



POMCA

RÍO SUCIO ALTO



FASE DE DIAGNÓSTICO INFORME DE HIDROGRAFÍA

NOVIEMBRE DE 2019

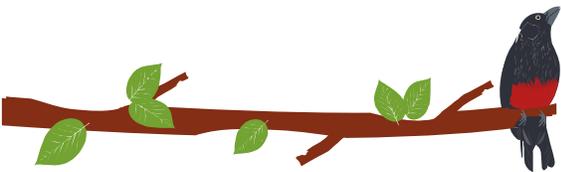
CONTRATO No: 200-10-01-09-0240-2017

CONESTUDIOS S.A.S

NIT.811.044.748-1

PBX: 456 18 27

Carrera 46#45 #10. Oficinas 211-212. Bello, Antioquia



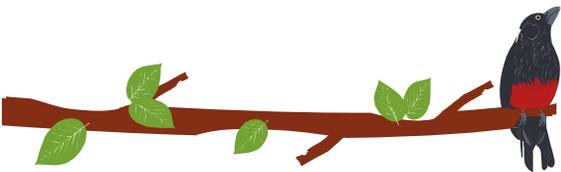
FASE DE DIAGNÓSTICO ÍNFORME DE HIDROGRAFÍA

REGISTRO DE APROBACIÓN:

Versión N°	Elaboró:	Revisó: (Pendiente)	Aprobó: (Pendiente)	Fecha:
		CONESTUDIOS S.A.	CORPOURABA	Entidad: Funcionario: Cargo:

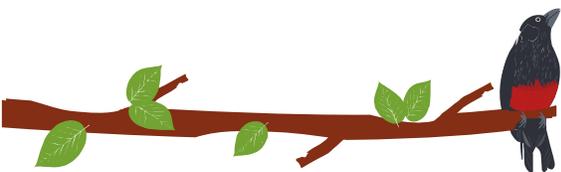
REGISTRO DE MODIFICACIONES:

REVISIÓN		DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES
Número	Fecha	
1	00/00/2018	Ajustes de acuerdo a concepto técnico de CORPOURABA n° _____ del (dd/mm/aaaa) _____
2	00/00/2018	Ajustes de acuerdo a concepto técnico de CORPOURABA n° _____ del (dd/mm/aaaa) _____



Contenido

1	HIDROGRAFÍA	5
1.1	Límites geográficos de la cuenca Río Sucio Alto	7
1.2	Delimitación y codificación de subcuencas y microcuencas	7
1.3	Caracterización de la red de drenaje	12
1.3.1	Jerarquización de la red de drenaje	12
1.3.2	Densidad de drenaje	19
1.3.3	Patrones de alineamiento o drenaje de las corrientes	21
1.4	Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales – IVET	22
1.4.1	Índice morfométrico de torrencialidad.....	23
1.4.2	Índice de variabilidad	27



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la unidad hidrográfica Río Sucio Alto. Elaboración propia.	6
Figura 2. Representación gráfica de las subcuencas en la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia.	10
Figura 3. Representación gráfica de microcuencas abastecedoras de la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia.	11
Figura 4. Jerarquización de la red de drenaje subcuencas Río Sucio Alto. Elaboración propia.	15
Figura 5. Distribución espacial del Índice Morfométrico de Torrencialidad en las subcuencas del RSA.	27

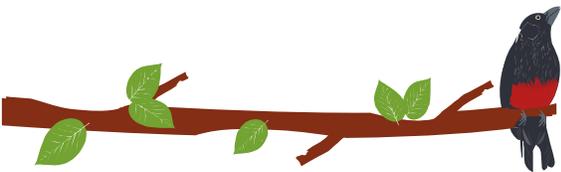
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Punto de Cierre de la Cuenca Río Sucio Alto.	7
Tabla 2. Puntos de captación agua superficial.	7
Tabla 3. Estructura y Codificación cuenca, subcuencas y microcuencas.	8
Tabla 4. Número de orden y relación de bifurcación de la red de drenaje (Subcuencas).	13
Tabla 5. Categorización de la densidad de drenajes.	16
Tabla 6. Densidad de drenajes y corrientes a nivel de subcuencas.	17
Tabla 7. Descripción patrones de drenaje.	18
Tabla 1-8. Categorización de la densidad de drenajes.	20
Tabla 1-9. Densidad de drenajes y corrientes a nivel de subcuencas.	20
Tabla 1-10. Descripción patrones de drenaje.	21
Tabla 11. Relaciones para categorizar el índice morfométrico.	23
Tabla 12. Relaciones entre variables morfométricas para la categorización del índice.	24
Tabla 13. Cálculo del índice morfométrico para las subcuencas jerarquizadas.	24
Tabla 14. Clasificación del índice de vulnerabilidad (IV).	28

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Coeficiente de bifurcación.	12
Ecuación 2. Densidad de Drenaje.	16
Ecuación 3. Densidad de Drenaje.	19
Ecuación 4. Índice de variabilidad.	28





1 HIDROGRAFÍA

La hidrografía del POMCA Río Sucio Alto tiene como objetivo principal la caracterización de la red de drenaje de la cuenca, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados. El contenido presentado a continuación sigue estrictamente lo establecido en el documento: Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia (IDEAM, 2013b), el cual a su vez es metodológicamente basado en la Resolución 0337 del 4 de abril de 1978.

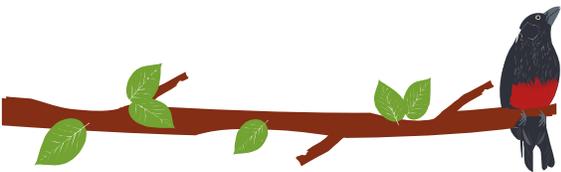
Según esta guía, "... una de las más valiosas herramientas de la práctica hidrológica, después de la zonificación, clasificación e inventario de cuencas, es la codificación de las mismas; que permite estudiar y determinar en forma cuantitativa todos los procesos físicos que contribuyen a la formación y variación espacio temporal del recurso hídrico en una zona determinada; la asignación de un código a la cuenca facilita identificar y diferenciar unas cuencas de otras. Igualmente, el código permite acceder dentro de una base de datos a los diferentes atributos y características morfológicas y fisiográficas e interrelacionar con otras variables, su distribución espacial del agua" (IDEAM, 2013b).

Siguiendo estos lineamientos institucionales, de los cuales se derivaron cinco (5) áreas hidrográficas, 41 zonas y 311 subzonas hidrográficas para el territorio nacional; se identifica que la cuenca en ordenación Río Sucio (1111), se encuentra localizada en el área hidrográfica Caribe, código uno (1), zona hidrográfica Atrato-Darién código (11) y la subzona en la cual se formulan e implementan los planes de ordenación y manejo de cuencas POMCA, corresponde a Río Sucio Alto, código (1111-01) como se puede apreciar en la Figura 1.

La cuenca del río Sucio Alto es de tipo continental, debido a su ubicación. Toma el nombre de río Sucio a partir de la confluencia de los ríos Cañasgordas y La Herradura a unos 800 msnm en la cordillera occidental. El río Cañasgordas nace en las inmediaciones del cerro de las Nutrias, 11 km al sur de la población de la que toma su nombre, en jurisdicción de los municipios de Abriaquí y Giraldo, a unos 3.300 msnm. La cuenca del río Cañasgordas limita con la divisoria de los ríos La Herradura y Tonusco, presentando como cima destacada el cerro de Las Nutrias (aprox. 3.300 msnm); por el Suroriente, con la divisoria del río Tonusco, destacándose el Boquerón de Toyo (Depresión natural 2.200 msnm), los altos Loma Grande (2.700 msnm) y Romero (2.930 msnm); y por el Nororiente con las divisorias de los ríos Cauca y El Chuzá. El río Sucio recorre los municipios de Cañasgordas, Uramita, Dabeiba y Mutatá para desembocar al río Atrato (CORPOURABA, 2007).

La cuenca Río Sucio Alto, se encuentra en la jurisdicción de los municipios de Abriaquí, Cañasgordas, Frontino, Uramita y Dabeiba, de los cuales Abriaquí, Cañasgordas y Uramita, se encuentran totalmente en su interior y Dabeiba y Frontino solo comparten aproximadamente el 50% de sus territorios con la cuenca (Tomado de documento Fase de Aprestamiento).





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

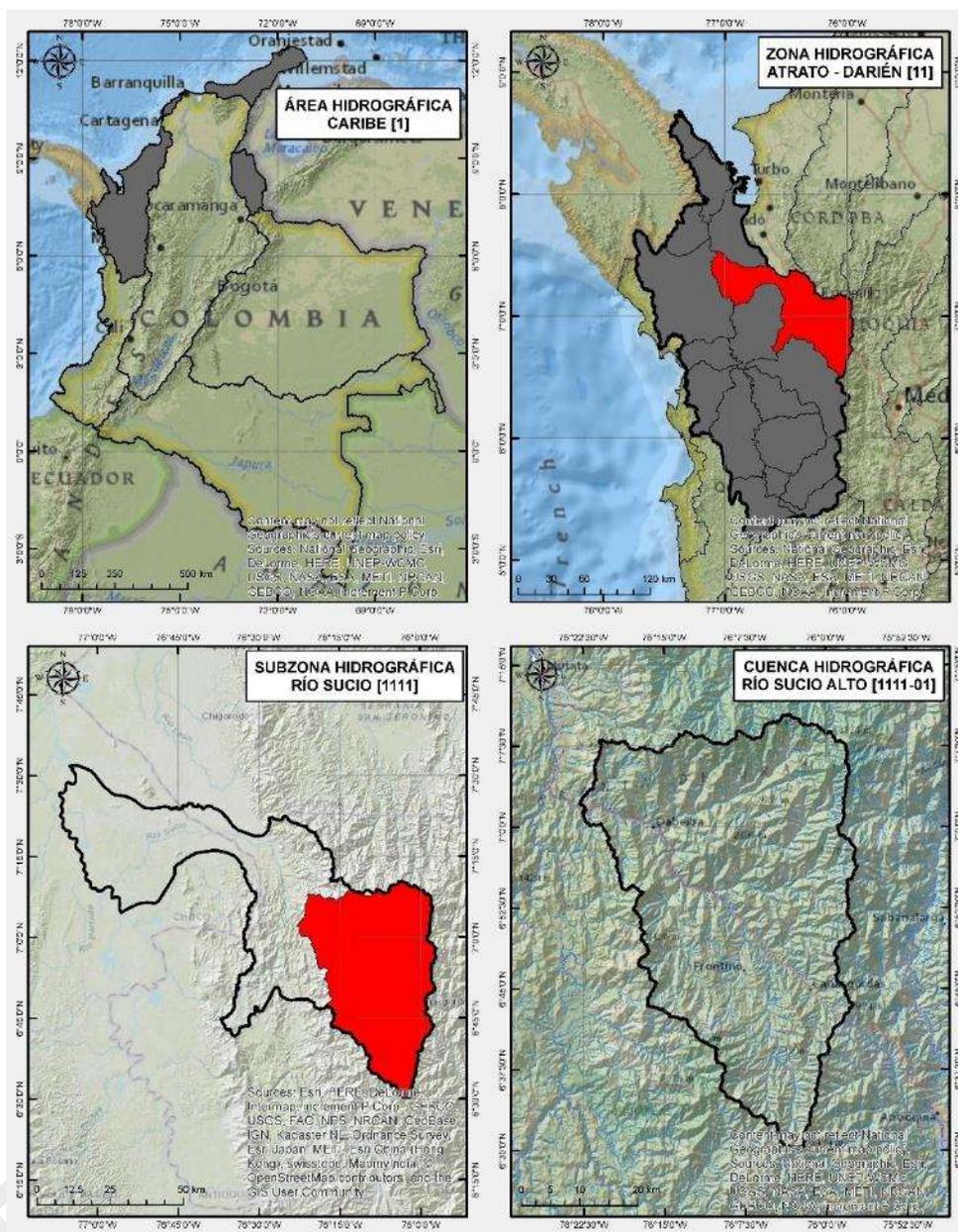
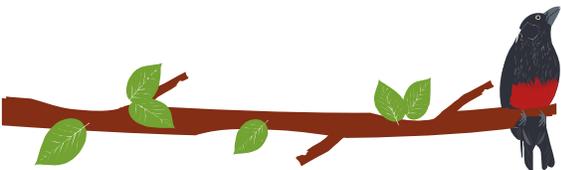


Figura 1. Localización de la unidad hidrográfica Río Sucio Alto. Elaboración propia.

En la Figura 1 se localiza la cuenca en el marco de la Zonificación Hidrográfica Nacional. Arriba a la izquierda el área hidrográfica de la región Caribe la cual incluye la península de La Guajira y la región del Catatumbo. Arriba a la derecha, la zona hidrográfica de los ríos Darién y Atrato (área gris) sobre el Golfo de Urabá. Abajo a la izquierda la subzona hidrográfica del río Sucio (en línea gruesa negra) al oriente en rojo el área de drenaje de la parte alta de la cuenca. Abajo a la derecha, la cuenca alta del río Sucio, objeto de este estudio.





1.1 LÍMITES GEOGRÁFICOS DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO

Los límites geográficos de la cuenca en ordenación con que contaba la corporación no correspondían a una delimitación realizada a escala 1:25.000, dada la poca correspondencia de dicho polígono con la red de drenaje sencillo y doble de la cartografía IGAC en las cuencas de los ríos Sucio (parte alta). Por esta razón se hizo necesario delimitar y ajustar los límites geográficos de la cuenca con el modelo de elevación digital de 12,5 m disponible para este estudio. Dado lo anterior, la cuenca Río Sucio Alto fue delimitada y ajustada realizando un proceso semiautomático con el Modelo de Elevación Digital (DEM) de 12,5 m de resolución espacial, drenajes sencillos y dobles escala 1:25.000 de la cartografía base del IGAC.

Para la estimación de las áreas hidrológicas se utilizó la herramienta de uso libre GRASS GIS (GRASS Development Team, 2017), a partir de la cual se obtuvieron los límites de la cuenca y sus unidades subsiguientes de análisis, basado en la información relacionada atrás y el algoritmo de dirección de flujo múltiple (MFD), el cual permite una estimación de mayor precisión aun en zonas de baja pendiente. Toda la información geográfica de los diferentes componentes en formato matricial y vectorial en este estudio se encuentra bajo referencia Magna-Sirgas Oeste (código epsg 3115). De esta forma, el área obtenida para la cuenca Río Sucio Alto, bajo el sistema de proyección Magna Colombia Oeste, es de 217.475,09 Ha y su perímetro es de 261,94 km. Los resultados obtenidos fueron estimados a partir del punto de cierre descrito en la Tabla 1 sobre el cauce del río Sucio.

Tabla 1. Punto de Cierre de la Cuenca Río Sucio Alto

Nombre	Tipo	ELEVACIÓN (msnm)	ESTE (m)	NORTE (m)
RSA	NIVEL 01	269	1,077,497	1,268,435

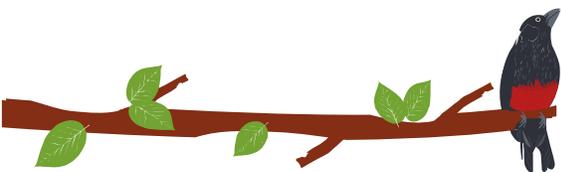
Fuente: Elaboración propia.

1.2 DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS

La guía técnica (IDEAM, 2013b) recomienda que se codifiquen los diversos niveles de las unidades hidrológicas de una cuenca por el sentido derecho del afluente principal, partiendo de un punto de control o de confluencia. Se codificaron 26 subcuencas correspondientes a la jerarquía Nivel 02 de acuerdo con la guía técnica y que corresponden a cauces permanentes. Además, con la información suministrada por CORPOURABA, en cuanto a puntos de captación superficial, se delimitaron 11 microcuencas abastecedoras correspondientes a sistemas lóticos; en la Tabla 2. Puntos de captación agua superficial. se presentan las captaciones mencionadas.

Tabla 2. Puntos de captación agua superficial.

Nombre	Tipo	ELEVACIÓN (msnm)	ESTE (m)	NORTE (m)
Quebrada Antado	NIVEL 03	618	1,088,464	1,268,078
Quebrada Cerrazón	NIVEL 03	878	1,086,869	1,265,649
Quebrada Oso	NIVEL 03	1,280	1,099,568	1,259,314



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Nombre	Tipo	ELEVACIÓN (msnm)	ESTE (m)	NORTE (m)
Quebrada Golondrina	NIVEL 03	2,001	1,089,958	1,240,843
Quebrada Palmichal	NIVEL 03	1,723	1,116,744	1,249,970
Quebrada Piedrahita	NIVEL 03	1,687	1,103,270	1,236,368
Quebrada La Carmelita	NIVEL 03	2,016	1,103,660	1,232,288
Quebrada Media Cuesta	NIVEL 03	1,436	1,115,892	1,237,259
Quebrada Apucarpo	NIVEL 03	1,518	1,116,121	1,236,328
Quebrada Los Chorros	NIVEL 03	2,141	1,113,308	1,226,708
Quebrada Auyameras	NIVEL 03	2,143	1,113,621	1,226,247

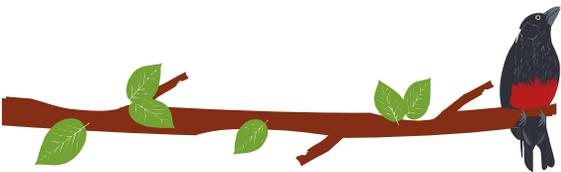
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3. Estructura y Codificación cuenca, subcuencas y microcuencas. se puede consultar los diversos niveles de las unidades hidrológicas de la cuenca. En la Figura 2 se ilustra la espacialización del nivel II (subcuencas) de las unidades hidrológicas, mientras en la Figura 3 se presentan las microcuencas abastecedoras (nivel III).

Tabla 3. Estructura y Codificación cuenca, subcuencas y microcuencas.

AH	ZH	SZH	CUENCA	SUBCUENCA	COD.SUB	MICROCUENCA	COD.MICRO
Caribe [1]	Atrato - Darién [11]	Río Sucio [1111]	Río Sucio Alto [1111-01]	Río Choromando	1111-01-01		
				Directos Río Sucio - Q. Beiba Viejo - Q. El Pital	1111-01-02	Quebrada Cerrazón	1111-01-02-01
				Río Verde Bajo	1111-01-03		
				Río Verde Alto	1111-01-04	Quebrada Golondrina	1111-01-04-01
				Río Musinga	1111-01-05		
				Río Frontino	1111-01-06	Quebrada Carmelita	La 1111-01-06-01
						Quebrada Piedrahita	La 1111-01-06-02
				Río La Herradura	1111-01-07	Quebrada Auyameras	1111-01-07-01
						Quebrada Los Chorros	Los 1111-01-07-02
				Río Canas Gordas	1111-01-08	Quebrada Media Cuesta	1111-01-08-01
						Quebrada Apucarpo	1111-01-08-02
Río Chuza	1111-01-09	Quebrada Palmichal	1111-01-09-01				
Río Santo Domingo	1111-01-10						
Q. El Indio	1111-01-11						



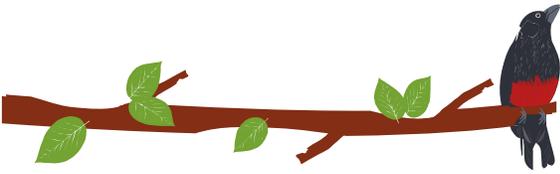


PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

AH	ZH	SZH	CUENCA	SUBCUENCA	COD.SUB	MICROCUENCA	COD.MICRO
				Rio Urama Alto	1111-01-12		
				Rio Paramo	1111-01-13		
				Q. Playones	1111-01-14		
				Q. de Chimiado	1111-01-15		
				Quebrada Antado	1111-01-16	Quebrada Antado	1111-01-16-01
				Rio Quiparado	1111-01-17		
				Directos Rio Sucio - Q. Ambalema	1111-01-18		
				Q. Noboga	1111-01-19		
				Rio Sucio	1111-01-20		
				Rio Uramita	1111-01-21		
				Q. La Esperanza	1111-01-22		
				Q. Encalichada	1111-01-23	Quebrada Oso	1111-01-23-01
				Directos Rio Sucio - Q. Murrabal - Q. Caliche	1111-01-24		
				Rio Urama Bajo	1111-01-25		
				Directos Rio Sucio - Q. Carra	1111-01-26		

Fuente: Elaboración propia.





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

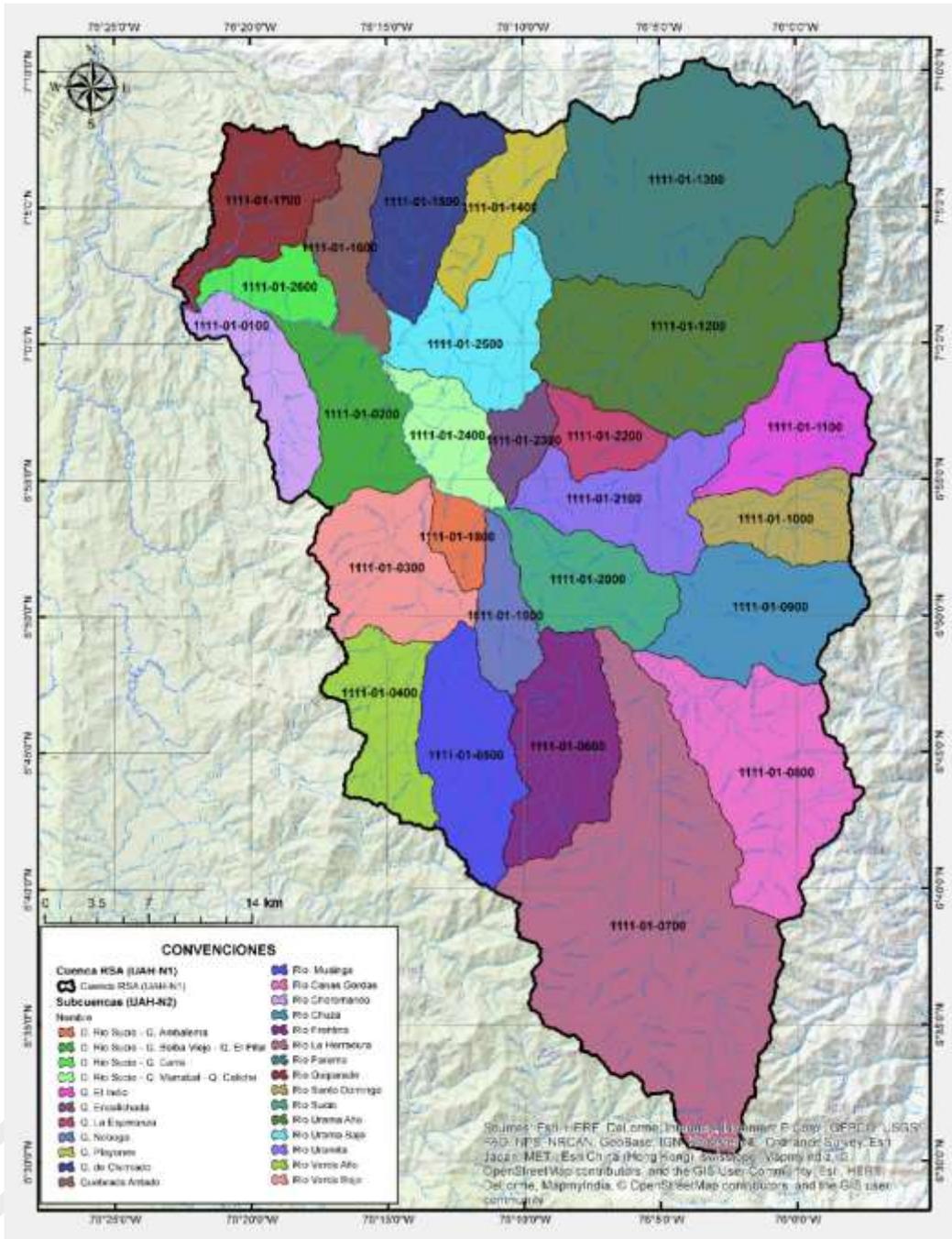
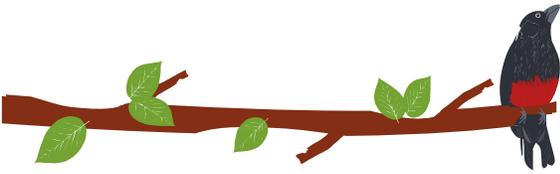


Figura 2. Representación gráfica de las subcuencas en la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia.



PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

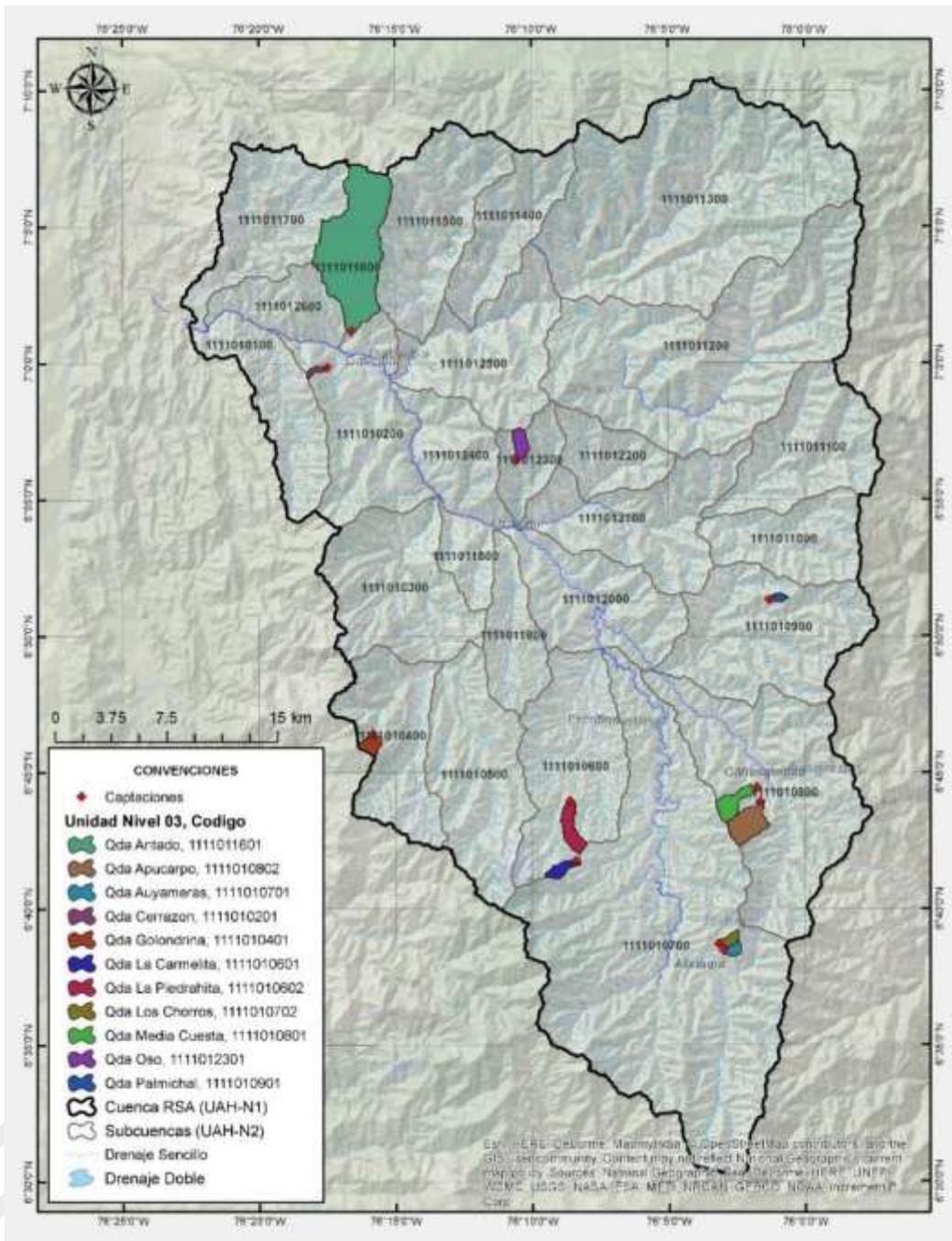
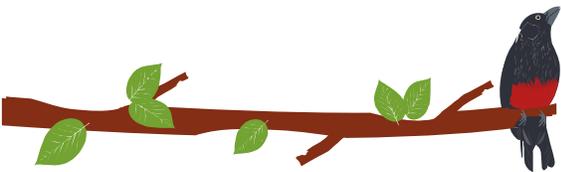


Figura 3. Representación gráfica de microcuencas abastecedoras de la cuenca Río Sucio Alto. Elaboración propia.



1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

La red de drenaje de una cuenca está conformada por el río principal, sus tributarios y en los casos que se presenten, cuerpos de agua como lagos, lagunas y embalses; el conocimiento de su disposición, ramificación y caracterización es básico si se considera su influencia en la respuesta hidráulica e hidrológica de una cuenca.

1.3.1 Jerarquización de la red de drenaje

La jerarquización del drenaje es una clasificación que se da a los cauces de una cuenca, asignándole un valor de acuerdo con el grado de bifurcación, siguiendo la metodología propuesta por Horton (R. ~E. Horton, 1945) y modificada por (Strahler, 1952). De acuerdo con esta metodología, se consideran corrientes de primer orden aquellas que no tienen afluentes y corresponden a los nacimientos de agua; la confluencia de dos corrientes de primer orden da como resultado una de segundo orden y así sucesivamente, en el caso que una o varias corrientes de orden inferior desemboquen en una de orden superior, la corriente conservará la de mayor orden. El orden de los cauces de las subcuencas que conforman la cuenca del Río Sucio Alto, se obtuvo a partir de la cuantificación de corrientes permanentes e intermitentes del mapa topográfico escala 1:25.000 y el procesamiento del Modelo de elevación digital. La ley del número de los cauces de Horton establece la relación de bifurcación como el cociente entre el número de cauces N de orden i y el número de cauces N de orden inmediatamente superior $i + 1$:

Ecuación 1. Coeficiente de bifurcación

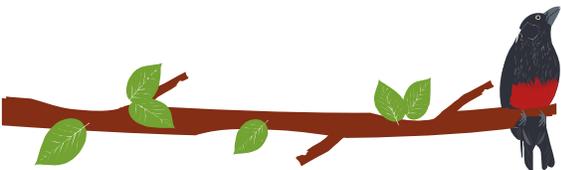
$$R_{b,i,i+1} = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

El valor promedio del radio de bifurcación para las subcuencas se obtiene como la media aritmética de los radios de bifurcación obtenidos entre las combinaciones encontradas para los órdenes de cauces en la red hídrica de la cuenca.

La relación de bifurcación de Horton describe el grado de ramificación entre corrientes de orden contiguo. La relación de bifurcación permite comprender algunas variaciones geocológicas que se producen en el territorio de la cuenca, fundamentalmente cambios importantes en el sustrato rocoso y de los grupos de suelos dominantes. Las cuencas cuya relación de bifurcación permanece constante, indican homogeneidad en las características geocológicas anteriores (Reyes T., Barroso, & Carvajal E., 2010)

Cuando los valores de la razón de bifurcación son bajos, existen picos fuertes en el hidrograma; y cuando son altos, el hidrograma es más uniforme. También, como norma general, valores muy altos de la razón de bifurcación permiten esperar cuencas alargadas, con multitud de tributarios de primer orden, vertiendo a una sola corriente principal (Londoño, 2001).

En la Tabla 4 se presenta el número de orden de cada una de las subcuencas jerarquizadas y el coeficiente de bifurcación. La espacialización de la red de drenaje se puede consultar en la Figura 4.

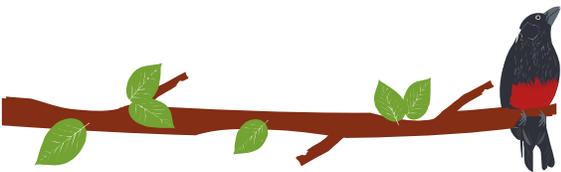


PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

Tabla 4. Número de orden y relación de bifurcación de la red de drenaje (Subcuencas).

Cuenca	Código	Max Orden	Número de Corrientes						Tasas de Bifurcación						R _b Niv. II	
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
R. Choromando	11110101	3	58	13	1					4.5	13.					8.73
D. RSA - Q. Beiba Viejo - Q. El Pital	11110102	3	84	17	5					4.9	3.4					4.17
R. Verde Bajo	11110103	5	80	20	4	1	1			4.0	5.0	4.0	1.0			3.50
R. Verde Alto	11110104	5	67	14	4	2	1			4.8	3.5	2.0	2.0			3.07
R. Musinga	11110105	4	83	16	2	1				5.2	8.0	2.0				5.06
R. Frontino	11110106	5	85	18	4	1	1			4.7	4.5	4.0	1.0			3.56
R. La Herradura	11110107	5	314	68	16	4	1			4.6	4.3	4.0	4.0			4.22
R. Cañas Gordas	11110108	5	135	31	6	2	1			4.4	5.2	3.0	2.0			3.63
R. Chuza	11110109	4	90	18	4	1				5.0	4.5	4.0				4.50
R. Santo Domingo	11110110	4	55	10	3	1				5.5	3.3	3.0				3.94
Q. El Indio	11110111	5	73	18	6	2	1			4.1	3.0	3.0	2.0			3.01
R. Urama Alto	11110112	4	190	46	8	1				4.1	5.8	8.0				5.96
R. Paramo	11110113	5	212	42	11	5	1			5.0	3.8	2.2	5.0			4.02
Q. Playones	11110114	4	51	13	3	1				3.9	4.3	3.0				3.75
Q. Chimiado	11110115	4	72	16	4	1				4.5	4.0	4.0				4.17
Q. Antado	11110116	4	46	9	2	1				5.1	4.5	2.0				3.87
R. Quiparado	11110117	4	76	17	3	1				4.5	5.7	3.0				4.38
D. RSA - Q. Ambalema	11110118	3	21	4	1					5.3	4.0					4.63
Q. Noboga	11110119	4	41	7	2	1				5.9	3.5	2.0				3.79





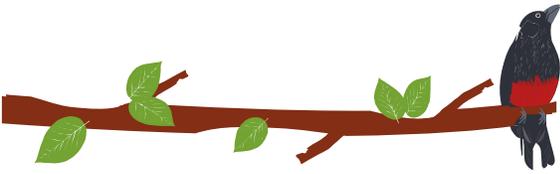
PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

R. Sucio	111101 20	6	63	1 1	3	1	3	1	5. 7	3. 7	3. 0	0. 3	3. 0	3.1 5
R. Uramita	111101 21	5	66	1 5	2	2	1		4. 4	7. 5	1. 0	2. 0		3.7 3
Q. La Esperanza	111101 22	4	34	9	3	1			3. 8	3. 0	3. 0			3.2 6
Q. Encalichada	111101 23	3	20	2	1				1 0.	2. 0				6.0 0
D. RSA - Q. Murrabal - Q. Caliche	111101 24	3	51	7	3				7. 3	2. 3				4.8 1
R. Urama Bajo	111101 25	5	74	1 5	4	3	1		4. 9	3. 8	1. 3	3. 0		3.2 5
D. RSA - Q. Carra	111101 26	2	30	6					5. 0					5.0 0

Fuente: Elaboración propia

EN ETAPA DE PUBLICIDAD





PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

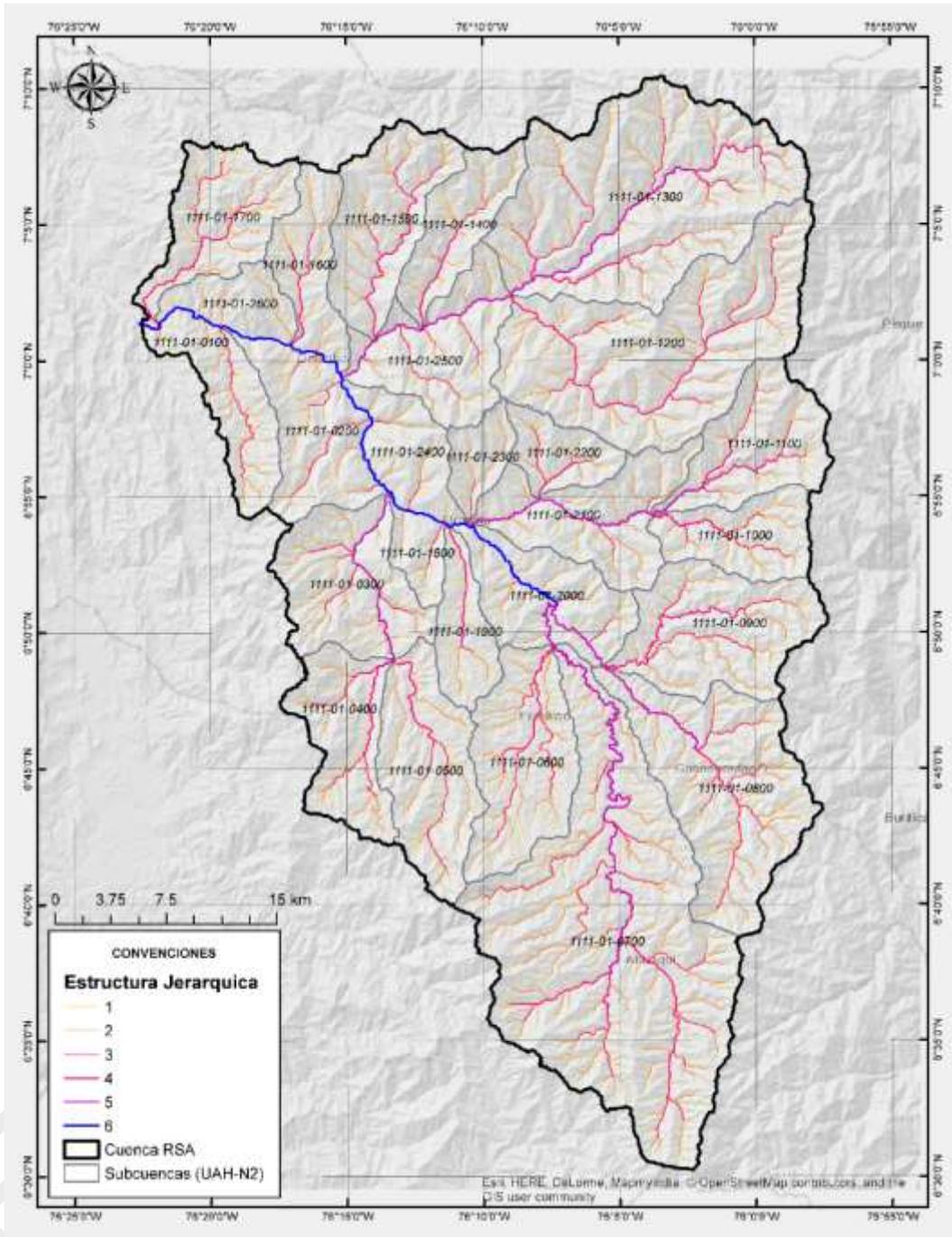
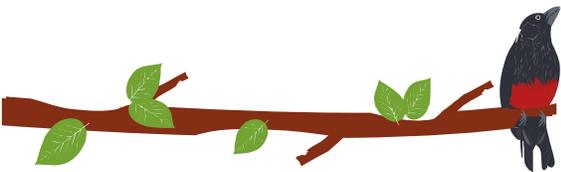


Figura 4. Jerarquización de la red de drenaje subcuencas Río Sucio Alto. Elaboración propia.

La Cuenca Río Sucio Alto presenta un orden jerárquico (método de Strahler) de 6; entre tanto, sus subunidades más representativas (ríos Verde, Frontino, La Herradura, Cañas Gordas, Paramo, Uramita, Urama, Q. El Indio, Musinga, Chuza, Santo Domingo y las quebradas Playones, Chimiado, Antado, Noboga y La Esperanza) presentan ordenes entre 4 y 5. El resto de subunidades en general no representan unidades hidrológicas





correctas (cuenca intermedia y/o ladera) y su corriente principal presentan ordenes entre 2 y 3.

El coeficiente de bifurcación (R_b) en la mayoría de las subcuencas es moderado $R_b > 3$, inclusive llegando a valores muy altos en algunas subunidades por encima de 5. Estos resultados se asocian a unidades hidrográficas con una buena red de drenaje lo cual permite la evacuación más rápida de los excesos.

Densidad de drenaje

Este parámetro se define como el cociente entre la longitud total de los cauces que conforman el sistema fluvial de la cuenca, expresados en kilómetros y el área total de la cuenca, expresada en kilómetros cuadrados (R. Horton, 1945). Matemáticamente se expresa como:

Ecuación 2. Densidad de Drenaje.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n L_{t_i}}{A}$$

Donde n es el número de corrientes extraídas digitalmente del modelo de terreno disponible y A es el área en kilómetros cuadrados la cuenca evaluada. La densidad de la red hidrográfica está controlada por el clima, la geología y la estructura del relieve (Domínguez C., 2010).

El número de corrientes que se obtuvo de la jerarquización de drenajes al dividirla por el área de cada subcuenca clasifica un índice denominado densidad de corrientes.

En la Tabla 5, se presenta una clasificación de la densidad de drenaje propuesta por (Delgadillo S. & Moreno B., 2008), interpretada a escala 1:25.000.

Tabla 5. Categorización de la densidad de drenajes.

Densidad de drenaje (km/km ²)	Categoría
< 1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
> 3	Muy Alta

Fuente: (Delgadillo S. & Moreno B., 2008)

La literatura asocia una densidad de drenaje alta con materiales impermeables a nivel superficial, vegetación dispersa y relieves montañosos (Strahler, 1952). Además de ello, indica que la unidad hidrográfica posee suficiente drenaje para cuando se presentan las tormentas. Una cuenca bien drenada generaría poca oportunidad de darle tiempo a la escorrentía superficial de infiltrarse y percolar a nivel subterráneo, de allí que los acuíferos de estas zonas son de bajos rendimientos o en su defecto el volumen de recarga es muy pobre (Ruiz, 2001). En la Tabla 6 se pueden consultar los resultados de estos parámetros derivados de la red de drenaje.



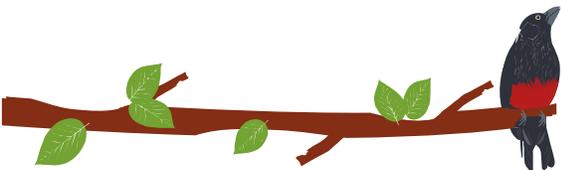


Tabla 6. Densidad de drenajes y corrientes a nivel de subcuencas.

Cuenca	CODIGO	Área (Km ²)	Total Corrientes	Densidad de Corrientes (1/Km ²)	Densidad de Drenajes (Km/Km ²)
D. RSA - Q. Ambalema	1111-01-1800	19.23	26	1.35	1.52
D. RSA - Q. Beiba Viejo - Q. El Pital	1111-01-0200	68.40	106	1.55	1.97
D. RSA - Q. Carra	1111-01-2600	31.07	36	1.16	2.15
D. RSA - Q. Murrabal - Q. Caliche	1111-01-2400	42.60	61	1.43	1.80
Q. Antado	1111-01-1600	44.99	58	1.29	1.87
Q. Chimiado	1111-01-1500	76.12	93	1.22	1.43
Q. El Indio	1111-01-1100	68.85	100	1.45	1.54
Q. Encalichada	1111-01-2300	22.52	23	1.02	1.49
Q. La Esperanza	1111-01-2200	30.23	47	1.55	1.45
Q. Noboga	1111-01-1900	34.89	51	1.46	1.59
Q. Playones	1111-01-1400	48.15	68	1.41	1.53
R. Musinga	1111-01-0500	83.36	102	1.22	1.62
R. Cañas Gordas	1111-01-0800	136.04	175	1.29	1.63
R. Choromando	1111-01-0100	53.17	72	1.35	1.82
R. Chuza	1111-01-0900	94.75	113	1.19	1.51
R. Frontino	1111-01-0600	88.00	109	1.24	1.87
R. La Herradura	1111-01-0700	335.90	403	1.20	1.67
R. Paramo	1111-01-1300	218.61	271	1.24	1.48
R. Quiparado	1111-01-1700	66.94	97	1.45	1.81
R. Santo Domingo	1111-01-1000	49.10	69	1.41	1.57
R. Sucio	1111-01-2000	67.64	82	1.21	1.56
R. Urama Alto	1111-01-1200	195.37	245	1.25	1.49
R. Urama Bajo	1111-01-2500	75.54	97	1.28	1.55
R. Uramita	1111-01-2100	76.36	86	1.13	1.55
R. Verde Alto	1111-01-0400	63.39	88	1.39	1.66
R. Verde Bajo	1111-01-0300	83.48	106	1.27	1.73

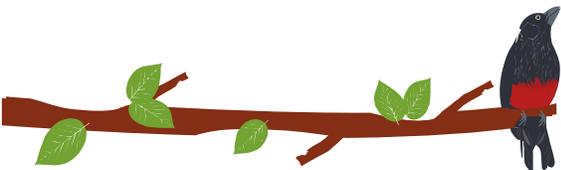
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con Delgadillo & Páez y Monsalve (Monsalve, 1995) la densidad de drenaje toma valores entre 0.5 km/km² para cuencas con drenaje pobre y varía hasta más de 3.5 km/km² en cuencas excepcionalmente bien drenadas. En términos generales, la cuenca Río Sucio Alto se considera moderadamente bien drenada siendo consistente con los demás índices morfométricos estimados.

1.1.1 Patrones de alineamiento o drenaje de las corrientes

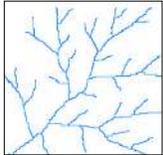
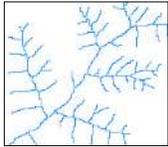
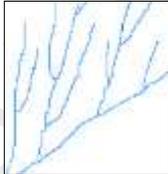
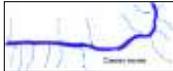
Los patrones de drenaje son configuraciones en las redes hídricas que presentan ciertos arreglos geométricos o irregulares, que permiten su relación con sus propiedades



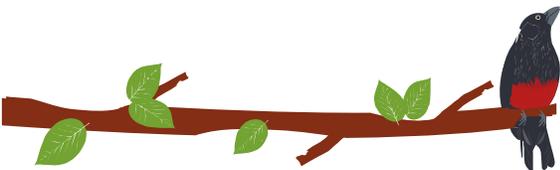


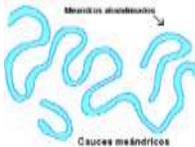
hidrológicas o hidrogeológicas (Londoño, 2001). Dependiendo de la forma que presenten los cauces que posee la cuenca, se puede hablar de patrones de drenaje, entendido esto como la forma que tiene él o los cauces encargados de drenar o extraer el agua de los terrenos circundantes (vertientes se presenta la descripción de algunos de los patrones de drenaje citados en la literatura. Con base en la forma se pueden tener los siguientes patrones, así:

Tabla 7. Descripción patrones de drenaje.

Sistema de drenaje	Forma	Descripción
Dendrítico		Es el patrón que más frecuentemente se presenta, y se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. Se desarrolla en suelos homogéneos, moderadamente permeables, con pendientes suaves y sin ningún tipo de control. Se presenta, con frecuencia, en zonas de rocas sedimentarias blandas, aluviones finos, tobas volcánicas, depósitos de till glacial (brecha consolidada o roca sedimentaria, cuyos materiales de partida se han formado por fenómenos glaciares), principalmente.
Pinado		Corresponde a un drenaje dendrítico modificado que presenta una gran cantidad de tributarios cortos y poco espaciados, e indica un elevado contenido de limo en el suelo. Es típico de zonas planas o casi planas, con materiales muy homogéneos, friables y finos, eólicos o aluviales, como: loess (roca sedimentaria incoherente, de partículas muy finas), ceniza volcánica, till. Tampoco presenta controles.
Paralelo		Este patrón presenta los tributarios paralelos o casi paralelos entre sí. Tiene la característica que se puede presentar por influencia de control topográfico o estructural, siendo más común el topográfico, ya que es muy frecuente encontrarlo en zonas con fuertes pendientes.
Artificial		Cobija todas las obras que realiza el hombre para evacuar los excesos de agua de zonas mal drenadas. No se debe confundir con las acequias de riego en zonas áridas o semiáridas.
Rectos		Son tramos del cauce que discurren en línea casi recta y que pueden estar asociados con problemas de fallas que lo están controlando. Este tipo de canales no son frecuentes en la naturaleza. También se presenta este tipo de cauces en ríos canalizados





Sistema de drenaje	Forma	Descripción
		y, en este caso, no hay relación entre el cauce y algún fenómeno geológico.
Meándricos		Este tipo de cauces es indicativo, según Strahler (1979), de ríos que están en su etapa de madurez, caracterizados por poseer valles amplios y planos, en los cuales el cauce se desplaza formando lazos u ondulaciones más o menos regulares, que aumentan grandemente su longitud, con respecto a la longitud que presenta el valle.
Trenzados		Los cauces trezados, llamados también por Strahler (1979) anastomosados o anastomóticos, evidencian un aporte de sedimentos a las corrientes, mayor del que ellas pueden transportar; por esto se observa que los depósitos de material dentro del cauce del río son bastante considerables, obligando a las corrientes a dividirse en una serie de canales interconectados (brazos), y separados por islas, con lo cual van adquiriendo una apariencia de trenza. Los canales trezados tienden a ser muy anchos y relativamente poco profundos, con materiales gruesos en el fondo y bien gradado

Fuente: Adaptado de (Londoño, 2001).

Las formas de drenaje presentadas son las más comunes, sin embargo, existen otras formas tales como drenaje enrejado, anular, rectangular, los cuales son más complicados de definir claramente, ya que sus formas pueden darse por la unión de otras más simples, como las presentadas anteriormente.

El patrón de drenaje que a escala de la cuenca y subcuenca caracterizan Río Sucio Alto es dendrítico.

Finalmente, estos patrones pueden ser consultados en la salida gráfica del Mapa de hidrografía.

1.3.2 Densidad de drenaje

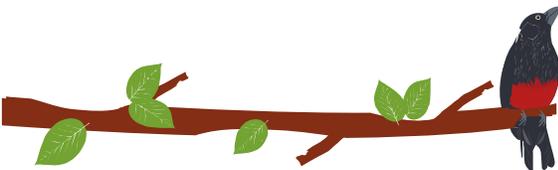
Este parámetro se define como el cociente entre la longitud total de los cauces que conforman el sistema fluvial de la cuenca, expresados en kilómetros y el área total de la cuenca, expresada en kilómetros cuadrados (R. Horton, 1945). Matemáticamente se expresa como:

Ecuación 3. Densidad de Drenaje.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n L_{t_i}}{A}$$

Donde n es el número de corrientes extraídas digitalmente del modelo de terreno disponible y A es el área en kilómetros cuadrados la cuenca evaluada. La densidad de la





red hidrográfica está controlada por el clima, la geología y la estructura del relieve (Domínguez C., 2010).

El número de corrientes que se obtuvo de la jerarquización de drenajes al dividirla por el área de cada subcuenca clasifica un índice denominado densidad de corrientes.

En la Tabla 1-8, se presenta una clasificación de la densidad de drenaje propuesta por (Delgadillo S. & Moreno B., 2008), interpretada a escala 1:25.000.

Tabla 1-8. Categorización de la densidad de drenajes.

Densidad de drenaje (km/km ²)	Categoría
< 1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
> 3	Muy Alta

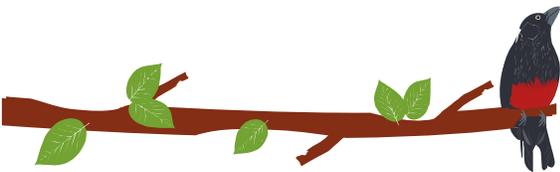
Fuente: (Delgadillo S. & Moreno B., 2008)

La literatura asocia una densidad de drenaje alta con materiales impermeables a nivel superficial, vegetación dispersa y relieves montañosos (Strahler, 1952). Además de ello, indica que la unidad hidrográfica posee suficiente drenaje para cuando se presentan las tormentas. Una cuenca bien drenada generaría poca oportunidad de darle tiempo a la escorrentía superficial de infiltrarse y percolar a nivel subterráneo, de allí que los acuíferos de estas zonas son de bajos rendimientos o en su defecto el volumen de recarga es muy pobre (Ruiz, 2001). En la Tabla 1-9 se pueden consultar los resultados de estos parámetros derivados de la red de drenaje.

Tabla 1-9. Densidad de drenajes y corrientes a nivel de subcuencas.

Cuenca	CODIGO	Área (Km ²)	Total Corrientes	Densidad de Corrientes (1/Km ²)	Densidad de Drenajes (Km/Km ²)
D. RSA - Q. Ambalema	1111-01-1800	19.23	26	1.35	1.52
D. RSA - Q. Beiba Viejo - Q. El Pital	1111-01-0200	68.40	106	1.55	1.97
D. RSA - Q. Carra	1111-01-2600	31.07	36	1.16	2.15
D. RSA - Q. Murrabal - Q. Caliche	1111-01-2400	42.60	61	1.43	1.80
Q. Antado	1111-01-1600	44.99	58	1.29	1.87
Q. Chimiado	1111-01-1500	76.12	93	1.22	1.43
Q. El Indio	1111-01-1100	68.85	100	1.45	1.54
Q. Encalichada	1111-01-2300	22.52	23	1.02	1.49
Q. La Esperanza	1111-01-2200	30.23	47	1.55	1.45
Q. Noboga	1111-01-1900	34.89	51	1.46	1.59
Q. Playones	1111-01-1400	48.15	68	1.41	1.53
R. Musinga	1111-01-0500	83.36	102	1.22	1.62
R. Cañas Gordas	1111-01-0800	136.04	175	1.29	1.63
R. Choromando	1111-01-0100	53.17	72	1.35	1.82
R. Chuza	1111-01-0900	94.75	113	1.19	1.51
R. Frontino	1111-01-0600	88.00	109	1.24	1.87
R. La Herradura	1111-01-0700	335.90	403	1.20	1.67
R. Paramo	1111-01-1300	218.61	271	1.24	1.48





Cuenca	CODIGO	Área (Km ²)	Total Corrientes	Densidad de Corrientes (1/Km ²)	Densidad de Drenajes (Km/Km ²)
R. Quiparado	1111-01-1700	66.94	97	1.45	1.81
R. Santo Domingo	1111-01-1000	49.10	69	1.41	1.57
R. Sucio	1111-01-2000	67.64	82	1.21	1.56
R. Urama Alto	1111-01-1200	195.37	245	1.25	1.49
R. Urama Bajo	1111-01-2500	75.54	97	1.28	1.55
R. Uramita	1111-01-2100	76.36	86	1.13	1.55
R. Verde Alto	1111-01-0400	63.39	88	1.39	1.66
R. Verde Bajo	1111-01-0300	83.48	106	1.27	1.73

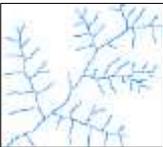
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con Delgadillo & Páez y Monsalve (Monsalve, 1995) la densidad de drenaje toma valores entre 0.5 km/km² para cuencas con drenaje pobre y varía hasta más de 3.5 km/km² en cuencas excepcionalmente bien drenadas. En términos generales, la cuenca Río Sucio Alto se considera moderadamente bien drenada siendo consistente con los demás índices morfométricos estimados.

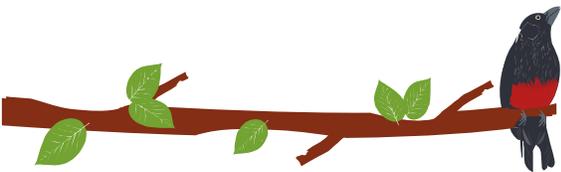
1.3.3 Patrones de alineamiento o drenaje de las corrientes

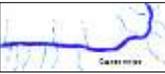
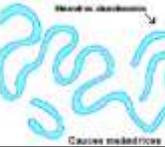
Los patrones de drenaje son configuraciones en las redes hídricas que presentan ciertos arreglos geométricos o irregulares, que permiten su relación con sus propiedades hidrológicas o hidrogeológicas (Londoño, 2001). Dependiendo de la forma que presenten los cauces que posee la cuenca, se puede hablar de patrones de drenaje, entendido esto como la forma que tiene él o los cauces encargados de drenar o extraer el agua de los terrenos circundantes (vertientes). En la Tabla 1-10, se presenta la descripción de algunos de los patrones de drenaje citados en la literatura. Con base en la forma se pueden tener los siguientes patrones, así:

Tabla 1-10. Descripción patrones de drenaje.

Sistema de drenaje	Forma	Descripción
Dendrítico		Es el patrón que más frecuentemente se presenta, y se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. Se desarrolla en suelos homogéneos, moderadamente permeables, con pendientes suaves y sin ningún tipo de control. Se presenta, con frecuencia, en zonas de rocas sedimentarias blandas, aluviones finos, tobas volcánicas, depósitos de till glacial (brecha consolidada o roca sedimentaria, cuyos materiales de partida se han formado por fenómenos glaciares), principalmente.
Pinado		Corresponde a un drenaje dendrítico modificado que presenta una gran cantidad de tributarios cortos y poco espaciados, e indica un elevado contenido de limo en el suelo. Es típico de zonas planas o casi planas, con materiales muy homogéneos, friables y finos, eólicos o aluviales, como: loess (roca sedimentaria incoherente, de partículas muy finas), ceniza volcánica, till. Tampoco presenta controles.





Sistema de drenaje	Forma	Descripción
Paralelo		Este patrón presenta los tributarios paralelos o casi paralelos entre sí. Tiene la característica que se puede presentar por influencia de control topográfico o estructural, siendo más común el topográfico, ya que es muy frecuente encontrarlo en zonas con fuertes pendientes.
Artificial		Cobija todas las obras que realiza el hombre para evacuar los excesos de agua de zonas mal drenadas. No se debe confundir con las acequias de riego en zonas áridas o semiáridas.
Rectos		Son tramos del cauce que discurren en línea casi recta y que pueden estar asociados con problemas de fallas que lo están controlando. Este tipo de canales no son frecuentes en la naturaleza. También se presenta este tipo de cauces en ríos canalizados y, en este caso, no hay relación entre el cauce y algún fenómeno geológico.
Meándricos		Este tipo de cauces es indicativo, según Strahler (1979), de ríos que están en su etapa de madurez, caracterizados por poseer valles amplios y planos, en los cuales el cauce se desplaza formando lazos u ondulaciones más o menos regulares, que aumentan grandemente su longitud, con respecto a la longitud que presenta el valle.
Trenzados		Los cauces trenzados, llamados también por Strahler (1979) anastomosados o anastomóticos, evidencian un aporte de sedimentos a las corrientes, mayor del que ellas pueden transportar; por esto se observa que los depósitos de material dentro del cauce del río son bastante considerables, obligando a las corrientes a dividirse en una serie de canales interconectados (brazos), y separados por islas, con lo cual van adquiriendo una apariencia de trenza. Los canales trenzados tienden a ser muy anchos y relativamente poco profundos, con materiales gruesos en el fondo y bien gradado

Fuente: Elaboración propia Adaptado de (Londoño, 2001).

Las formas de drenaje presentadas son las más comunes, sin embargo, existen otras formas tales como drenaje enrejado, anular, rectangular, los cuales son más complicados de definir claramente, ya que sus formas pueden darse por la unión de otras más simples, como las presentadas anteriormente.

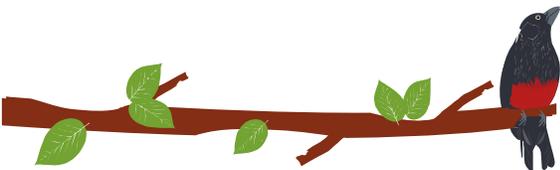
El patrón de drenaje que a escala de la cuenca y subcuenca caracterizan Río Sucio Alto es dendrítico.

Finalmente, estos patrones pueden ser consultados en la salida gráfica del Mapa de hidrografía.

1.4 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES – IVET

De acuerdo con los lineamientos propuestos por el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), a continuación se presenta el cálculo del IVET a nivel de afluentes principales de las subcuencas jerarquizadas.





Una forma de expresar el potencial de avenidas torrenciales de una cuenca es mediante el índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales. En éste, la vulnerabilidad se expresa en relación con los *índices morfométricos de torrencialidad* e *Índice de variabilidad*. Este índice permite detectar la mayor o menor tendencia para que en la cuenca se presenten procesos torrenciales, es decir, el grado de vulnerabilidad a este tipo de procesos. Una condición muy alta para el índice corresponde a áreas que se caracterizan por ser potencialmente inestables, que responden rápida y violentamente a lluvias de alta intensidad y corta duración, generando avenidas torrenciales de forma frecuente.

Los insumos necesarios para la conceptualización del IVET son parámetros morfométricos y caudales característicos de las subcuencas, información que se describe en detalle en capítulos posteriores, sin embargo, para este acápite se citan de manera puntual para el análisis matricial del IVET. El proceso metodológico que según (IDEAM, 2013a) se debe seguir es el siguiente:

1.4.1 Índice morfométrico de torrencialidad

Relación entre los parámetros morfométricos como el coeficiente de compacidad o de forma, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje, los cuales son indicativos de la forma como se concentra la escorrentía, la oportunidad de infiltración, la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos, la eficiencia o rapidez de la escorrentía y de los sedimentos para salir de la cuenca luego de un evento de precipitación y con ello inferir cuál podría ser el nivel de susceptibilidad a procesos torrenciales, en la Tabla 11 se puede consultar las relaciones propuestas para categorizar este índice.

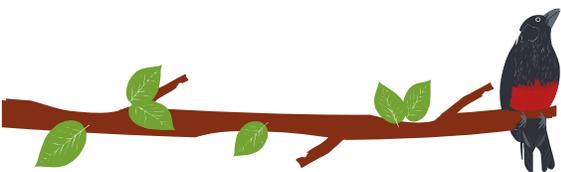
Tabla 11. Relaciones para categorizar el índice morfométrico

Índice morfométrico	Escala	Área de la cuenca de drenaje (km ²)	Categorías				
			1	2	3	4	5
Densidad de drenaje (km/km ²)	1:10.000	<15	<1,50	1,51 – 2,00	2,01 – 2,50	2,51 – 3,00	> 3
	1:25.000	16 a 50	<1,20	1,21 – 1,80	1,81 – 2,00	2,01 – 2,50	> 2,5
	1:100.000	>50	<1,00	1,01 – 1,50	1,51 – 2,00	2,01 – 2,50	> 2,5
			Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta
Pendiente media de la cuenca (%)	1:10.000	<15	<20	21 – 35	36 – 50	51 – 75	>75
	1:100.000	>50	<15	16 – 30	30 – 45	46 – 65	>65
			Accidentado	Fuerte	Muy Fuerte	Escarpado	Muy Escarpado
Coeficiente de compacidad			<1,625	1,376 -1,500	1,251- 1,375	1,126 – 1,250	1,00 – 1,125
			Oval-oblonga a rectangular-oblonga	Oval-redonda a oval-oblonga	Casi redonda a oval-redonda		

Elaboración propia a partir de (IDEAM, 2013a)

En la Tabla 12 se presentan las categorías del índice morfométrico que van desde muy alta hasta muy baja, en función de los parámetros pendiente media de la cuenca,





densidad de drenaje y coeficiente de forma. Una condición muy alta para el índice morfométrico corresponde a áreas que se caracterizan por ser inestables y potencialmente inestables, que responden rápida y violentamente a lluvias de alta intensidad y corta duración, generando avenidas torrenciales de forma frecuente.

La categoría alta muestra áreas con una respuesta hidrológica rápida con una cobertura de suelo que permite procesos torrenciales que se presentan frecuentemente en periodos lluviosos. La condición media, en cambio, presenta una respuesta a procesos hidrológicos de moderada a rápida y los eventos se presentan generalmente en las épocas de las mayores precipitaciones al año.

En la Tabla 13 se puede consultar los resultados del índice morfométrico para las cuencas jerarquizadas.

Tabla 12. Relaciones entre variables morfométricas para la categorización del índice

		Pendiente media de la cuenca					Coeficiente de forma
		1	2	3	4	5	
1	111	121	131	141	151	1	
	112	122	132	142	152	2	
	113	123	133	143	153	3	
	114	124	134	144	154	4	
	115	125	135	145	155	5	
2	211	221	231	241	251	1	
	212	222	232	242	252	2	
	213	223	233	243	253	3	
	214	224	234	244	254	4	
	215	225	235	245	255	5	
3	311	321	331	341	351	1	
	312	322	332	342	352	2	
	313	323	333	343	353	3	
	314	324	334	344	354	4	
	315	325	335	345	355	5	
4	411	421	431	441	451	1	
	412	422	432	442	452	2	
	413	423	433	443	453	3	
	414	424	434	444	454	4	
	415	425	435	445	455	5	
5	511	521	531	541	551	1	
	512	522	532	542	552	2	
	513	523	533	543	553	3	
	514	524	534	544	554	4	
	515	525	535	545	555	5	

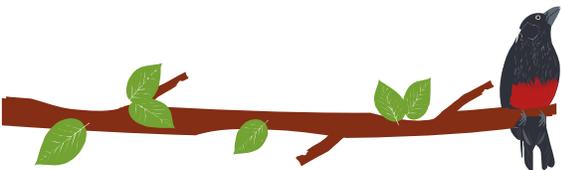
■ Muy alta ■ Baja ■ Muy baja
■ Alta ■ Moderada

Fuente: (IDEAM, 2013a)

Tabla 13 . Cálculo del índice morfométrico para las subcuencas jerarquizadas

Código	Subcuenca	Densidad de drenaje [Km/Km ²]	Pendiente media de la cuenca (%)	Coeficiente Compacidad [Kc]	Clases morfométricas			Índice morfométrico
					Densidad	Pendiente	[Kc]	
1111-01-0100	Río Choromando	1.82	56.88	2.08	3	4	1	Moderada
1111-01-0200	Directos Río Sucio - Q. Beiba Viejo - Q. El Pital	1.97	53.24	1.86	3	4	1	Moderada



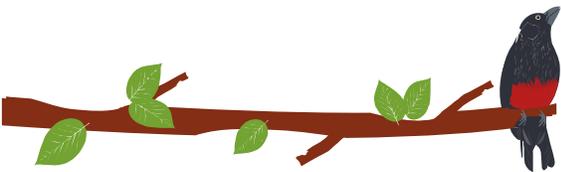


PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA RÍO SUCIO ALTO
FASE DE DIAGNÓSTICO

1111-01-0300	Rio Verde Bajo	1.73	52.46	1.80	2	4	1	Baja
1111-01-0400	Rio Verde Alto	1.66	49.32	2.07	2	3	1	Baja
1111-01-0500	Rio Musinga	1.62	50.03	1.91	2	3	1	Baja
1111-01-0600	Rio Frontino	1.87	38.09	1.92	3	3	1	Moderada
1111-01-0700	Rio La Herradura	1.67	50.74	2.14	2	3	1	Baja
1111-01-0800	Rio Canas Gordas	1.63	54.74	2.03	2	4	1	Baja
1111-01-0900	Rio Chuza	1.51	58.17	1.77	2	4	1	Baja
1111-01-1000	Rio Santo Domingo	1.57	58.48	1.75	2	4	1	Baja
1111-01-1100	Q. El Indio	1.54	62.00	1.82	2	4	1	Baja
1111-01-1200	Rio Urama Alto	1.49	59.27	1.96	2	4	1	Baja
1111-01-1300	Rio Paramo	1.48	61.07	1.79	2	4	1	Baja
1111-01-1400	Q. Playones	1.53	61.56	1.99	2	4	1	Baja
1111-01-1500	Q. Chimiado	1.43	59.64	1.82	2	4	1	Baja
1111-01-1600	Q. Antado	1.87	50.24	2.06	3	3	1	Moderada
1111-01-1700	Rio Quiparado	1.81	47.02	2.16	3	3	1	Moderada
1111-01-1800	Directos Rio Sucio - Q. Ambalema	1.52	55.90	1.68	2	4	1	Baja
1111-01-1900	Q. Noboga	1.59	36.26	1.90	2	3	1	Baja
1111-01-2000	Rio Sucio	1.56	51.56	1.81	2	4	1	Baja
1111-01-2100	Rio Uramita	1.55	55.38	2.22	2	4	1	Baja
1111-01-2200	Q. La Esperanza	1.45	57.64	1.73	2	4	1	Baja
1111-01-2300	Q. Encalichada	1.49	56.29	1.81	2	4	1	Baja
1111-01-2400	Directos Rio Sucio - Q. Murrabal - Q. Caliche	1.80	55.71	1.76	2	4	1	Baja
1111-01-2500	Rio Urama Bajo	1.55	61.53	2.09	2	4	1	Baja
1111-01-2600	Directos Rio Sucio - Q. Carra	2.15	54.74	1.83	4	4	1	Alta

Fuente: Elaboración propia





Los resultados indican que en general la cuenca presenta una baja susceptibilidad, esto es, áreas que se caracterizan por ser estables y, que responden de forma moderada a lluvias de alta intensidad y corta duración, generando avenidas torrenciales de forma menos frecuente. Sin embargo, algunas subcuencas como río Frontino en la parte alta y la Q. Antado, río Quiparado, río Choromando y los afluentes directos a río Sucio entre Q. Beiba Viejo y Q. El Pital presentan una moderada susceptibilidad a eventos torrenciales desde el punto de vista morfométrico. Los afluentes al río Sucio - Q. Carra presenta alta susceptibilidad a este tipo de eventos. Sin embargo, vale la pena recalcar que esta subunidad no representa un área de drenaje como tal, sino una ladera en ese tramo del río Sucio, como se puede observar en la Figura 5.

EN ETAPA DE PUBLICIDAD



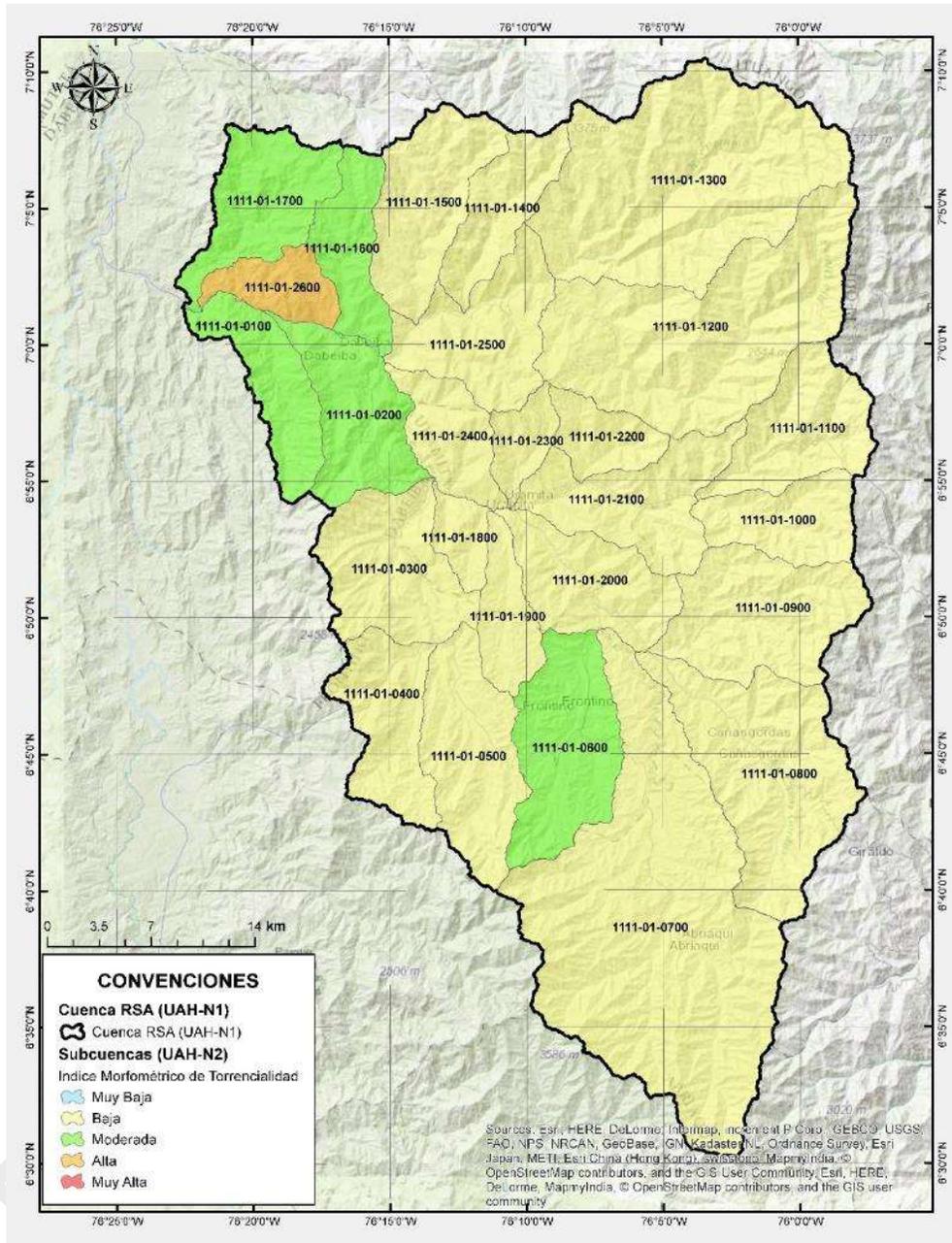
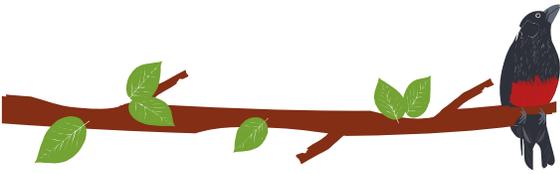
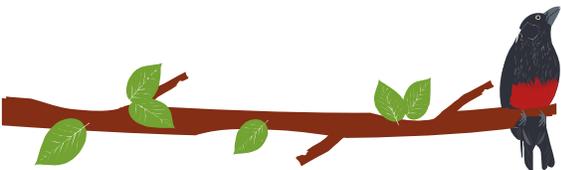


Figura 5. Distribución espacial del Índice Morfométrico de Torrencialidad en las subcuencas del RSA.

1.4.2 Índice de variabilidad

Este índice se obtiene de la curva de duración de caudales (CDC); muestra como es la variabilidad de los caudales en una determinada cuenca. Una cuenca torrencial es aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, existen diferencias grandes entre los caudales mínimos y los valores máximos. Cuencas con variabilidades pequeñas muestran que los caudales tienden a mantenerse y los cauces por los que existe flujo, generalmente tienen la capacidad para transportar estos caudales. El comportamiento



con variabilidad pequeña es típico de cauces de llanuras, los cuales generalmente no presentan procesos torrenciales.

Cuencas de área pequeña con pendientes altas, por lo general presentan caudales de creciente, alternado de caudales medios y bajos con magnitudes muy inferiores a las de los caudales máximos, que hacen que la CDC muestre una gran variabilidad, en la Tabla 14 se puede consultar el índice.

La curva de duración de caudales al ser graficada en escala logarítmica muestra una tendencia lineal, de la cual se puede obtener el índice de variabilidad que se expresa mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 4. Índice de variabilidad

$$\text{Índice de variabilidad} = \frac{(\log Q_i - \log Q_f)}{(\log X_i - \log X_f)}$$

Dónde:

Q_i y Q_f : Caudales tomados de la curva de duración de caudales.

X_i y X_f : Porcentajes de tiempo en que se exceden los caudales Q_i y Q_f .

Tabla 14. Clasificación del índice de vulnerabilidad (IV)

Índice de variabilidad	Vulnerabilidad
<10	Muy baja
10,1 -37	Baja
37,1 – 47	Media
47,1 – 55	Alta
>55	Muy alta

Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM, 2013a)