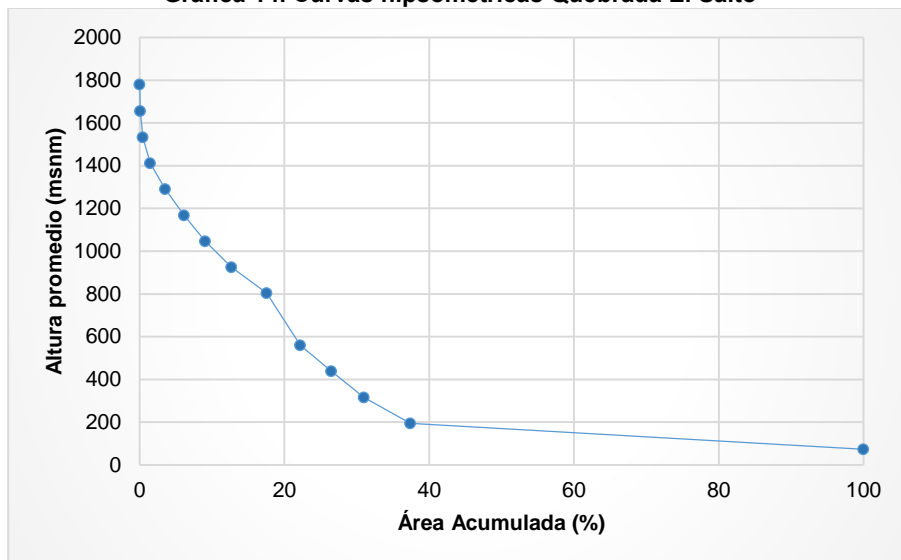
1.1.1.14. Quebrada El Salto

Tabla 17. Valores curva hipsométrica Quebrada El Salto

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
106025	99,479858	132,882645	116,18	8668425,00	100,00
265950	132,895325	166,301682	149,60	8562400,00	98,78
388575	166,304443	199,714859	183,01	8296450,00	95,71
632125	199,718338	233,126953	216,42	7907875,00	91,23
873650	233,127899	266,539703	249,83	7275750,00	83,93
1091100	266,540375	299,949921	283,25	6402100,00	73,86
1202625	299,952423	333,363403	316,66	5311000,00	61,27
1328050	333,363739	366,774445	350,07	4108375,00	47,39
1162750	366,775665	400,186249	383,48	2780325,00	32,07
748075	400,188293	433,599274	416,89	1617575,00	18,66
476025	433,602264	467,010529	450,31	869500,00	10,03
242900	467,013214	500,419189	483,72	393475,00	4,54
104800	500,440125	533,817383	517,13	150575,00	1,74
40600	533,835999	567,144409	550,49	45775,00	0,53
5175	567,256836	600,659424	583,96	5175,00	0,06

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 14. Curvas hipsométricas Quebrada El Salto



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

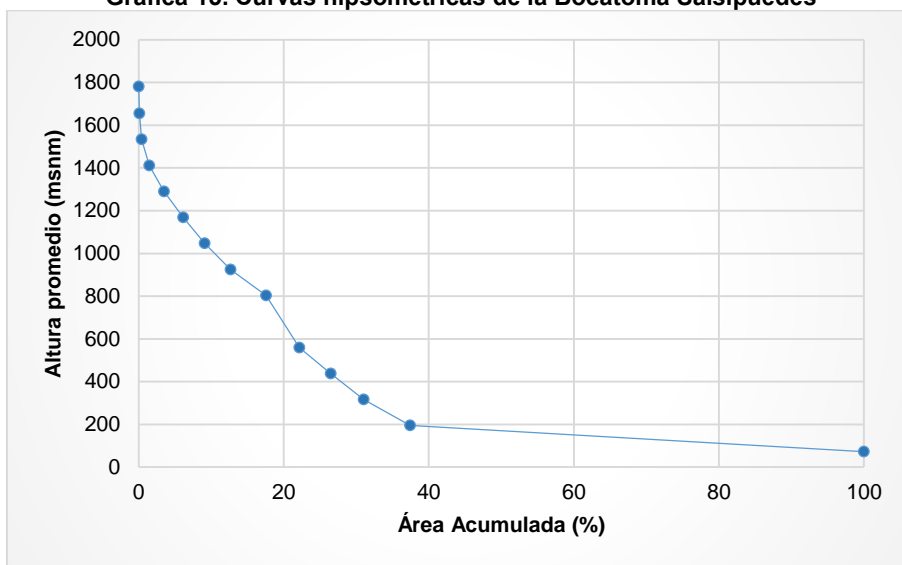
1.1.1.15. Bocatoma Salsipuedes

Tabla 18. Valores curva hipsométrica de la Bocatoma Salsipuedes

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
3885225	54,948765	123,863434	89,41	77512400,00	100,00
8607800	123,863983	192,778687	158,32	73627175,00	94,99
12300550	192,778793	261,69342	227,24	65019375,00	83,88
13466500	261,693787	330,608734	296,15	52718825,00	68,01
9746775	330,608948	399,523438	365,07	39252325,00	50,64
6319300	399,523834	468,438507	433,98	29505550,00	38,07
5116175	468,439789	537,353699	502,90	23186250,00	29,91
4520150	537,353882	606,267578	571,81	18070075,00	23,31
3393625	606,269348	675,182861	640,73	13549925,00	17,48
2906725	675,185547	744,097839	709,64	10156300,00	13,10
2715125	744,100342	813,013	778,56	7249575,00	9,35
2359625	813,014221	881,927368	847,47	4534450,00	5,85
1282225	881,933105	950,843567	916,39	2174825,00	2,81
721850	950,854004	1019,75812	985,31	892600,00	1,15
170750	1019,76135	1088,67371	1054,22	170750,00	0,22

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 15. Curvas hipsométricas de la Bocatoma Salsipuedes



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

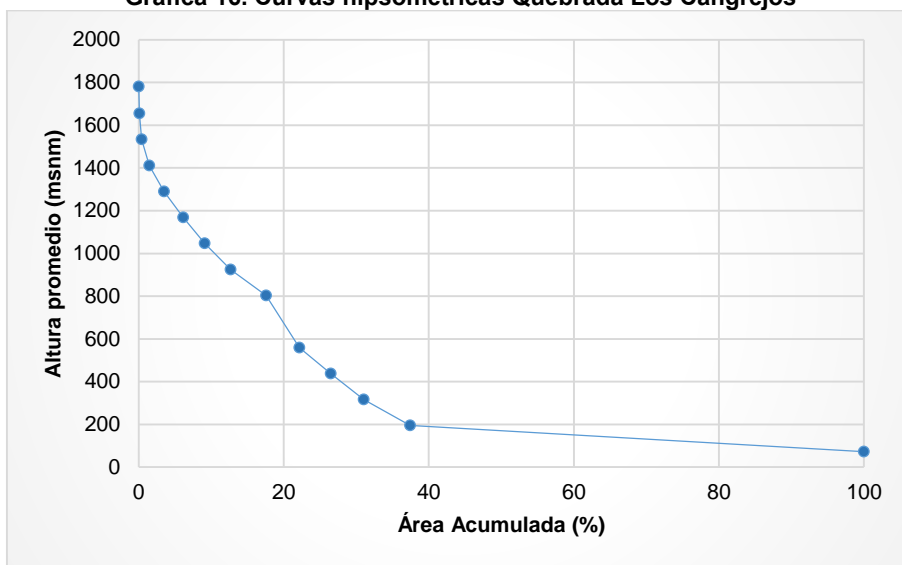
1.1.1.1.16. Quebrada Los Cangrejos

Tabla 19. Valores curva hipsométrica Quebrada Los Cangrejos

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
198850	451,409515	531,102966	491,26	3991050,00	100,00
662525	531,109253	610,797485	570,95	3792200,00	95,02
577375	610,805237	690,501099	650,65	3129675,00	78,42
395475	690,507202	770,184875	730,35	2552300,00	63,95
327475	770,201294	849,889893	810,05	2156825,00	54,04
313250	849,899109	929,591064	889,75	1829350,00	45,84
324100	929,596619	1009,29321	969,44	1516100,00	37,99
326150	1009,30225	1088,97925	1049,14	1192000,00	29,87
247025	1088,99585	1168,67261	1128,83	865850,00	21,69
166150	1168,68945	1248,38342	1208,54	618825,00	15,51
129425	1248,3877	1328,07373	1288,23	452675,00	11,34
118925	1328,10193	1407,75098	1367,93	323250,00	8,10
100950	1407,79248	1487,47791	1447,64	204325,00	5,12
71775	1487,52197	1567,12573	1527,32	103375,00	2,59
31600	1567,18762	1646,875	1607,03	31600,00	0,79

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 16. Curvas hipsométricas Quebrada Los Cangrejos



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

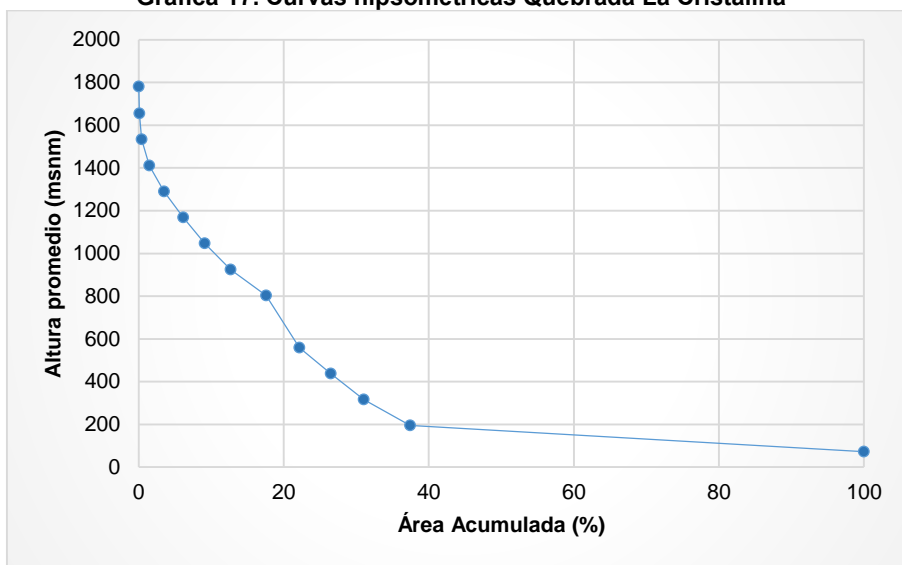
1.1.1.1.17. Quebrada La Cristalina

Tabla 20. Valores curva hipsométrica Quebrada La Cristalina

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
288525	297,568176	385,468384	341,52	3640400,00	100,00
319250	385,478851	473,368439	429,42	3351875,00	92,07
347950	473,373077	561,260986	517,32	3032625,00	83,30
369650	561,277771	649,162048	605,22	2684675,00	73,75
94300	649,218262	737,063965	693,14	2315025,00	63,59
171625	737,099487	824,969666	781,03	2220725,00	61,00
333250	824,979675	912,836914	868,91	2049100,00	56,29
378700	912,888306	1000,77972	956,83	1715850,00	47,13
289450	1000,78168	1088,64954	1044,72	1337150,00	36,73
248200	1088,68567	1176,57556	1132,63	1047700,00	28,78
203200	1176,58557	1264,48389	1220,53	799500,00	21,96
184875	1264,49707	1352,36804	1308,43	596300,00	16,38
178850	1352,38696	1440,25586	1396,32	411425,00	11,30
162950	1440,29334	1528,18567	1484,24	232575,00	6,39
69625	1528,20569	1616,09143	1572,15	69625,00	1,91

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 17. Curvas hipsométricas Quebrada La Cristalina



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

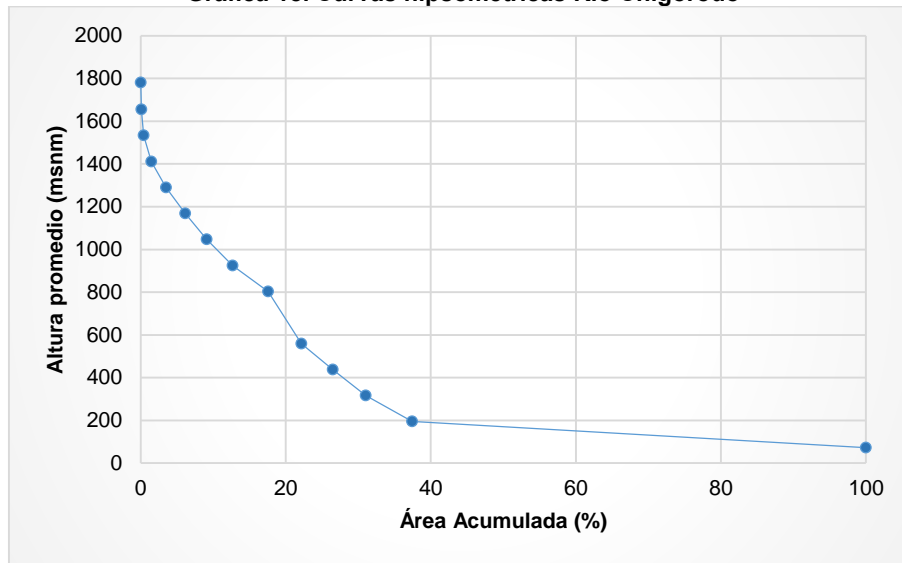
1.1.1.18. Río Chigorodó

Tabla 21. Valores curva hipsométrica Río Chigorodó

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
98185075	24,801247	137,744232	81,27	200768250,00	100,00
31728025	137,744339	250,68718	194,22	102583175,00	51,10
20118350	250,687302	363,630188	307,16	70855150,00	35,29
11218175	363,630371	476,572906	420,10	50736800,00	25,27
8016625	476,573639	589,516357	533,04	39518625,00	19,68
7203900	589,516968	702,458557	645,99	31502000,00	15,69
7184200	702,459534	815,402161	758,93	24298100,00	12,10
4286225	815,40271	928,344666	871,87	17113900,00	8,52
3481825	928,34613	1041,28455	984,82	12827675,00	6,39
2669650	1041,28943	1154,22839	1097,76	9345850,00	4,66
2072725	1154,23206	1267,17334	1210,70	6676200,00	3,33
1697300	1267,17468	1380,11707	1323,65	4603475,00	2,29
1562225	1380,11902	1493,05859	1436,59	2906175,00	1,45
1112175	1493,06262	1605,99927	1549,53	1343950,00	0,67
231775	1606,00794	1718,94666	1662,48	231775,00	0,12

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 18. Curvas hipsométricas Río Chigorodó



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.1.1.19. Brazo Sucio

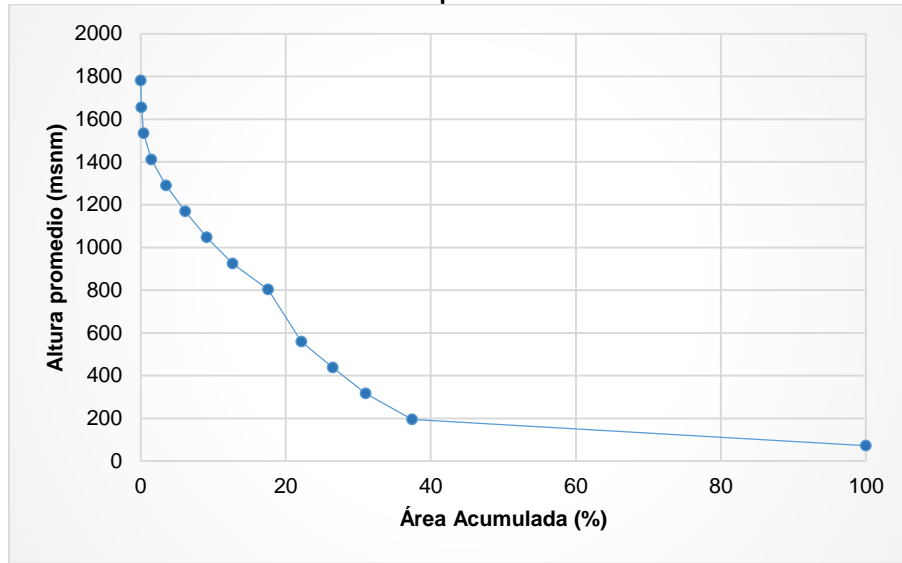
Tabla 22. Valores curva hipsométrica Brazo Sucio

ÁREA (m ²)	MIN (m)	MAX (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	ACUMULADO (m ²)	% ACUMULADO
3912475	71,422211	161,098465	116,26	26681650,00	100,00
2289875	161,100174	250,774597	205,94	22769175,00	85,34
2329200	250,777481	340,451904	295,61	20479300,00	76,75
3271850	340,45224	430,12738	385,29	18150100,00	68,02
1810550	430,129608	519,802795	474,97	14878250,00	55,76
1410525	519,805847	609,479187	564,64	13067700,00	48,98
2057975	609,482727	699,156189	654,32	11657175,00	43,69
2130900	699,161133	788,834473	744,00	9599200,00	35,98
1947400	788,835632	878,510315	833,67	7468300,00	27,99
1462175	878,513245	968,186829	923,35	5520900,00	20,69
1296800	968,188965	1057,86487	1013,03	4058725,00	15,21
1186025	1057,86865	1147,54004	1102,70	2761925,00	10,35
851775	1147,54578	1237,20972	1192,38	1575900,00	5,91
424825	1237,22107	1326,89136	1282,06	724125,00	2,71
299300	1326,89819	1416,57166	1371,73	299300,00	1,12

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018



Gráfica 19. Curvas hipsométricas Brazo Sucio



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.5.4 Tiempos de concentración

Tiempo de concentración: Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos tres estimaciones diferentes (Chow, 1994).

Ramser y Kirpich lo definen como el tiempo al pico T_p , Viessman (1977) lo define como el tiempo comprendido entre el final de la precipitación efectiva y el final de la escorrentía superficial directa. Siendo este último valor, el punto de inflexión del hidrograma después del caudal pico. Témez (1978) lo define como la diferencia entre el tiempo de finalización del hidrograma de escorrentía superficial directa y el tiempo de finalización de la precipitación efectiva.

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración T_c de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo.

➤ Scs-Ranser

$$T_c = 0,97k^{0,385} \text{ siendo } K = \frac{L_c^3}{H}$$

En donde:

- T_c = Tiempo de concetracion (horas).
- H = Diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (pies).
- L_c = Longitud del cauce principal.

➤ California culvert practice

$$T_c = 0,87 \frac{L_c^3}{H}$$

- T_c = Tiempo de concentración (horas).
H = Diferencia entre la cota mayor y la cota menos de la cuenca (m).
L_c = Longitud del cauce principal (km).

➤ Kirpich

$$T_c = 0,066 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)$$

Donde:

- T_c = Tiempo de concentración (horas).
J = Pendiente media del cauce principal (H/L).
H = Diferencia de nivel entre el punto de desagüe y el punto hidrológicamente más alejado (m).
L = Longitud del cauce principal (km).

➤ Temez

$$T_c = 0,3 \left[\frac{L}{S^{0,25}} \right]^{0,76}$$

En donde:

- T_c: Tiempo de concentración (horas).
L: Longitud del cauce principal (km).
S₀: Diferencia de cotas sobre L en porcentaje.

➤ Giandotti

$$T = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{H}}, \text{ siempre que } \frac{L}{3600} \geq T_c \geq \frac{L}{3600 + 1,5}$$

Donde:

- T_c = Tiempo de concentración (horas).
S = Área de la cuenca en km.
i = Elevación media de la cuenca.
L = Longitud del cauce principal (km).

➤ V.T Chow

$$T_c = 0,8773 \left(\frac{L_c^{1.5}}{\sqrt{CMc - Cm_e}} \right)^{0.64}$$

T_c = Tiempo de concentración (horas).
L_c = Longitud del cauce principal (km).
CM_c = Cota mayor del cauce principal (m.s.n.m).
Cm_e = Cota menor del cauce principal (m.s.n.m).

➤ Clarck

$$T_c = 0.335 \left[\frac{A}{S^{0.5}} \right]^{0.593}$$

En donde:

T_c = Tiempo de concentración (horas).
L_c = Longitud del cauce principal (km).
CM_c = Cota mayor del cauce principal (m.s.n.m).
Cm_c = Cota menor del cauce principal (m.s.n.m).

Posteriormente, se estima un T_c promedio para dar determinar la respuesta de cada unidad hidrográfica. En la Tabla 23 se presentan los valores obtenidos del tiempo de concentración, así como el promedio de la cuenca.

Tabla 23. Tiempos de concentración

CÓDIGO	FUENTE HIDRICA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (HORAS)							
		Scs-Ranser Tc	CALIFORNIA Culvert Practice	Kirpich	Temmez	Giandotti	V.T Chow	Clarck	Promedio
CUENCAS TRIBUTARIAS									
120100	Río León	18,42	18,00	17,78	13,52	12,19	10,13	119,34	26,17
120101	Río Grande	3,83	3,75	3,73	3,46	4,00	2,75	19,99	5,19
120102	Río Apartadó	7,92	7,74	7,65	6,60	5,48	5,03	29,29	8,71
120103	Río Vijagual	5,65	5,52	5,49	4,80	4,59	3,79	20,65	6,31
120104	Río Carepa	5,52	5,40	5,35	4,36	5,50	3,72	23,66	6,69
120105	Río Chigorodó	5,80	5,67	5,67	5,21	5,01	3,88	33,18	8,05
120106	Caño Malagón	8,05	7,87	7,83	4,06	14,29	5,10	27,82	11,53
120107	Río Guapá	2,95	2,88	2,86	2,97	2,57	2,21	11,36	3,47
120108	Río Juradó	3,13	3,06	3,05	3,12	3,35	2,32	20,30	4,79
120109	Río La Fortuna	3,17	3,10	3,08	3,08	2,63	2,35	9,88	3,41
120110	Río Porroso	2,80	2,73	2,72	2,85	2,67	2,12	13,24	3,64
120111	Río Villarteaga	5,80	5,66	5,63	5,23	4,23	3,88	22,56	6,62
CUENCAS ABASTECEDORAS									
120101-01	Río Grande	1,65	1,61	1,60	1,73	2,30	1,36	9,97	5,53
120101-02	Quebrada El Salto	0,63	0,61	0,61	0,71	1,11	0,61	2,45	1,00
120102-01	Bocatoma Salsipuedes	0,34	0,34	0,34	0,49	0,49	0,37	1,04	0,42
120105-03	Quebrada Los Cangrejos	0,23	0,23	0,23	0,35	0,45	0,27	1,00	0,43
120105-02	Quebrada La Cristalina	2,75	2,68	2,67	2,81	3,06	2,08	18,13	11,53
120105-01	Río Chigorodó	0,80	0,78	0,78	0,95	1,56	0,75	5,93	3,20
120108-01	Brazo sucio	0,90	0,88	0,88	1,09	1,23	0,82	4,31	2,18

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.5.5 Índice de sinuosidad

El índice o coeficiente de sinuosidad es un índice adimensional que corresponde a la relación dada entre la longitud del río Principal a lo largo de su cauce y la longitud axial del cauce. Su formulación es la siguiente:

$$Is = Lc / La$$

Donde:

Is = Índice de sinuosidad.
Lc = Longitud del cauce principal (Km).
La = Longitud axial (Km).

En la Tabla 24, se presenta la clasificación de la sinuosidad según Schumm (1963) y en la Tabla 25, el índice correspondiente a cada cuenca y su clasificación.

Tabla 24. Clasificación según índice de sinuosidad

ÍNDICE DE SINUOSIDAD	TIPO DE CANAL
<1,2	Canal rectilíneo
1,2 – 1,5	Canal transicional
1,5- 1,7	Canal regular
1,7 -2,1	Canal irregular
>2,1	Canal tortuoso

Fuente: Schumm (1963)

Tabla 25. Índice de sinuosidad

CÓDIGO	FUENTE HIDRICA	LONGITUD CAUCE (Lc) Km	LONGITUD AXIAL (La) Km	ÍNDICE SINUOSIDAD (Is)	TIPO DE CANAL
CUENCAS TRIBUTARIAS					
120100	Río León	157,01	74,00	2,12	Tortuoso
120101	Río Grande	33,16	24,29	1,37	Transicional
120102	Río Apartadó	47,24	28,84	1,64	Regular
120103	Río Vijagual	38,08	26,29	1,45	Transicional
120104	Río Carepa	71,08	57,01	1,25	Transicional
120105	Río Chigorodó	56,31	38,31	1,47	Transicional
120106	Caño Malagón	19,19	14,17	1,35	Transicional
120107	Río Guapá	32,8	22,58	1,45	Transicional
120108	Río Juradó	31,19	24,98	1,25	Transicional
120109	Río La Fortuna	31,06	24,5	1,27	Transicional
120110	Río Porroso	29,95	21,15	1,42	Transicional
120111	Río Villarteaga	57,54	35,60	1,62	Regular
CUENCAS ABASTECEDORAS					
120101-01	Río Grande	8,40	7,00	1,20	Transicional
120101-02	Q. El Salto	5,43	5,27	1,03	Rectilíneo
120102-01	Bocatoma Salsipuedes	16,02	11,54	1,39	Transicional
120105-03	Q. Los Cangrejos	3,11	3,30	0,94	Rectilíneo
120105-02	Q. La Cristalina	4,48	5,09	0,88	Rectilíneo
120105-01	Río Chigorodó	29,36	19,47	1,51	Regular
120108-01	Brazo Sucio	10,35	10,13	1,02	Rectilíneo

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Para la cuenca del Río León, el índice de sinuosidad muestra un valor de 2.12, lo que localiza a la cuenca como un tipo de canal tortuoso respecto a su patrón sinusoidal. Esto quiere decir que su cuenca media y baja, presenta múltiples meandros por su baja pendiente y debe ser tenida en cuenta para el estudio de crecientes.

La mayoría de las cuencas tributarias que descienden de la Serranía de Abibe, presentan un índice transicional, que indica que la cuenca alta y media, presentan cauces rectilíneos y la cuenca baja meandrica, igualmente por la baja pendiente.

1.5.6 Clasificación de forma

1.5.6.1 Según Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (K_c)

Para determinar la clasificación de forma, se toman los resultados obtenidos por medio del Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (K_c), tal como se relacionó anteriormente. En la Tabla 26, se presenta la clasificación.

Tabla 26. Clasificación de forma según índice de compacidad

CÓDIGO	FUENTE HIDRICA	K_c	CLASIFICACIÓN
CUENCAS TRIBUTARIAS			
120100	Río León	6,95	N/A
120101	Río Grande	1,40	Oval redonda a oval oblonga
120102	Río Apartadó	1,88	Rectangular oblonga
120103	Río Vijagual	1,53	Oval oblonga a rectangular oblonga
120104	Río Carepa	2,22	Rectangular oblonga
120105	Río Chigorodó	1,56	Oval oblonga a rectangular oblonga
120106	Caño Malagón	1,22	Redonda a oval redonda
120107	Río Guapá	1,60	Oval oblonga a rectangular oblonga
120108	Río Juradó	2,08	Rectangular oblonga
120109	Río La Fortuna	1,79	Rectangular oblonga
120110	Río Porroso	1,46	Oval redonda a oval oblonga
120111	Río Villarteaga	1,81	Rectangular oblonga
CUENCAS ABASTECEDORAS			
120101-01	Río Grande	1,24	Redonda a oval redonda
120101-02	Q. El Salto	1,27	Oval redonda a oval oblonga
120102-01	Bocatoma Salsipuedes	1,48	Oval redonda a oval oblonga
120105-03	Q. Los Cangrejos	1,23	Redonda a oval redonda
120105-02	Q. La Cristalina	1,78	Oval oblonga a rectangular oblonga
120105-01	Río Chigorodó	1,32	Oval redonda a oval oblonga
120108-01	Brazo Sucio	1,51	Oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.5.6.2 Según Coeficiente de forma (Cf)

De acuerdo con la clasificación de forma, definida anteriormente mediante el coeficiente de forma Cf, se presentan los resultados en la Tabla 27.

Tabla 27. Clasificación de forma (Cf)

CÓDIGO	FUENTE HIDRICA	Cf	CLASIFICACIÓN
CUENCAS TRIBUTARIAS			
120100	Río León	0,09	Muy alargada

120101	Río Grande	0,16	Muy alargada
120102	Río Apartadó	0,07	Muy alargada
120103	Río Vijagual	0,11	Muy alargada
120104	Río Carepa	0,06	Muy alargada
120105	Río Chigorodó	0,13	Muy alargada
120106	Caño Malagón	0,18	Muy alargada
120107	Río Guapá	0,21	Muy alargada
120108	Río Juradó	0,07	Muy alargada
120109	Río La Fortuna	0,19	Muy alargada
120110	Río Porroso	0,13	Muy alargada
120111	Río Villarteaga	0,07	Muy alargada
CUENCAS ABASTECEDORAS			
120101-01	Río Grande	0,61	Ensanchada
120101-02	Q. El Salto	0,29	Alargada
120102-01	Bocatoma Salsipuedes	0,30	Alargada
120105-03	Q. Los Cangrejos	0,41	Ni alargada ni ensanchada
120105-02	Q. La Cristalina	0,18	Muy alargada
120105-01	Río Chigorodó	0,23	Alargada
120108-01	Brazo Sucio	0,25	Alargada

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

En la Tabla se observa que todas las cuencas presentan un coeficiente de forma (Cf), menor que 0.22, lo cual corresponde a cuencas muy alargadas.

1.5.7 Índice de asimetría¹

Las cuencas de drenaje son sensibles a la deformación tectónica y el patrón de sus cauces se verá afectado en mayor o en menor medida según la intensidad de la deformación y la capacidad que posee la cuenca para absorberla. La capacidad para absorber o amplificar la deformación tectónica depende de la competencia plástica de las litologías.

El índice de asimetría de la cuenca de drenaje intenta cuantificar este comportamiento el cual sintetiza la ausencia o existencia de basculamiento a escala de la cuenca de drenaje, mediante una relación porcentual entre las áreas ocupadas por las dos márgenes del cauce principal, (Keller y Pinter, 1996).

La relación adimensional es:

$$AFD = (AD/AT) * 100$$

Donde "AFD" es el valor del índice (porcentaje) calculado para la margen derecha del cauce principal, "AD" es el área correspondiente a la margen derecha, y "AT" el área total de la cuenca de drenaje.

Para calcular la margen izquierda "AFI" la relación es la siguiente:

$$AFI = 100 - AFD$$

¹ Tesis de Grado de Juan Esteban Quijano Cossio

Cuando el valor se aproxima al 50% menor será la influencia de la actividad tectónica en la cuenca; cuanto más se diferencie del 50% mayor influencia tuvo o tiene la incidencia de tectónica deformacional: mayor intensidad de basculamiento (Keller y Pinter, 1996).

En la Tabla 28, se presentan los valores del índice.

Tabla 28. Índice de asimetría

CÓDIGO	FUENTE HIDRICA	AT (Km ²)	AFD	AFI
Cuencas Tributarias				
120100	Río León			
120101	Río Grande	173,85	47,30	52,70
120102	Río Apartadó	158,21	31,27	68,73
120103	Río Vijagual	165,97	37,59	62,41
120104	Río Carepa	278,91	61,04	38,96
120105	Río Chigorodó	335,33	49,89	50,11
120106	Caño Malagón	66,96	46,92	53,08
120107	Río Guapá	228,88	61,63	38,37
120108	Río Juradó	63,84	24,90	75,10
120109	Río La Fortuna	88,47	46,94	53,06
120110	Río Porroso	117,71	58,21	41,79
120111	Río Villarteaga	216,59	51,88	48,12
Cuencas Abastecedoras				
120101-01	Río Grande	43,37	29,79	70,21
120101-02	Q. El Salto	8,68	46,42	53,58
120102-01	Bocatoma Salsipuedes	77,66	30,60	69,40
120105-03	Q. Los Cangrejos	4,00	50,25	49,75
120105-02	Q. La Cristalina	3,65	40,11	59,89
120105-01	Río Chigorodó	201,13	38,34	61,66
120108-01	Brazo sucio	26,73	17,29	82,71

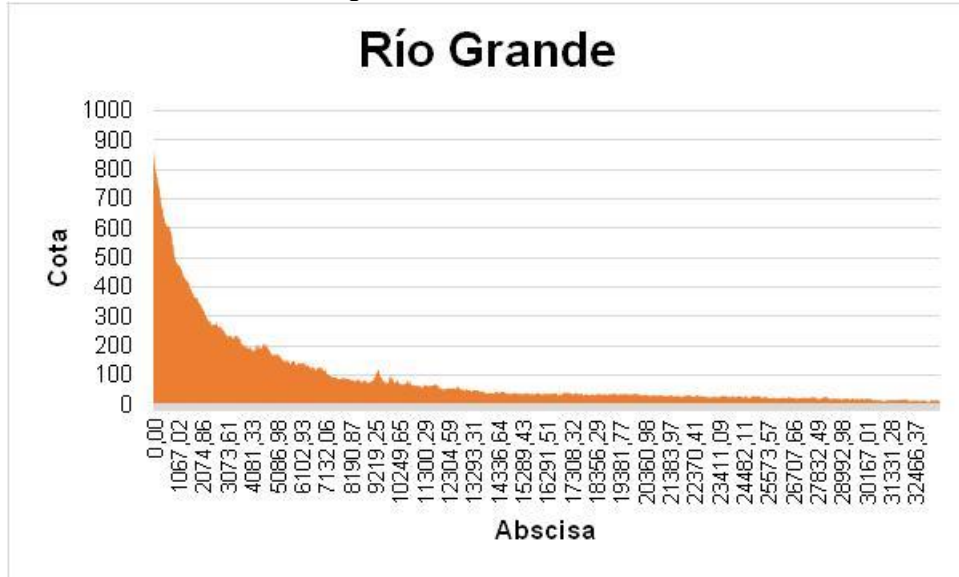
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.5.8 Perfil del cauce principal

Este perfil muestra la evolución de las cotas de altitud del cauce principal. El corte longitudinal, se puede construir con base en batimetrías realizadas en campo o en su defecto con base en los modelos de elevación digital mundiales. El levantamiento de campo del perfil longitudinal puede realizarse para toda la corriente o en su defecto para tramos característicos. Los tramos característicos se pueden delimitar de acuerdo con los sitios de cambios fuertes en las profundidades del Río, puntos de socavación o acumulación, lugares con cambio en el ancho superior del cauce, etc. (Dominguez C., 2010). Para construir del perfil, se realizó una interpolación lineal en el DEM y la corriente, en el eje vertical de tal forma que se representan las cotas del fondo del Río para cada punto de la corriente. Los perfiles de cada una de las unidades de análisis que componen la cuenca se muestran a continuación (ver Anexo 3. Morfometría / Perfiles subcuencas Rio Leon):

1.5.8.1 Cuencas Tributarias

Gráfica 20. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Grande



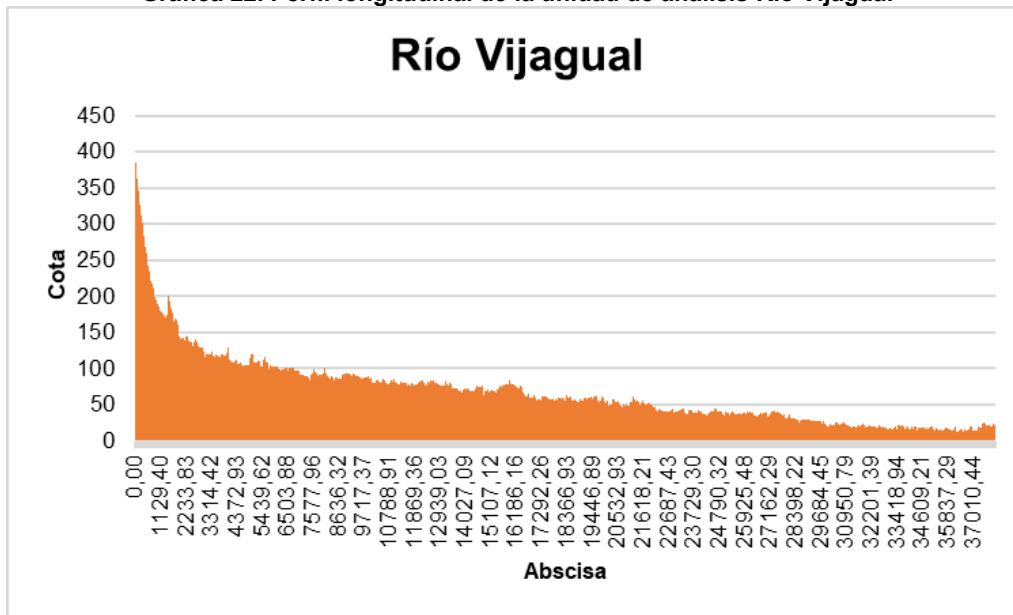
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 21. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Apartadó



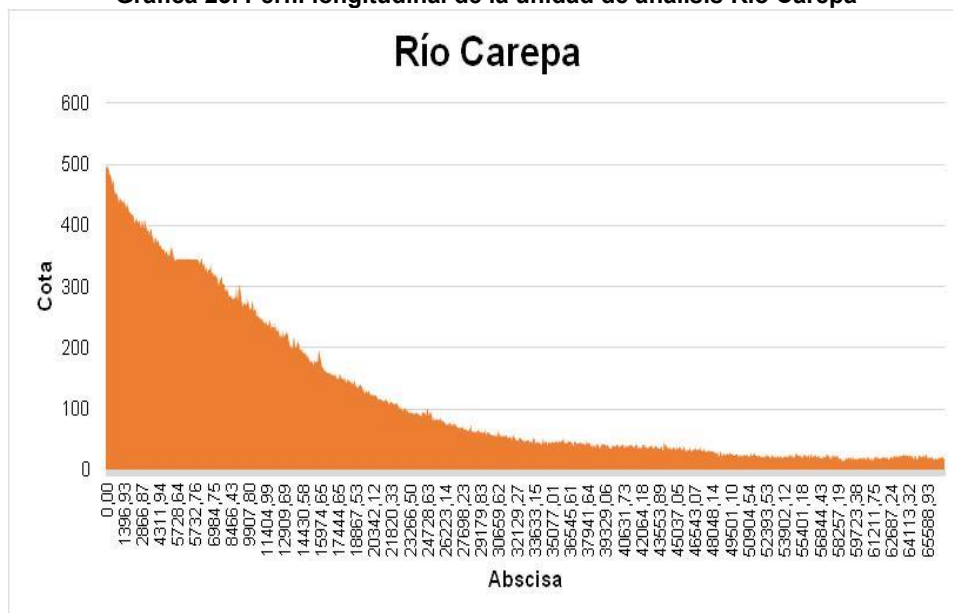
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 22. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Vijagual



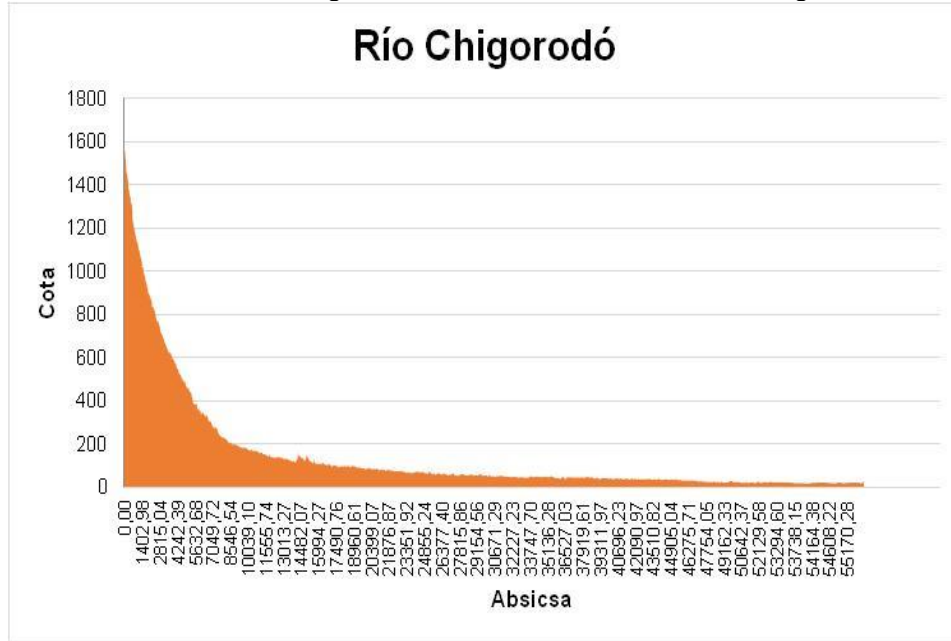
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 23. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Carepa



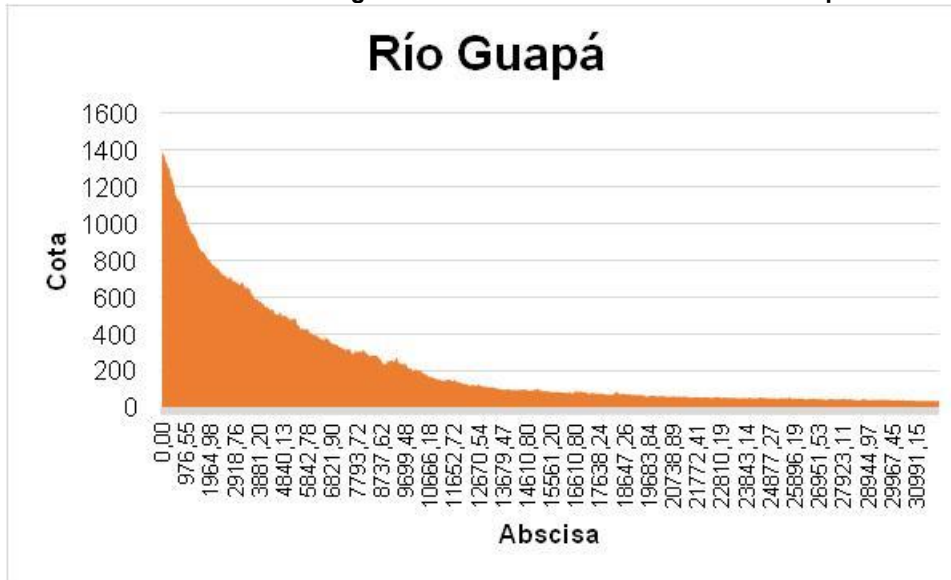
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 24. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Chigorodó



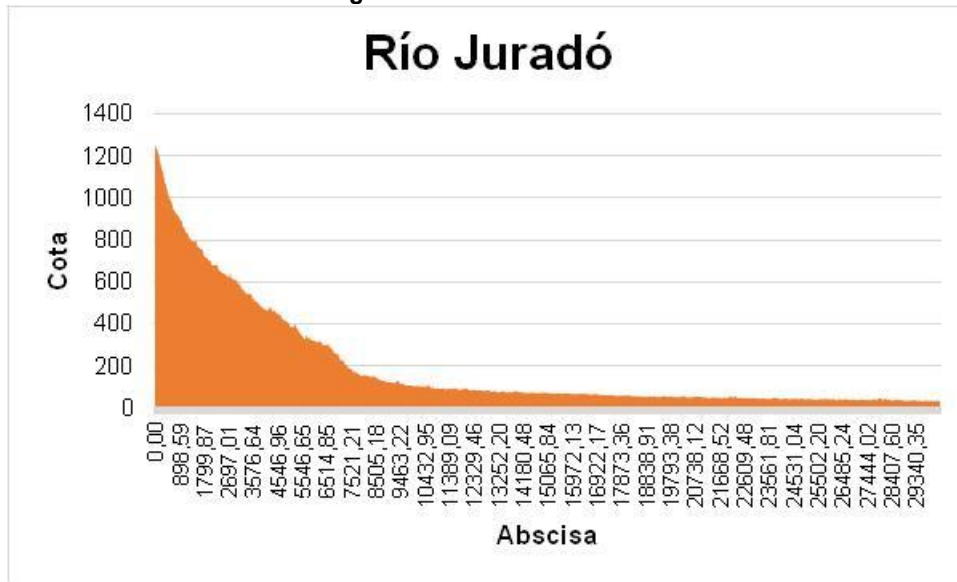
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 25. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Guapá



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 26. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Juradó



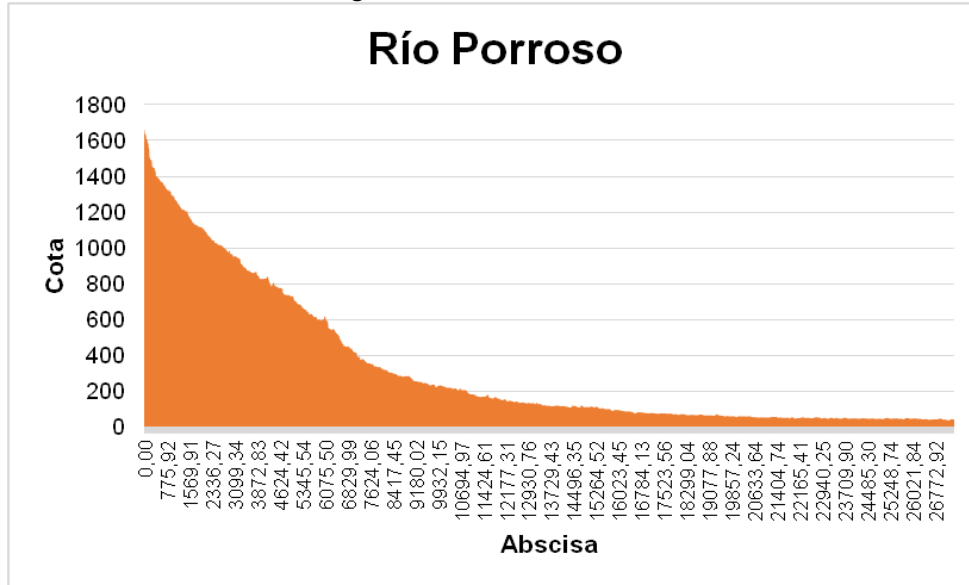
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 27. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río La Fortuna



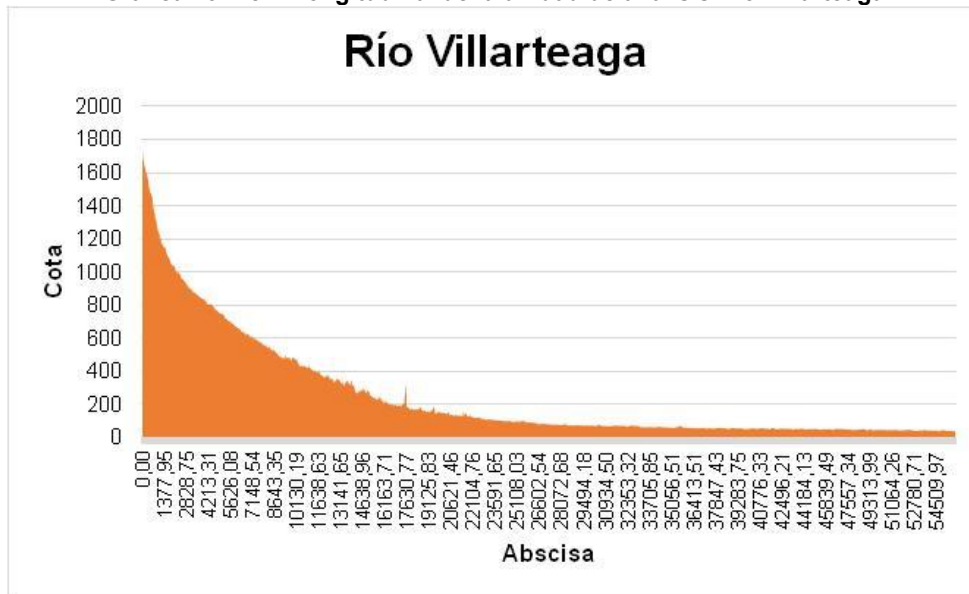
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 28. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Porroso



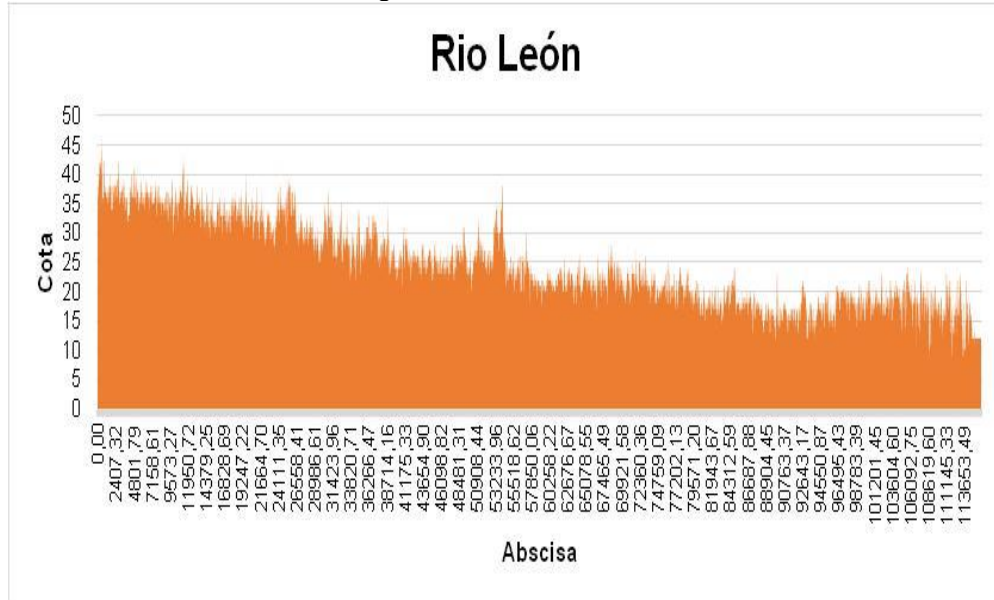
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 29. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Villarteaga



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

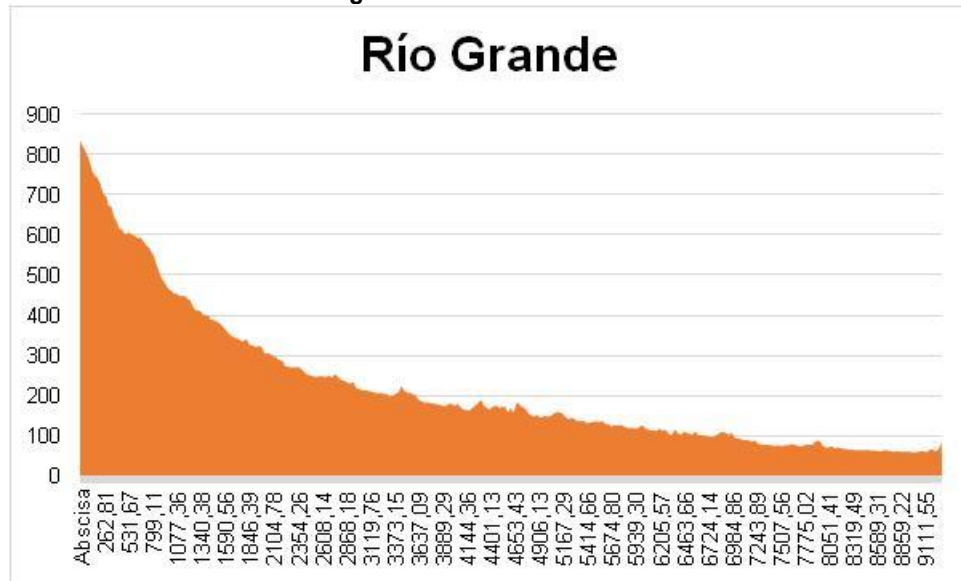
Gráfica 30. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río León



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

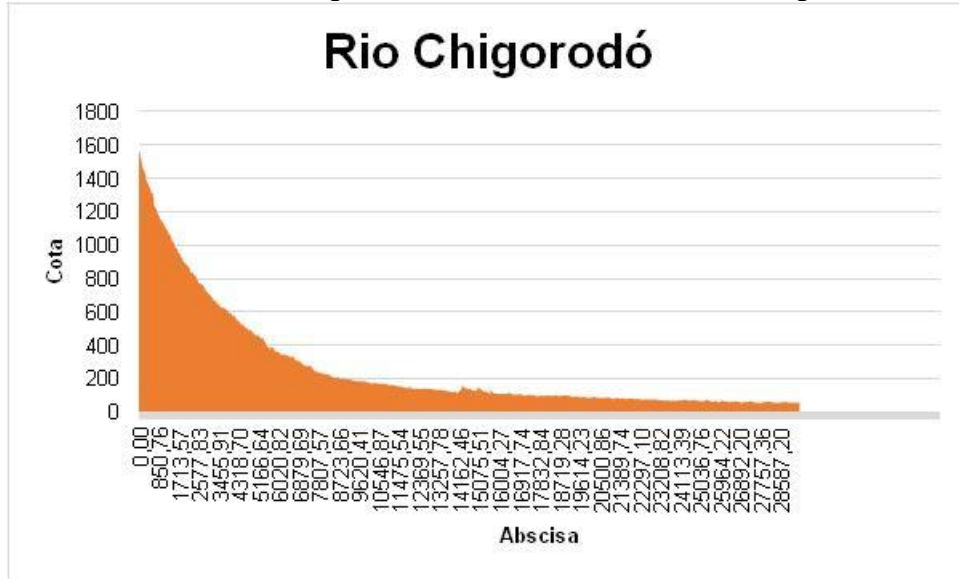
1.5.8.2 Cuencas abastecedoras

Gráfica 31. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Grande



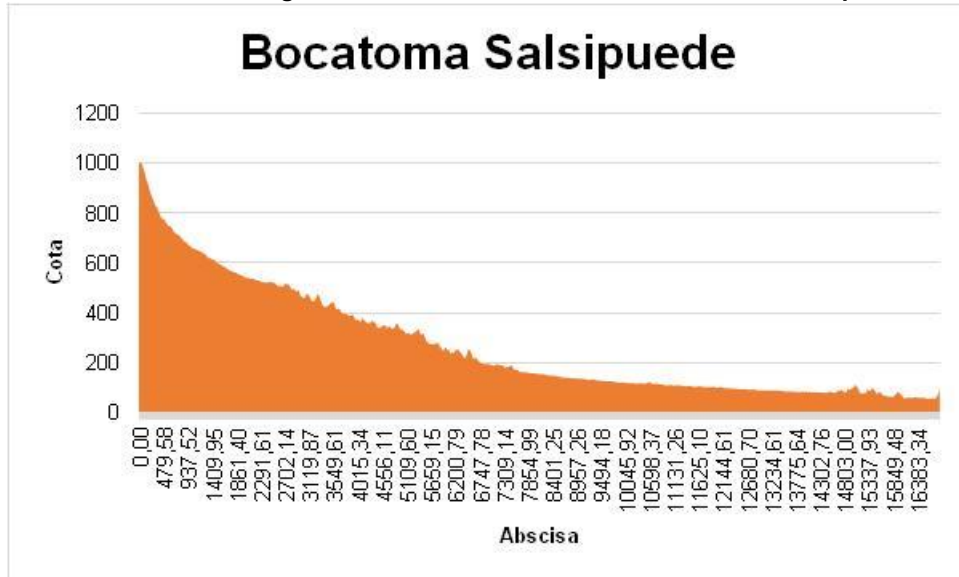
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 32. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Río Chigorodó



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 33. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Bocatoma Salsipuede



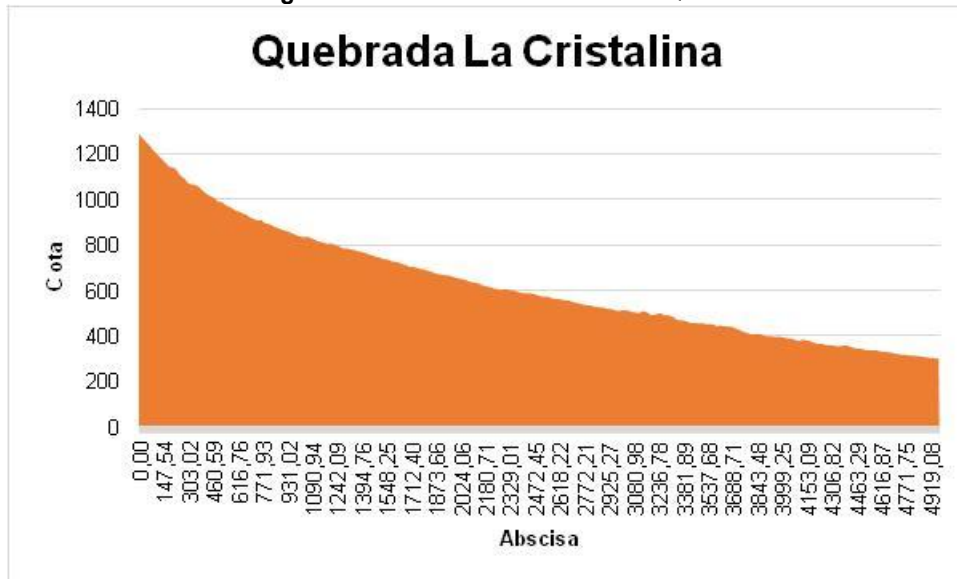
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 34. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Quebrada Los Cangrejos



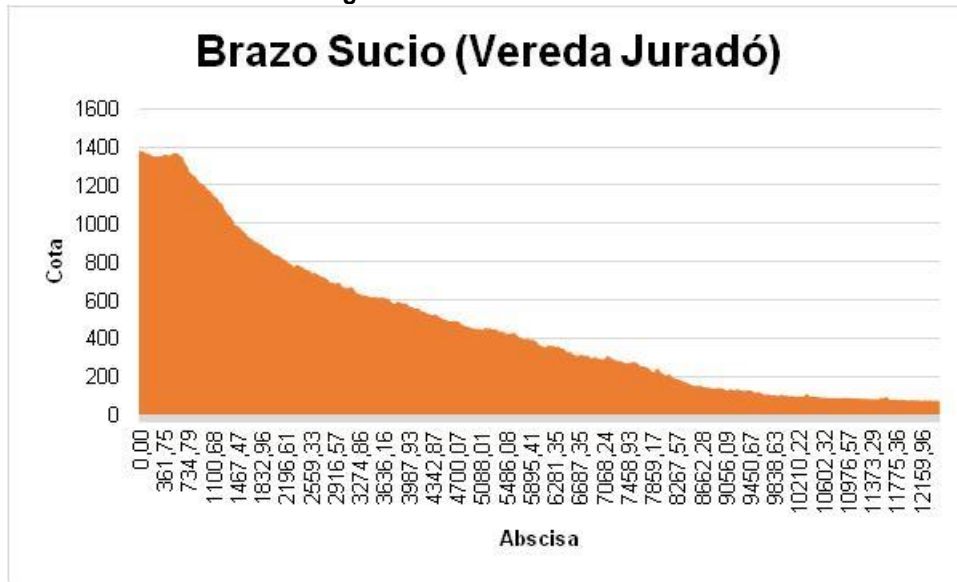
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 35. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Quebrada La Cristalina



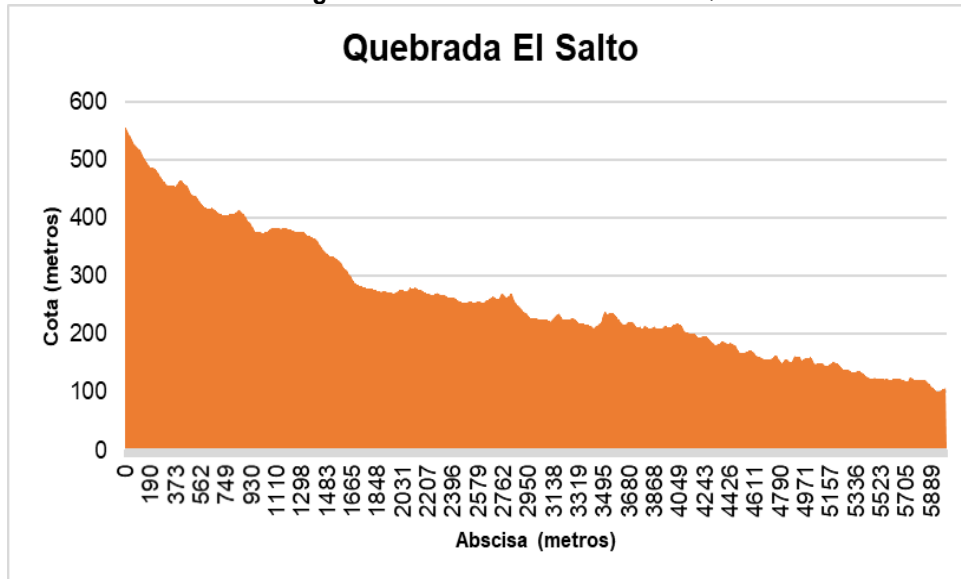
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 36. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Brazo Sucio



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Gráfica 37. Perfil longitudinal de la unidad de análisis Quebrada El Salto



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

2 BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J. *Stream Ecology Structure and Function of Running Waters*. Londres: Chapman & Hall, 1995. p. 388.
- Auboin, J. et. al. (1982). Middle America Trench upper slope. Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project 67: 143-192.
- Ball, M. et. al. (1969). Atlantic Opening and the Origin of the Caribbean. *Nature*, vol. 223, No 5202, p. 167-168, fig. 1-2.
- Barragán, R. et. al (2008). Código estratigráfico norteamericano: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 117, xvi + 48 p., 2 tablas, 11 figuras.
- Bates, R.L. & Jackson, J.A. (1984). *Dictionary of Geological Terms*. Anchor Press, New York, 571 pp.
- Carvajal, J.H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA (1988). Estudio de factibilidad presa de aprovechamiento múltiple sobre el río Chigorodó. Sodeic Ltda. Ingenieros consultores e interventores. Anexo A Climatología y Anexo B Hidrología.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA (2012). Plan de Gestión Ambiental Regional 2012 - 2024 Versión 02. Tomado de: <http://corpouraba.gov.co/sites/default/files/R-PG-01PGARAPROBADO.pdf>
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA & Universidad de Antioquia (2014): Convenio interadministrativo de cooperación 136 de 2013. Escala 1:300.000. Betancur, T., Palacio, P., Gómez, A., Duque, J., Cardona, A., Ossa, J. Posada, J., García, D.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA & Universidad de Antioquia (2014). Actualización del Modelo Hidrogeológico conceptual del Sistema Acuífero del Urabá Antioqueño.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA & Universidad de Antioquia (2014). Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos: Sistema Hidrogeológico Golfo de Urabá. Medellín, 28 p.
- Chow Ven Te (1964). *Handbook of applied hydrology (a compendium of water-resources technology)*. Nueva York, McGraw-Hill.
- Chow, VenTe (1988). *Handbook of Applied Hydrology*.
- Chow Ven Te, Maidment David R., Mays Larry W. (1994). *Hidrología aplicada*. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá.
- Dahmen, E.R. & Hall, M.J. (1990). Screening of hydrological data: Test for stationarity and relative consistency. *Internat. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, ILRI pubn.* No. 49, 58 pp.

- De Porta, J. (1974). Léxico estratigráfico Internacional. América Latina – Colombia. Volumen V, Fascículo 4b. Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Centro Nacional de la Investigación Científica, Paris.
- Dearman, W.R. (1974). Weathering classification in the characterization of rock for engineering purposes in British practice. Bulletin International Assoc. of Engineering Geology.
- Deere, D.U. & Patton, F.D. (1971). Slope stability in residual soils. Proceedings of the fourth Panamerican Conference on Soil mechanics and Foundation Engineering. San Juan de Puerto Rico.
- Donnelly, T.W. (1989). Geologic history of the Caribbean and Central America. In: BALLY, A. W. & PALMER, A. R. (eds.). The geology of North America. Boulder: Geological Society of America, 1989, 299-321.
- Duque-Caro, H. (1990). The Choco Block in the northwestern corner of South America: Structural, tectonostratigraphy and paleogeographic implications. Journal of South American Earth Sciences. Vol. 3, No. 1.
- Elderton W. P. (1953). Frequency curves and correlation, Harren, New York.
- Eslava, J., V. López & G. Olaya (1986c). Los climas de Colombia (Sistema de Caldas - Lang). Atmósfera 7:41- 77. Bogotá.
- Eslava, J. (1992). Perfil altitudinal de la temperatura del aire en Colombia. Geofis. Colomb. 1:37-52. Acad. Colomb. Cienc. Geofis., Bogotá.
- Foster, S.S.D. (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Vulnerability of Soil and Groundwater to pollutants. TNO Committee on Hydrological Research Information nº38, Ed. by W. Van Duijvenbooden and H.G. Van Waegenigh, The Hague: 69-86.
- Foster S. & Hirata, R. (1988). Groundwater pollution risk evaluation assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS, technical manual; Lima, Peru.
- Frisch, W. et. Al (1992). Origin of the Central American ophiolites: Evidence from paleomagnetic results: Geological Society of America Bulletin, 104, 1301–1314.
- García, J.; & Maza, J. Morfología de ríos. Capítulo 11 del manual de ingeniería de ríos. Instituto de Ingeniería UNAM.
- Garzon, F. (2012). Modelamiento estructural de la zona límite entre la microplaca de Panamá y el bloque norandino a partir de la interpretación de imágenes de radar, cartografía geológica, anomalías de campos potenciales y líneas sísmicas. Tesis de Maestría en Ciencias – Geofísica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Geotec (1997): Geología de los Cinturones Sinú - San Jacinto - Planchas 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Escala 1:100.000. Bogotá D. C.
- Hermelin, M. (1987). Bases de geología ambiental. Universidad Nacional de Colombia (seccional Medellín). Medellín.

- Hill A.R. 1996. Nitrate removal in stream riparian zones. *J. Environ. Qual* 25:743-755.
- Ibáñez, D., Castro, E., Duque, T., & Villa, O. (2005). Estudio de microzonificación sísmica de Santiago de Cali. Bogotá.
- INCODER (2006). Proyecto de Adecuación de tierras Urabá, Identificación y análisis de alternativas de suministro de agua, Informe principal, Consultoría S. A.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2006). Índice de disponibilidad hídrica (IDH). Bogotá D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Oficina del Servicio de Pronóstico y Alertas.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010) Estudio Nacional de Agua. Bogotá D.C., 2011.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2013) Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia, Bogotá D.C. Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013. Bogotá D.C., Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2014) Estudio Nacional de Agua. Bogotá D.C., 2015. 496 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2017) Atlas interactivo – Climatológico. Tomado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (1988). Mapa geológico de Colombia a escala 1: 1500000. Bogotá.
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (1995). Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Departamento de Antioquia. Bogotá D. C.
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (2003). Geología de los Cinturones Sinú – San Jacinto 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Bogotá.
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero Ambiental y Nuclear - INGEOMINAS (2004). Geología de los Cinturones del Sinú, San Jacinto y borde Occidental del Valle Inferior del Magdalena Caribe Colombiano. Escala 1:300.000. Bogotá.
- James, K.H. (2005). Arguments for and against the Pacific origin of the Caribbean Plate and arguments for an in-situ origin. *Caribbean Journal of Earth Science*, 39, 47-67.
- James, K.H. (2006). Arguments for and against the Pacific origin of the Caribbean Plate: discussion, finding for an interAmerican origin, *Geologica Acta*, 4(1-2), 279–302.
- Jaramillo Rojas C. C. Molina F M. Betancur T. 2011. Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de CORANTIOQUIA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 10, No. 19, pp. 33-46. Medellín, Colombia.

- Keller, E. A. & Pinter, N. (1996). Active tectonics: Earthquakes uplift and landscapes, Prentice Hall, New Jersey. 362 p.
- Kirpich, ZP (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Engineering, Vol. 10, Junio. P 362.
- Klitgord, K. D. & Schouten, H. (1986). Plate kinematics of the central Atlantic. En: Vogt PR, Tucholke BE (eds) The geology of North America, Vol. M. The Western North Atlantic region. Geological Society of America, Boulder. 351-378.
- Linsley, K. & Paulhus (1975). Hydrology for engineers.
- Maidment D. (1992). Handbook of Hydrology, Capítulo 18.
- Mann, P. (1999). Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic setting from Jurassic to Present. In: Mann, P. (Ed.) Caribbean Basins, Sedimentary Basins of the World, Volume 4. 3 – 31.
- Mejia, O. (2016). El fenómeno de El Niño, tema de la primera jornada técnica de la catedra del agua. Tomado de <http://cta.org.co/actualidad/del-cta/item/275-jornada-tecnica-de-la-catedra-del-agua-2016>
- Meschede, M. & Frisch, W. (1988). The Evolution of the Caribbean Plate and its Relation to plate Motion Vector: Geometric Constraint for an Inter-American Origin.
- Ministerio del Medio Ambiente - MAVDT, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM y Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Mineroambiental y Nuclear – INGEOMINAS, Coralina y CVC (2002). Formulación de proyectos de protección integrada de aguas subterráneas – Guía Metodológica
- Monsalve G. (1995). Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá.
- Montealegre, J. (2014). Actualización del componente meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.
- Organización Meteorológica Mundial – OMM (2011) Guía de prácticas hidrológicas. Ginebra, Suiza.
- Pindell, J. & Barrett, S. (1990). Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: Dengo, G. and Case, J.E. (Eds.) The Geology of North America, Vol H, The Caribbean Region.
- Pindell, J. et. al. (2005). Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arccontinent interactions. En: Ave-Lallemant y Sisson (eds), 2005, Geological Society of America Special Paper 394, 7-52.
- Pindell, J. & Kennan, L. (2009). Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update.
- Quijano, J. E. (2014). Parámetros morfométricos, geomorfológicos y correlación estructural en cinco cuencas hidrográficas de la Cuenca Amagá.
- Rihl H. (1967) Introducción to the atmosphere.

- Roldán G. 2009. Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actualidades Biológicas* vol. 31 (91): 227-237. Medellín Colombia.
- ROLDÁN, G. & J. RAMÍREZ. 2008. *Fundamentos de limnología Neotropical*. 2a. Ed. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias– ACCEFYN.
- Ross, M. I. & Scotese, C. R. (1988). A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Artículo: Tectonophysics*, 155: 139-168
- Schumm, S. (1963). A Tentative Classification of Alluvial River Channels.: an examination of similarities and differences among some graet plains rivers.
- Schumm, S.A. (1963). Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains: *Geol, Soc. America Bull.*, v. 74, p 1089-1100.
- Schumm, S. & Khan, H. (1972). *Experimental Study of Channel Patterns*. Department of Geology and Engineering research center, Colorado State University. Fort Collins, Colorado.
- Servicio Geológico Colombiano – SGC. (2011). Documento metodológico para la elaboración del mapa geomorfológico, para la generación el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá, 86p.
- Strahler, A.N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*. New York.
- Sykes, L.R. et. al. (1982). Motion Caribbean plate during last 7 million years and implications for earlier Cenozoic movements. *Journal of Geophysical Research*, 87(B13): 10656-10676.
- Taboada, A. et. al (2000). Geodynamics of the northerm Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics* 19. Issn: 0278-7407.
- Temez, J.R. (1978 y 1989). *Calculo hidrometereologico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. M. O. P. U. dirección General de Carreteras. Madrid.
- Terry, M. E. (1952). Some Rank order tests which área most powerful against specific parametric alternatives. *Annals of Mathematical Statistics*, 23, 346-366.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell & C.E. Cushing, 1980. The river cohtinum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137
- Vargas, M. & Diaz-Granados, M. (1997). *Curvas sintéticas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia*. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Bogotá.
- Villegas, P. (2017) *Análisis morfométrico de una Cuenca*. Tomado de: <http://www.aguaysig.com/2013/10/analisis-morfometrico-de-una-cuenca.html>
- Villegas, P. P. & Vivas, A. (2008): *Hidrogeología del Acuífero del Eje Bananero de Urabá*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá CORPOURABA. Apartadó, Antioquia.
- Villota, H. (1991). *Geomorfología aplicada a levantamiento edafológicas y zonificación física de tierras*. IGAC, 211p.

Wald, A. & Wolfowitz, J. (1943). An exact test for randomness in the non-parametric case base don serial correlation. Annual Mathematical Statistics, 14, 378-388.

Yue, S. et. al. (2002b). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrological Processes, 16, 1807-1829.