



**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
HIDROGRAFÍA**

MARZO DE 2019

CONTENIDO

1.	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO	4
1.4	HIDROGRAFÍA.....	4
1.4.1	Generalidades	4
1.4.2	Revisión y ajuste del límite geográfico de la cuenca en ordenación.....	4
1.4.3	Caracterización de la red de drenaje	10
2	BIBLIOGRAFÍA.....	18

EN ETAPA DE PUBLICACIÓN

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Densidad de drenaje, de las unidades que componen la cuenca del Río León.....	12
Tabla 2. Patrones de drenaje cuencas	13
Tabla 3. Código áreas hidrográficas	14
Tabla 4. Código zonas hidrográficas.....	14
Tabla 5. Codificación cuencas	15
Tabla 6. Microcuencas abastecedoras	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Red de drenaje cortada por la divisoria	5
Figura 2. Cortes drenaje por la divisoria propuesta CORPOURABA	5
Figura 3. Propuesta corte del caño Tumaradó en un solo punto.....	5
Figura 4. Límite de la cuenca del Río Carepa y la cuenca del Río Carepita	6
Figura 5. Unión de las cuencas del Río Carepa y Río Carepita	6
Figura 6. Límite de las cuencas Quebrada Zunguito y Río Vijagual.....	7
Figura 7. Unión de las cuencas Quebrada Zunguito y Río Vijagual	7
Figura 8. Límite de la cuenca Quebrada Monomacho	8
Figura 9. Unión de las cuencas de la Quebrada Monomacho con cuenca del Río Grande.....	8
Figura 10. Subcuencas de la Cuenca Río León	9
Figura 11. Esquema orden de drenajes	10
Figura 12. Orden de los cauces en la cuenca del Río León	11
Figura 13. Patrones de drenaje.....	13
Figura 14. Subcuencas y microcuencas cuenca del Río León	17

LISTA DE GRAFICAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

1. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

1.4 HIDROGRAFÍA

1.4.1 Generalidades

La cuenca del Río León nace en las estribaciones suroccidentales de la Serranía de Abibe al Norte de Mutatá en el departamento de Antioquia y desemboca en el Golfo de Urabá, cerca de la población de Turbo. A su paso convergen comunidades étnicas, campesinas y urbanas que presentan altas densidades poblacionales, con gran presión de uso en actividades domésticas y agrícolas, uso de agroquímicos y vertimientos de aguas residuales. La cuenca del Río León la conforman principalmente, las subcuencas de los ríos Zungo, Grande, Apartadó, Chigorodó, Villarteaga, Porroso y Carepa. En su cuenca alta se encuentra al sur oriente, el Parque Nacional Natural de Paramillo. Al oriente limita con la cuenca del Río Sinú y al occidente, con la cuenca del Río Sucio, que es tributario del Río Atrato. La cuenca se ubica dentro de los municipios de Apartadó, Chigorodó, Carepa y Turbo. La cuenca tiene un área de 2.201 km².

Los cauces más importantes que bajan de la Serranía de Abibe son: Vijagual, Chandó, León, Juradó, Guapa, Chigorodó, Carepa, Zungo, Apartadó, Grande, La Fortuna, Porroso y Villarteaga.

1.4.2 Revisión y ajuste del límite geográfico de la cuenca en ordenación

La base del proceso de revisión fue la información de los drenajes sencillos y dobles entregados de forma oficial en la GDB de cartografía base por parte de la Corporación y de la interventoría de POMCAS, provenientes de 29 planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, las cuales son: 79IVA - 79IVB - 80IIIA - 79IIID - 79IVC - 79IVD - 80IIIC - 90IB - 90IIA - 90IIB - 91IA - 90ID - 90IIC - 90IID - 91IC - 90IIIB - 90IVA - 90IVB - 91IIIA - 90IVC - 90IVD - 91IIIC - 102IIA - 102IIB - 103IA - 103IB - 102IID - 103ID - 103ID del departamento de Antioquia, a escala 1:25.000 digitalizadas en el año 2015. Adicionalmente con el Modelo de elevación del terreno (DTM) que tiene una resolución espacial de 5 m, se utilizó un Hillshade para facilitar la visualización y de esta manera realizar la delimitación del límite exterior de la cuenca, y de los límites de las subcuencas, teniendo en cuenta las divisorias de agua.

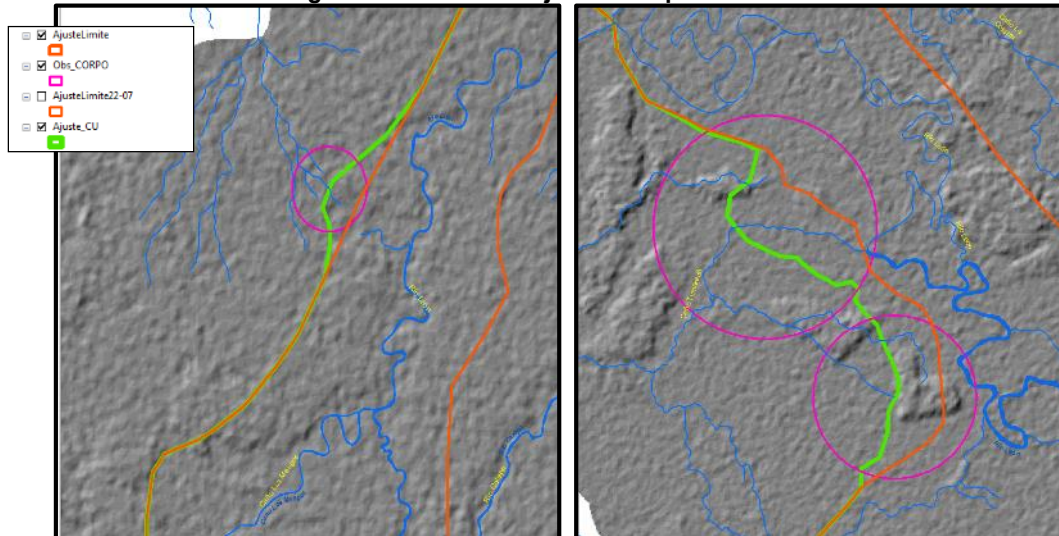
Se realizó la primera revisión del límite de la cuenca y se identificaron ciertas situaciones que conllevaron a realizar los siguientes ajustes:

- **Limite que corta drenajes:**

La Figura 1 permite visualizar que en dos puntos del límite externo de la cuenca enviada por CORPOURABA hay cortes de drenajes, dado a que ese drenaje estaba desconectado del Río León, según la base cartográfica del IGAC 1:25.000. Sin embargo, la corporación argumentaba que se realizó la verificación en campo y la quebrada en mención (Q.

Caldera), se encuentra conectada con el Río León, sin ser tributaria del mismo, esta es independiente porque pertenece a la cuenca del Río Suriquí.

Figura 1. Red de drenaje cortada por la divisoria



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Adicionalmente, el sistema de drenajes dentro de la GDB de cartografía base oficial, presenta que el límite enviado por la corporación corta cuatro (4) caños en este punto (Figura 2). Para lo cual se propuso cortar el caño Tumaradó (Figura 3) en un solo punto, debido a que no existe una separación física en la red de drenajes que tenemos.

Figura 2. Cortes drenaje por la divisoria propuesta CORPOURABA

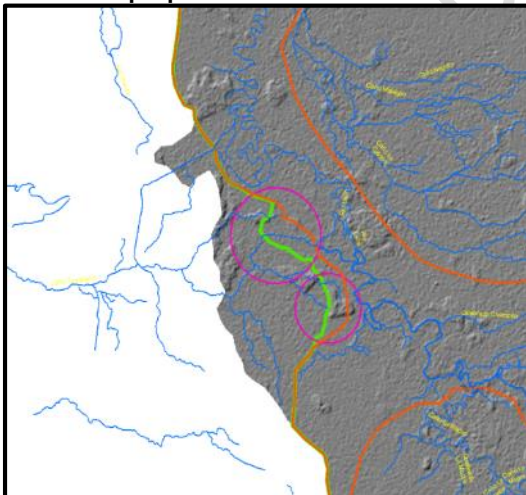
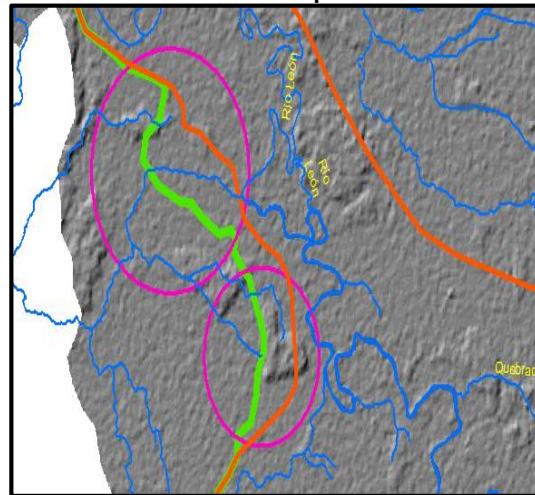


Figura 3. Propuesta corte del caño Tumaradó en un solo punto

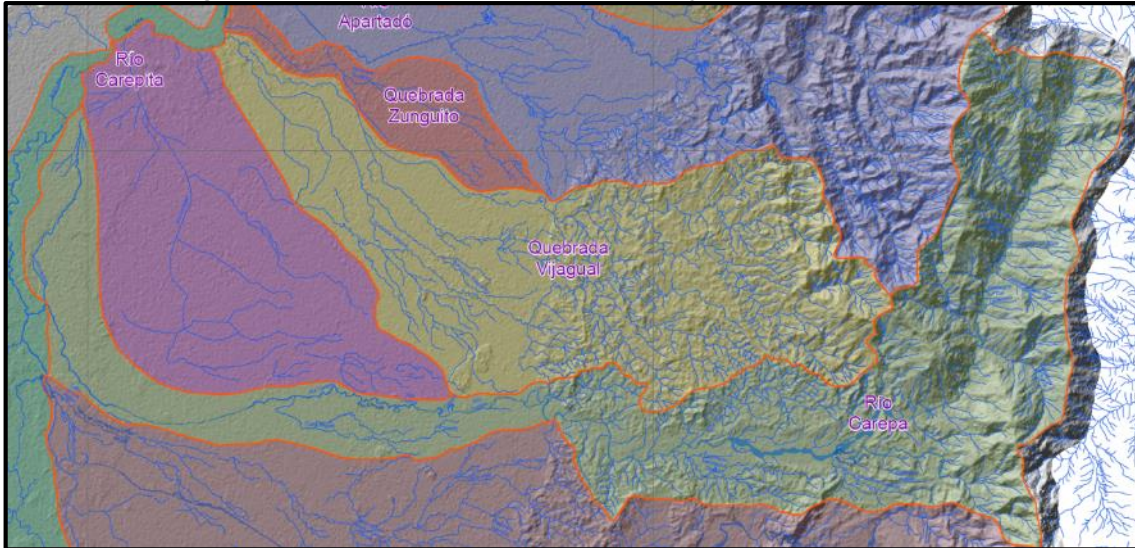


Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

- **Límites de la cuenca:**

Otra observación por parte de la Corporación era revisar el límite de la cuenca del Río Carepa, ya que se presenta la cuenca del Río Carepa y la cuenca del Río Carepita (Figura 4) como independientes cuando en realidad son la misma.

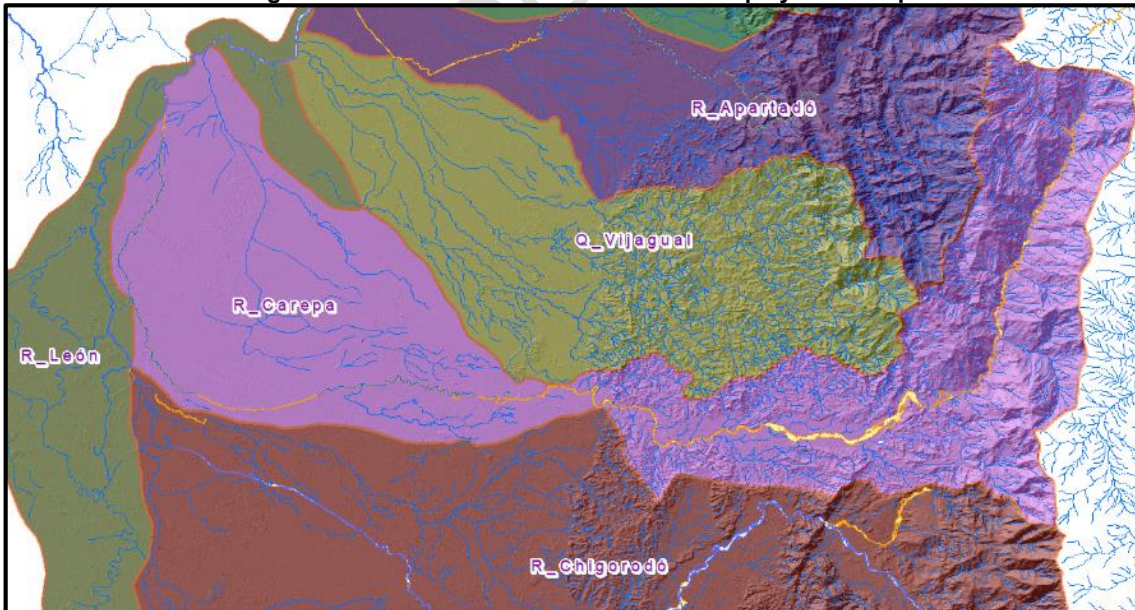
Figura 4. Límite de la cuenca del Río Carepa y la cuenca del Río Carepita



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Una revisada la información, se unieron las dos cuencas, dejando la cuenca del Río Carepa (Figura 5).

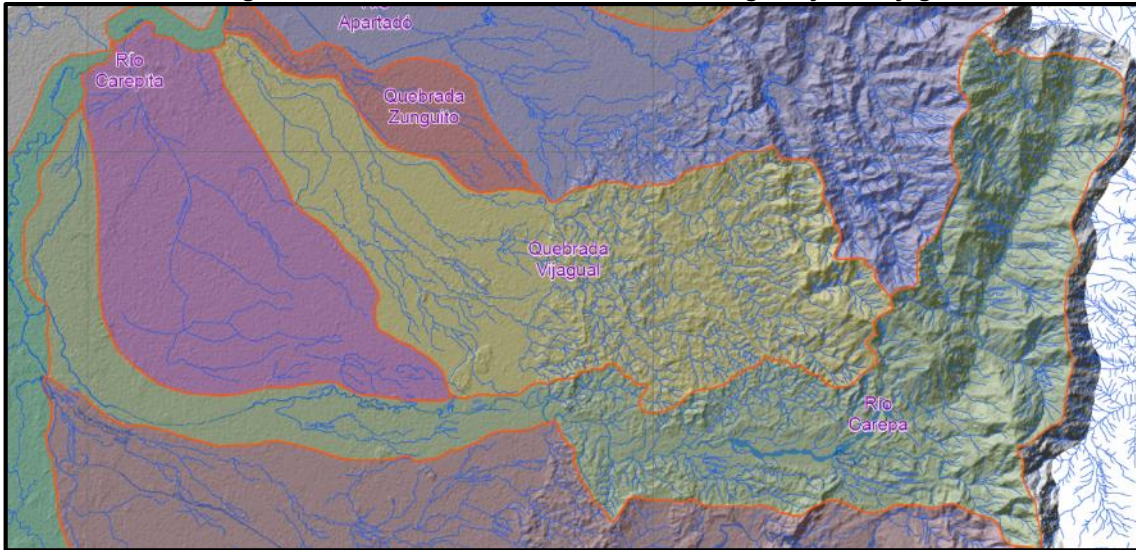
Figura 5. Unión de las cuencas del Río Carepa y Río Carepita



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Asimismo la corporación también solicito revisar los límites de las Quebrada Zunguito y Río Vijagual (Figura 6).

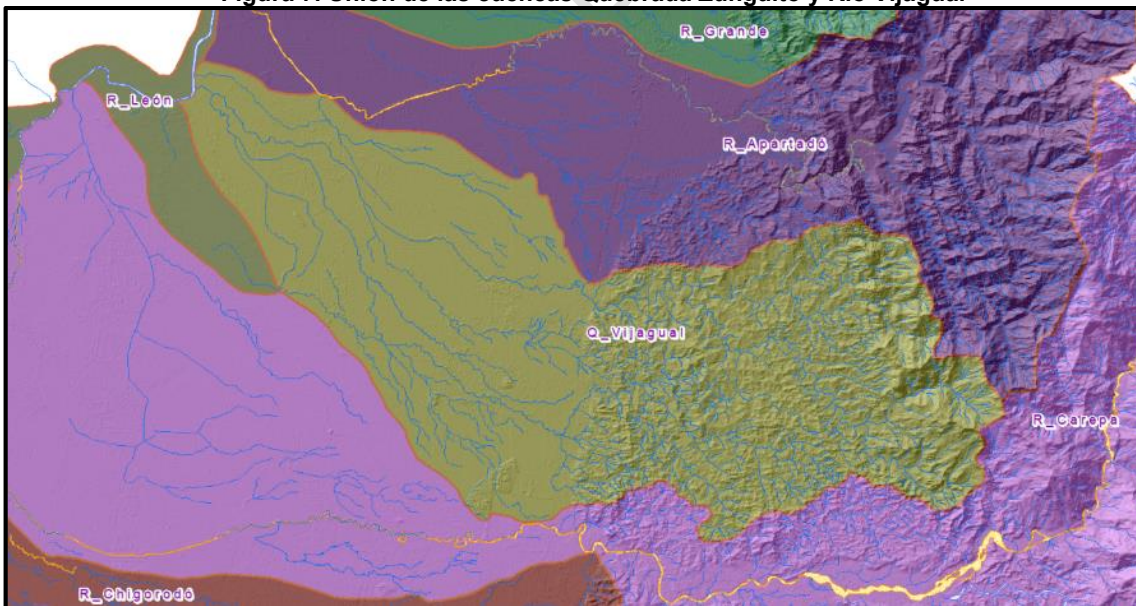
Figura 6. Límite de las cuencas Quebrada Zunguito y Río Vijagual



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Una vez revisada la solicitud, se determinó unificar las cuencas de la Quebrada Zunguito y Río Vijagual (Figura 7), de este proceso quedó únicamente la cuenca del Río Vijagual.

Figura 7. Unión de las cuencas Quebrada Zunguito y Río Vijagual

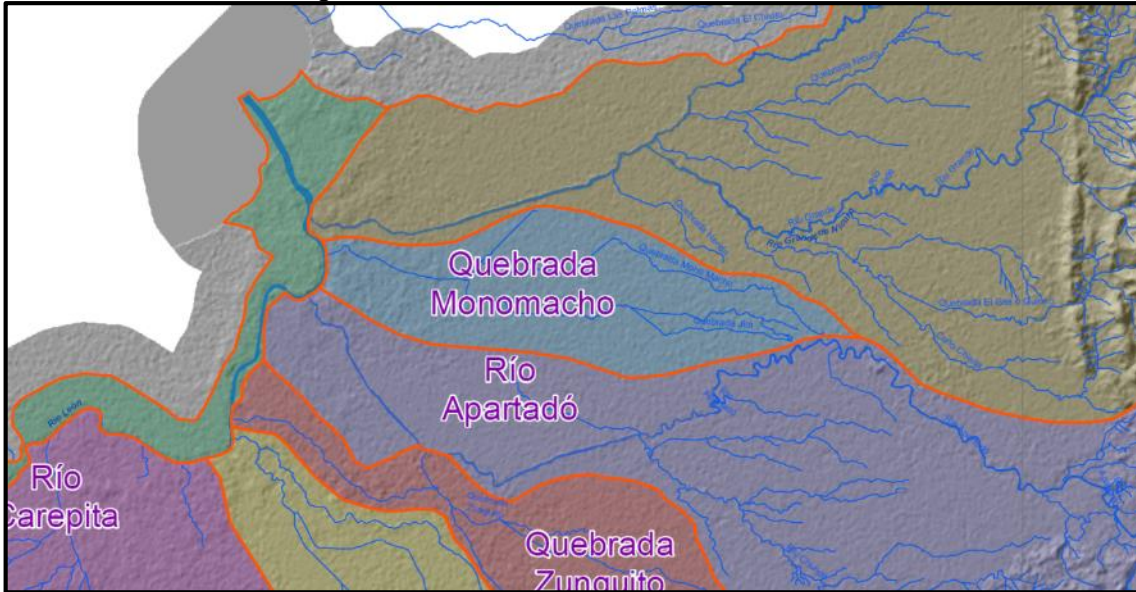


Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

- **Límites de Quebrada:**

Revisar el límite de la Quebrada Monomacho (Ver Figura 8).

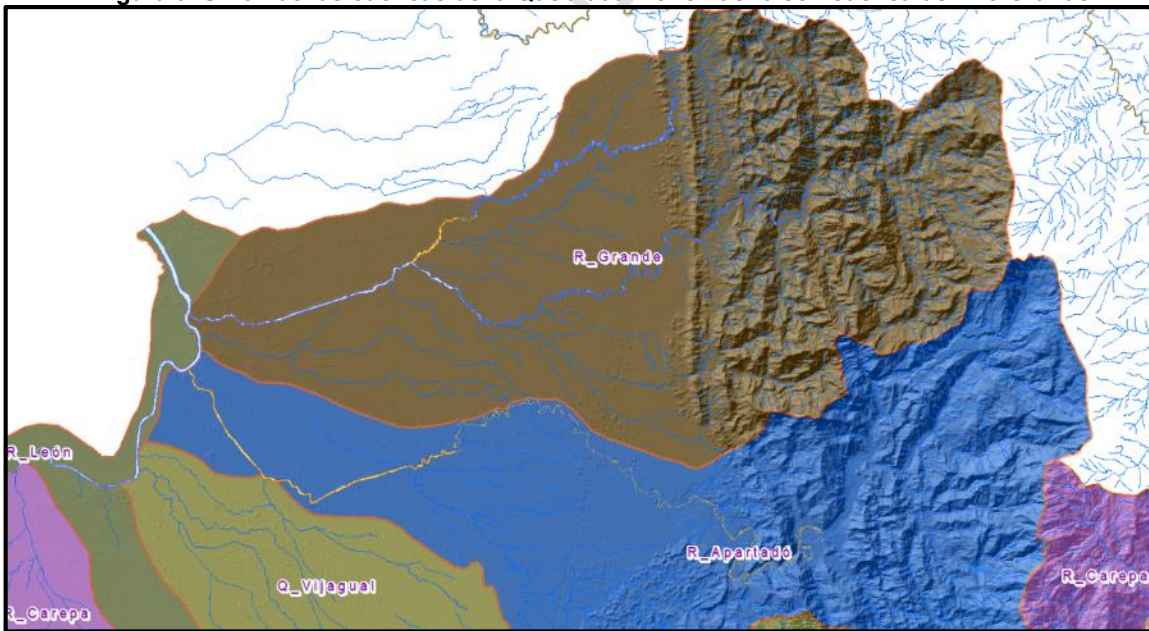
Figura 8. Límite de la cuenca Quebrada Monomacho



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

Se unificó la cuenca de la Quebrada Monomacho con cuenca del Río Grande (Ver Figura 9).

Figura 9. Unión de las cuencas de la Quebrada Monomacho con cuenca del Río Grande

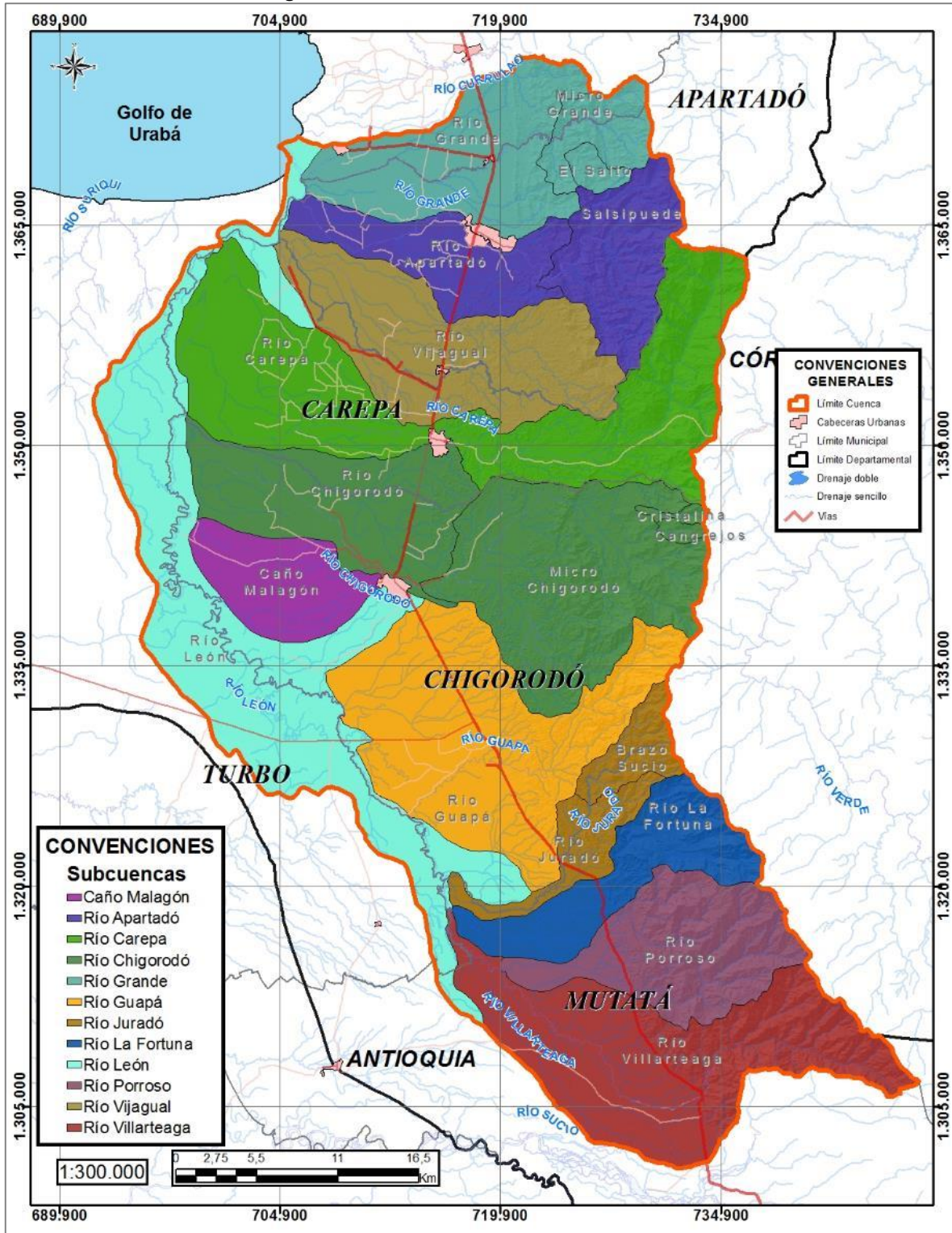


Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018.

En la Figura 10, se presenta la cuenca y las subcuencas más importantes que la conforman.



Figura 10. Subcuencas de la Cuenca Río León



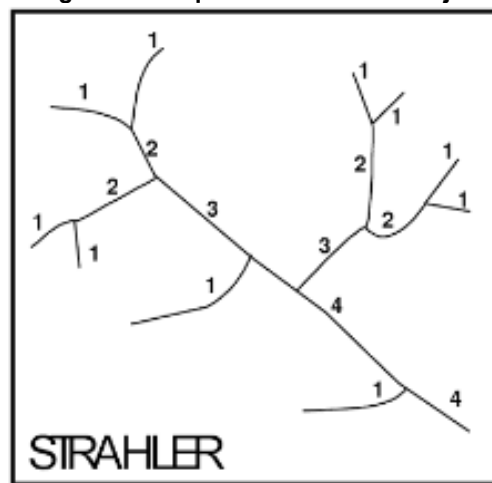
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.4.3 Caracterización de la red de drenaje

1.4.3.1 Orden de las corrientes

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Dentro de los muchos métodos que se conocen, se utilizará el de Horton, que es el más generalizado y se basa en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$. Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Esquema orden de drenajes

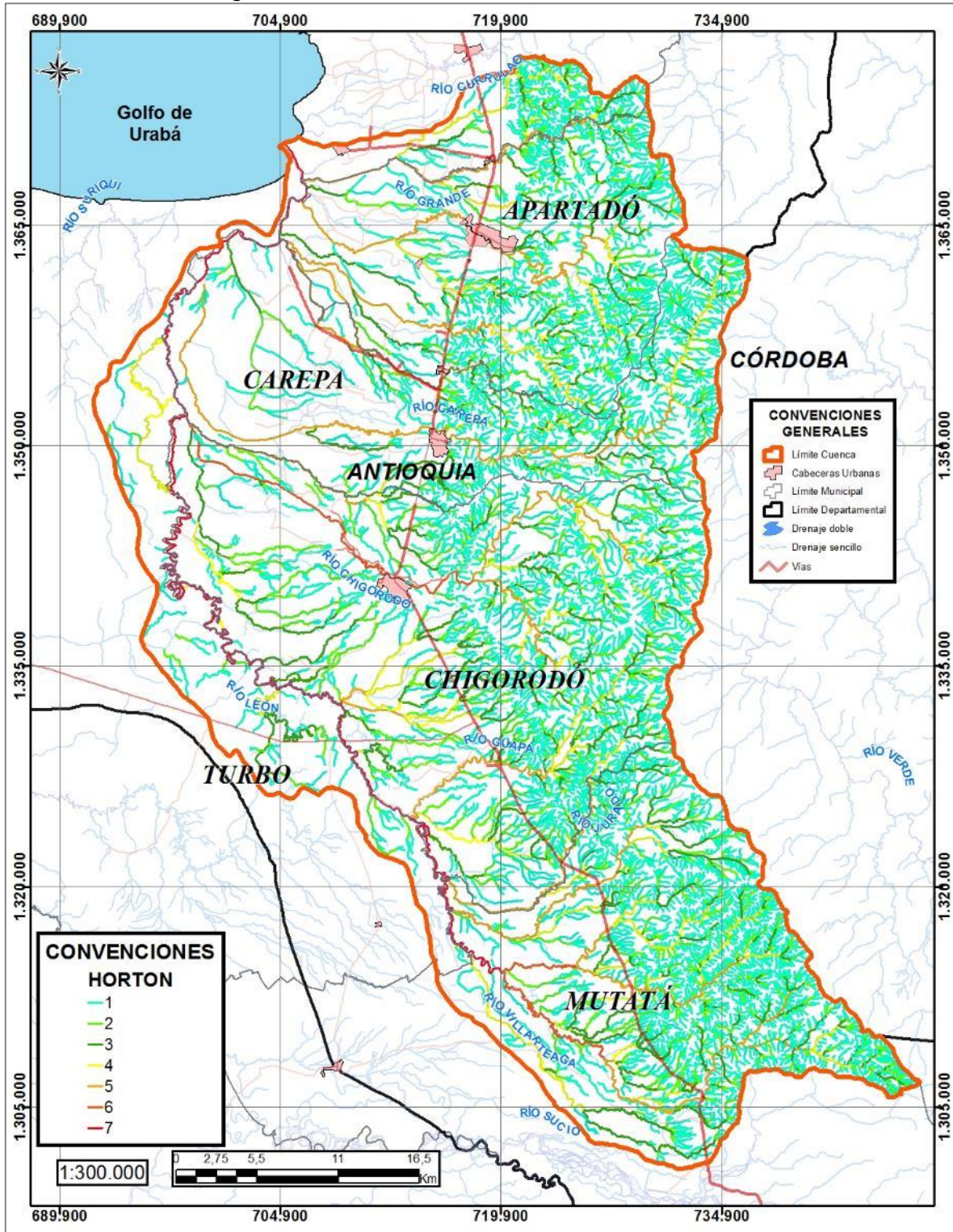


Fuente: (Gisbert, S.F)

Según la jerarquía establecida por Strahler - Horton (1964), los cursos que no reciben tributarios tienen asignado el orden 1; cuando confluyen dos arroyos de orden 1, forman uno de orden 2, cuando lo hacen 2 de orden 2 forman uno de orden 3 y así sucesivamente.

En la Figura 12, se presenta el orden de los cauces en cada una de las cuencas, donde se puede observar que se llega hasta el orden 7 que sería la cuenca del Río León, lo cual muestra que es una cuenca bien drenada.

Figura 12. Orden de los cauces en la cuenca del Río León



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.4.3.2 Densidad del drenaje

Este índice relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca sobre la cual drenan las corrientes hídricas. Matemáticamente se expresa como:

$$Dd = \frac{\text{Longitud de corrientes (Km)}}{\text{Área de la cuenca (Km}^2\text{)}}$$

Con el fin de catalogar una cuenca como bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar que valores de densidad de drenajes próximos a 0.5 km/km², muestran una pobre red de drenaje y cuando son superiores 3.5 km/km² indican buena eficiencia de la red de drenaje. Los resultados de este cálculo se presentan a continuación:

Tabla 1. Densidad de drenaje, de las unidades que componen la cuenca del Río León

ÁREA DE DRENAJE	Dd km/km ²
Cuencas Tributarias	
Río León (120100)	2,55
Río Grande (120101)	2,61
Río Apartadó (120102)	2,71
Río Vijagual (120103)	2,24
Río Carepa (120104)	2,69
Río Chigorodó (120105)	2,48
Caño Malagón (120106)	3,98
Río Guapá (120107)	3,67
Río Juradó (120108)	2,75
Río La Fortuna (120109)	2,71
Río Porroso (120110)	4,25
Río Villarteaga (120111)	3,16
Cuencas Abastecedoras	
Río Grande (120101-01)	3,60
Quebrada El Salto (120101-02)	2,83
Bocatoma Salsipuedes (120102-01)	3,00
Quebrada Los Cangrejos (120105-03)	2,86
Quebrada La Cristalina (120105-02)	2,51
Río Chigorodó (120105-01)	2,75
Brazo Sucio (120108-01)	3,79

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

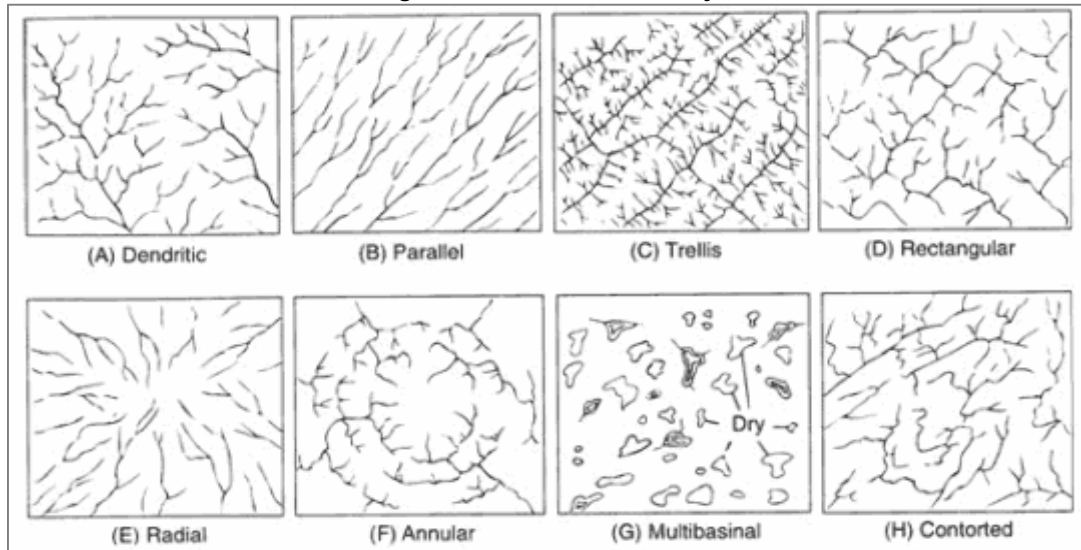
De acuerdo con los resultados obtenidos para cada una de las cuencas (Tabla 1), se observa que todas tienen una densidad de drenaje superior a 0.5, lo cual indica que no son pobremente drenadas y los valores fluctúan entre 2.24 para la cuenca del Río Carepa y 4.24 para la cuenca del Río Porroso. Lo anterior muestra que las cuencas ofrecen un buen drenaje y que las del Río Jurado con un valor de 3.67 y la del Río Porroso, como se mencionó anteriormente, son bastante eficientes.

1.4.3.3 Patrones de drenaje

El patrón de drenaje de una cuenca puede definirse como el arreglo que presentan las vías o red de drenaje, permanente y/o transitoria, que permiten evacuar las aguas superficiales de la cuenca o escorrentía superficial. El patrón de drenaje está condicionado por el relieve o aspectos topográficos de la cuenca, la vegetación y condiciones estructurales geológicas.

En la Figura 13, se presentan los diferentes grupos en los cuales se pueden clasificar los patrones de drenaje.

Figura 13. Patrones de drenaje



Fuente: <http://www.aquaysiq.com/2013/10/analisis-morfometrico-de-una-cuenca.html>

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 2, se presenta el patrón de drenaje correspondiente a cada una de las cuencas estudiadas.

Tabla 2. Patrones de drenaje cuencas

CUENCA	PATRÓN DRENAJE
Cuencas Tributarias	
Río León (120100)	Dendrítico
Río Grande (120101)	Dendrítico
Río Apartadó (120102)	Dendrítico
Río Vijagual (120103)	Dendrítico
Río Carepa (120104)	Dendrítico
Río Chigorodó (120105)	Dendrítico
Caño Malagon (120106)	Dendrítico
Río Guapá (120107)	Dendrítico
Río Juradó (120108)	Dendrítico
Río La Fortuna (120109)	Dendrítico
Río Porroso (120110)	Dendrítico
Río Villarteaga (120111)	Dendrítico
Cuencas Abastecedoras	
Río Grande (120101-01)	Dendrítico
Quebrada El Salto (120101-02)	Dendrítico
Bocatoma Salsipuedes (120102-01)	Dendrítico
Quebrada Los Cangrejos (120105-03)	Dendrítico
Quebrada La Cristalina (120105-02)	Dendrítico
Río Chigorodó (120105-01)	Dendrítico
Brazo Sucio (120108-01)	Dendrítico

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.4.3.4 Codificación

De acuerdo con el HIMAT, hoy IDEAM, se estableció la metodología de la zonificación de unidades hidrográficas, basada en los procedimientos establecidos inicialmente en la Resolución 0337 de 1978, para zonificar el país en planos cartográficos análogos con base en la cartografía oficial suministrada por el IGAC.

Inicialmente se delimitaron cinco (5) grandes áreas hidrográficas:

- Área hidrográfica del Caribe.
- Área hidrográfica del Pacífico.
- Área hidrográfica del Magdalena-Cauca.
- Área hidrográfica del Orinoco.
- Área hidrográfica del Amazonas.

Posteriormente se delimitaron las zonas y subzonas hidrográficas con cartografía y modelos más refinados y detallados. Además, se incorporaron ajustes sugeridos por las autoridades ambientales y el MADS cuando fueron pertinentes.

La codificación se realizó ajustando la metodología desarrollada en Brasil por Otto Pfasftetter en 1989, adoptada por la USGS en 1997 y conocida como el Sistema de Codificación Estándar Internacional del Servicio Geológico de los Estados Unidos.

De acuerdo con lo anterior, se tienen los primeros dígitos según la gran cuenca a la que pertenece la cuenca bajo estudio, en este caso la cuenca del Río León. En la Tabla 3, se presentan las cuencas y el dígito de identificación correspondiente.

Tabla 3. Código áreas hidrográficas

ID	ÁREA HIDROGRÁFICA (AH)
1	Caribe
2	Magdalena-Cauca
3	Orinoco
4	Amazonas
5	Pacífico

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (2013)

Estas grandes cuencas se subdividen, en nueve (9) zonas hidrográficas, identificadas con el ID del área hidrográfica a donde pertenecen, seguido de un dígito único consecutivo, de acuerdo con lo presentado en la Tabla 4.

Tabla 4. Código zonas hidrográficas

ZH	CARIBE (1)	ORINOCO (3)	AMAZONAS (4)	PACÍFICO (5)
1	Atrato - Darién	Inírida	Guainía	Mira
2	Caribe - Litoral	Guaviare	Vaupés	Patía
3	Sinú	Vichada	Apaporis	Tapaje Amarales Dagua - directos
4	Caribe - Urabá	Tomo	Caquetá	San Juan
5	Caribe -La Guajira	Meta	Yarí	Baudó - directos Pacífico
6	Catumbo	Casanare	Caguán	Pacífico - directos
7	Caribe islas (San Andrés, Providencia, Santa Catalina)	Arauca	Putumayo	Pacífico islas
8		Orinoco directos	Amazonas - directos	

ZH	CARIBE (1)	ORINOCO (3)	AMAZONAS (4)	PACIFICO (5)
9		Apure	Napo	

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (2013)

De acuerdo con la Tabla anterior, la cuenca del Río León se identifica con los dígitos **12**, que corresponden al Caribe y luego al Caribe – Litoral.

El tercer y el cuarto dígito corresponden a las subzonas hidrográficas, que en total son 311; estas se enumeran iniciando en 01 en cada zona hidrográfica, que para el Río León es **1201**.

En la Tabla 5, se presenta la codificación para las unidades hidrográficas, que se derivan de la cuenca del Río León.

Tabla 5. Codificación cuencas

CÓDIGO	SUBCUENCA
120100	León
120101	Río Grande
120102	Río Apartadó
120103	Río Vijaqual
120104	Río Carepa
120105	Río Chigorodó
120106	Caño Malagón
120107	Río Guapá
120108	Río Juradó
120109	Río La Fortuna
120110	Río Porroso
120111	Río Villarteaga
MICROCUENCA	
120101-01	Río Grande
120101-02	Quebrada El Salto
120102-01	Bocatoma Salsipuedes
120105-03	Quebrada Los Cangrejos
120105-02	Quebrada La Cristalina
120105-01	Río Chigorodó
120108-01	Brazo Sucio

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

1.4.3.5 Subcuencas y microcuencas abastecedoras

A partir de la información suministrada por la Corporación, Aguas de Urabá y de los recorridos en campo que se realizaron para cada una de las subcuencas tributarias del río León (ver numeral 1.7.8. *Inventario de la infraestructura que afecta la oferta hídrica superficial*), se definieron las bocatoma y las captaciones localizadas en las cuencas. En la Tabla 6 se indica a la subcuenca a la que pertenece, el nombre de la captación, el área y las coordenadas de localización. Igualmente, en la Figura 14 se presenta su ubicación en la cuenca del Río León.

Tabla 6. Microcuencas abastecedoras

SUBCUENCA	CÓDIGO SUBCUENCA	MICROCUENCA	CÓDIGO MICROCUENCA	COORDENADA		ÁREA (Ha)
				ESTE	NORTE	
Río Apartadó	120102	Bocatoma Salsipuedes	120102-01	728097,15	1362767,02	7766,29



Río Chigorodó	120105	Río Chigorodó	120105-01	724697,75	1340882,09	19348,04
		Quebrada La Cristalina	120105-02	732816,83	1345288,97	364,88
		Quebrada Los Cangrejos	120105-03	732241,26	1344015,35	399,97
Río Grande	120101	Quebrada El Salto	120101-02	726316,76	1368743,17	868,41
		Río Grande	120101-01	726285,42	1372210,33	3468,13
Río Juradó	120108	Brazo Sucio	120108-01	729031,55	1329197,39	2672,78

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2018

EN ETAPA DE PUBLICACIÓN

Figura 14. Subcuencas y microcuencas cuenca del Río León



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 n°38, 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.
- Mejía, 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.

EN ETAPA DE PUBLICACIÓN