

Estudio sedimentológico en la cuenca de la quebrada La Floresta en los municipios de Pailitas y Tamalameque, departamento del Cesar, Colombia

Sedimentological study in the La Floresta stream basin in the municipalities of Pailitas and Tamalameque, department of Cesar, Colombia

DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.15.2.2019.08>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 10/03/2019. Fecha de Aceptación: 17/06/2019.

Dino Carmelo Manco Jaraba 

Universidad de La Guajira. Riohacha (Colombia)
dinomancojaraba@gmail.com

Antonio Rudas Muñoz 

Corporación Autónoma Regional del Cesar. Valledupar (Colombia)
anrudas@areandina.edu.co

Elías Ernesto Rojas Martínez 

Fundación Universitaria del Área Andina. Valledupar (Colombia)
erojas@areandina.edu.co

Para citar este artículo:

D. Manco Jaraba, A. Rudas Muñoz y E. Rojas Martínez. Estudio sedimentológico en la cuenca de la quebrada La Floresta en los municipios de Pailitas y Tamalameque, departamento del Cesar, Colombia”, *INGE CUC*, vol. 15, no. 2, pp. 78-86, 2019. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.15.2.2019.08>

Resumen

Introducción- La quebrada La Floresta se localiza entre los municipios de Pailitas y Tamalameque, cuenta con una extensión de 13.500 hectáreas, donde se realizaron estudios granulométricos, humedad y estimación de volumen de sedimentos aportados por la cuenca mediante el modelo EROSUP-U.

Objetivo- Cuantificar el aporte sedimentológico de la quebrada La Floresta y clasificar tipos de suelo basado en AASTHO y USC.

Metodología- Se recolectaron 84 muestras, cada 10 mts y 15 mts, siguiendo la metodología propuesta por la Comisión Federal de Electricidad de México.

Resultados- La estimación volumétrica, aplicando la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS), establece que el aporte sedimentológico de la quebrada es de 4.944.679.344,77 m³/año; el suelo se clasificó en cuatro (4) grupos (A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6), el más representativo es el A-1-a con un 84.52% de las muestras analizadas.

Conclusiones- La quebrada La Floresta cuenta con una amplia variabilidad granulométrica de sedimentos, siendo de mayor proporción las grava, arena gruesa y arena fina, con o sin material fino bien graduado, con predominio de gravas y un aporte sedimentológico de 4.944.679.344,77 m³/año.

Palabras clave- Clasificación de suelos; Granulometría; Quebrada La Floresta; Sedimentología; Sedimentos; Suelo

Abstract

Introduction- La Floresta brook is located between the municipalities of Pailitas and Tamalameque, has an extension of 13,500 hectares, where granulometric studies, humidity and sediment volume estimation contributed by the basin through the model EROSUP-U.

Objective- In order to quantify the sedimentological contribution and classify the soil type based on AASTHO and USC.

Methodology- 84 samples were collected, each 10mts and 15mts, following the methodology proposed by the Federal Electricity Commission of Mexico.

Results- The volumetric estimation, applying the universal equation of soil loss (EUPS), establishes that the sedimentological contribution of the brook is of 4,944,679,344.77 m³ / year; the soil was classified into four (4) groups (A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6), the most representative is A-1-a with 84.52% of the samples analyzed.

Conclusions- La Floresta brook has a wide granulometric variability of sediments, with a greater proportion of gravel, coarse sand and fine sand, with or without well-graduated fine material, with a predominance of gravels and a sedimentological contribution of 4,944,679,344.77 m³/year.

Keywords- Classification of soils; Granulometry; La Floresta brook; Sedimentology; Sediments; Soil

I. INTRODUCCIÓN

La quebrada La Floresta se sitúa en una de las zonas estratégica y codiciada por el potencial sedimentológico que genera. Por más de 20 años han existido conflictos de intereses debido a la actividad minera artesanal que se ha venido realizando en diferentes tramos de su cauce; que han incidido en la producción de sedimentos y arrastre de material hacia la llanura aluvial, provocando cambios en su régimen hidrológico. La actividad de extracción de sedimentos, comúnmente conocido como material de arrastre, así como el aprovechamiento del recurso hídrico superficial, podría estar siendo llevada a cabo sin conocer la verdadera naturaleza del régimen hidrosedimentológico, o de transporte de sedimentos en un flujo superficial, que gobierna a una corriente en particular, resultando en el deterioro progresivo de la corriente; Las implicaciones ambientales del uso del suelo han sido el foco de una intensa, aunque dispar, atención de la comunidad investigativa en todo el mundo [1] y con estudios similares atendiendo la misma problemática en otras quebradas del departamento del Cesar que han sido realizados [2], [3], [4].

El presente artículo consigna los resultados del estudio sedimentológico realizado en la cuenca quebrada La Floresta. Basado en el modelo EROSUP-U para la estimación del aporte sedimentológico, fueron recolectadas 84 muestras de suelos, con el objetivo de realizar una clasificación del tipo de suelo basado en AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials), mediante la realización de estudios granulométricos y de humedad. Las muestras fueron tomadas en dos tramos de la quebrada, siendo el primero de 430 mts con 36 muestras y el segundo de 510 mts con 48 muestras (Fig. 1).

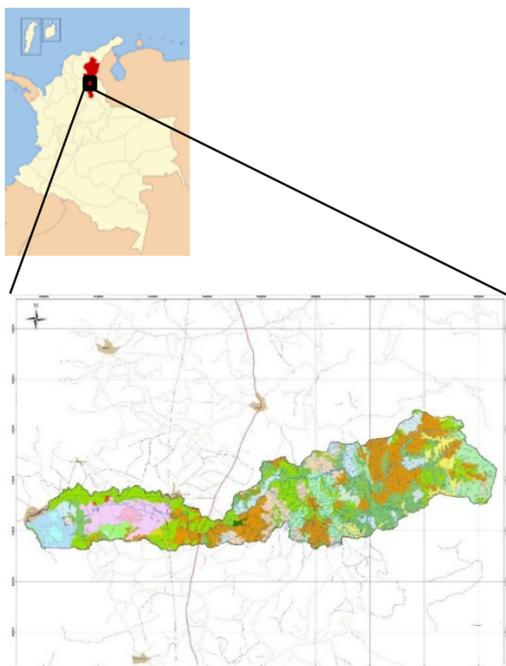


Fig. 1. Localización del área estudiada.

Fuente: Autores.

II. MARCO GEOLÓGICO

En la quebrada La Floresta afloran rocas ígneas, volcánicas sedimentarias, sedimentarias y depósitos recientes, con edades que van del Jurásico hasta el Cuaternario. En el área de la cuenca de la quebrada La Floresta se presenta una secuencia interestratificada de metareniscas de grano fino a medio, metalimolitas y metalodolitas grises, a gris verdoso y amarillento, en capas delgadas a gruesas, con intercalaciones de poco espesor de meta-arcosas de grano grueso, en parte conglomeráticas, gris clara, con fragmentos de cuarzo, embebidos en una matriz arenosa; limitadas por las fallas Caracolí, Santa Marta-Bucaramanga y la falla Bolazul.

Hacia el NW-SE de la quebrada, aflora la Unidad Neis de Bucaramanga (PDB); constituidos por paragneises cuarzo feldespáticos, biotíticos, hornbléndicos y en cantidades menores por anfibolitas, granulitas y migmatitas. La unidad se presenta como una franja alargada con contactos tectónicos al Oriente y Occidente asociados al sistema de falla Santa Marta-Bucaramanga y la falla Bolazul.

Las Dataciones Radiométricas (K/Ar) en áreas adyacentes (planchas 66 y 76 del IGAC), determinan una edad precámbrica para esta unidad [5]. El Neis de Bucaramanga ha sido correlacionado con rocas metamórficas Precámbricas de la Guajira [6], Macizo de Garzón [7], Serranía de la Macarena [8] y Sierra Nevada de Santa Marta [9], [10], [11].

Hacia el sector nororiental y suroriental de la quebrada aflora la Formación Noreán (Jurásico inferior) [12], compuesta por una alternancia de tobas cristalinas y líticas, areniscas arcósicas de grano tamaño arena medio y grueso, areniscas lodosas conglomeráticas predominantemente de color purpura, limolitas, tobas, lavas dacíticas, andesíticas y riolíticas, que se presentan como cuerpos hipoabisales y efusivos brechoides [13].

Los depósitos cuaternarios se ubican en la parte plana y semiplana del área, incluyen las llanuras aluviales, terrazas aluviales y aluviones recientes. Las terrazas aluviales tienen dos niveles, de base a techo se constituyen por un nivel gravo arenoso (Nga), constituido por una matriz tamaño arena gruesa a media de color marrón oscuro a rojizo, con clastos que van desde bloques y cantos hasta gránulos y gravas (2 mm a 40 cm de diámetro) de composición diversa petrográficamente (basaltos, andesitas, dacitas, areniscas, limolitas, aglomerados, cuarzo-monzonitas). Un segundo nivel arena limo arcilloso (Nal), por partículas tamaño arena media a fina de color marrón claro a crema [14] (Fig. 2, Fig. 3a, Fig. 3b, Fig. 4).



Fig. 2. Depósitos de terraza aluvial (Qta), donde se observan los dos niveles que predominan en esta unidad: El nivel gravo arenoso (Nga) y el nivel areno limoso (Nla), al margen derecha aguas arriba de la quebrada La Floresta (N: 1469644, E: 1045499).
Fuente: Autores.

Fig. 3. Depósitos aluviales recientes (Qlla), en la quebrada La Floresta, localizados en el cauce y en las orillas de la misma en terrazas aluviales. Formando (a) barras de sedimentación con (b) diversas composiciones petrográficas, morfologías y tamaños.
Fuente: Autores.

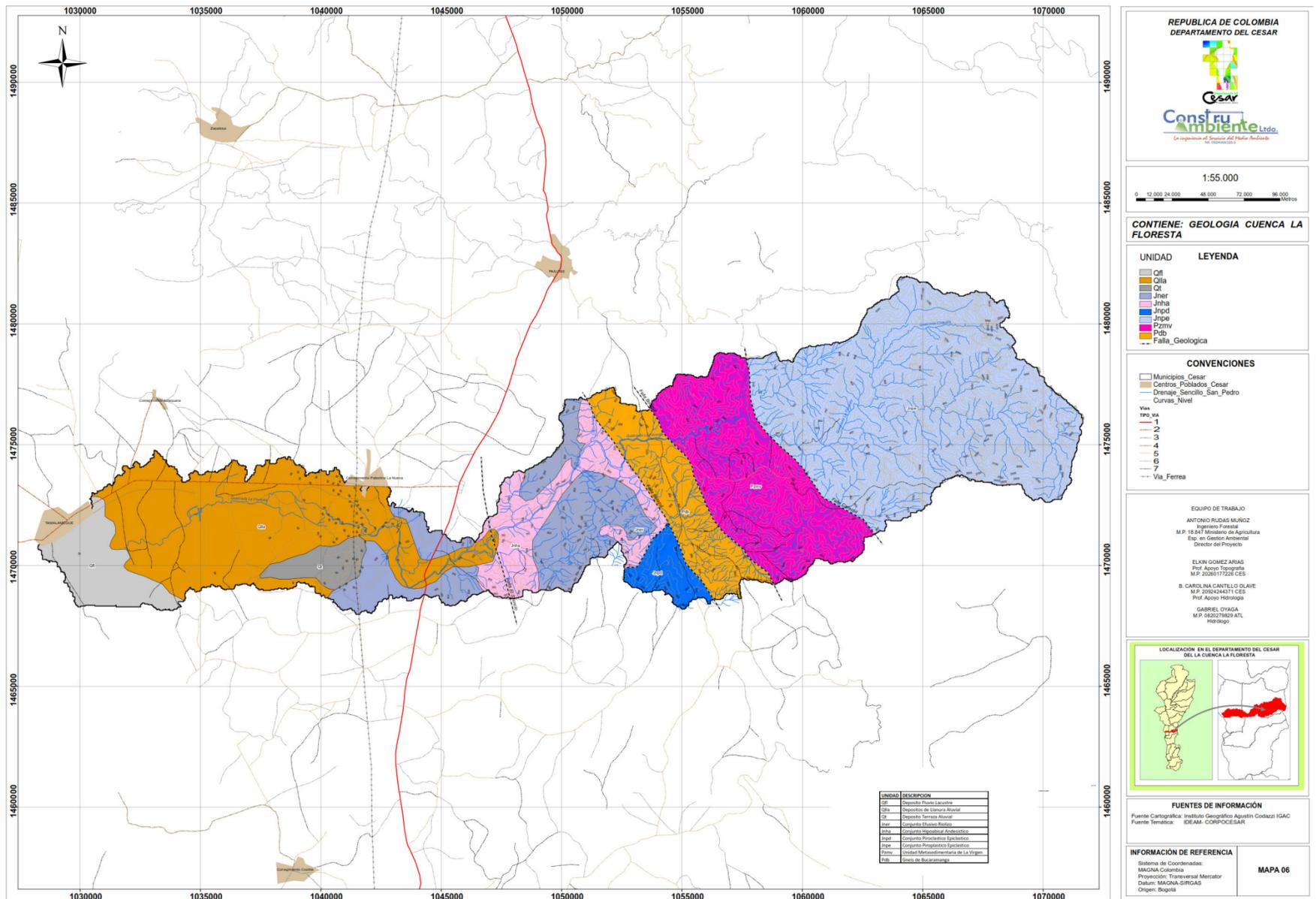


Fig. 4. Mapa geológico de la Cuenca La Floresta.
Fuente: Autores.

Los Depósitos aluviales recientes y de llanura de inundación (Qllal), acumulados en zonas de desbordamiento o crecidas, constituidos por materiales areno gravoso, matriz areno limosa con fragmentos volcánico sedimentario entre 2 mm y 30 cm de diámetros.

III. METODOLOGÍA

Para la ejecución de la investigación, se realizó un estudio prospectivo, identificando unidades geológicas y zonas de depósitos aluviales, clasificando el suelo según su textura, color, porosidad y consistencia [15].

El método para la recolección de muestras fue aleatorio y se tomaron en total 84 muestras cada 10 m y 15 m a lo largo del cauce de la quebrada, siguiendo la metodología propuesta por el gobierno de Perú [16]. Las muestras se tomaron en los tramos rectos de la quebrada, donde se seleccionaron 4 puntos por sección representativos del material, para luego de seleccionado el sitio retirar la capa superficial del suelo extrayendo el material subyacente y depositándolo en una manta. Las muestras se guardaron en bolsas para preservación de la humedad, y se rotularon respectivamente. Con el resultado de los análisis granulométricos y de humedad, se clasificó el suelo según AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Para determinar el aporte sedimentario de la cuenca La Floresta, se siguió el modelo ERO-SUP-U [17], [18] basado en la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS), apropiada para estimar la erosión superficial media anual [19], [20]. El estudio se realizó en 9 micro cuencas a lo largo del año, para obtener información de manera muy detallada, sobre el comportamiento de la taza de aporte, al final se sumaron los valores de cada micro cuenca obteniéndose el resultado general de la cuenca La Floresta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Análisis granulométrico de sedimentos en la quebrada La Floresta

Se clasificaron las 84 muestras de suelo, especificando el porcentaje en que están distribuidas las partículas según su tamaño de grano, el porcentaje de humedad natural de cada una, definiendo el grupo al que pertenecen dentro de los sistemas de clasificación de suelo AASTHO y Unificado (Tabla 1) (Fig 5).

TABLA 1. RESULTADOS DE ENSAYO DEL LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO QUEBRADA LA FLORESTA.

Puntos de ensayo	Distribución tamaño de partículas			Humedad natural (%)	Clasificación del material	
	% Grava	% Arena	% Fino		AASHTO	USC
P1	43	56,8	0,2	0,4	1	7
P2	89,46	10,25	0,29	0,8	1	5
P3	68,36	31,31	0,33	1,2	1	5
P4	77,77	21,63	0,6	0,9	1	5
P5	82,14	17,72	0,14	3,6	1	5
P6	18,03	70,51	11,47	13,4	2	4
P7	80,56	19,33	0,11	2,6	1	5
P8	72,58	16,91	10,51	9,9	1	9
P9	82,97	16,92	0,11	3,5	1	5
P10	44,75	54,89	0,36	1,5	1	7
P11	80,55	19,11	0,34	1,7	1	5
P12	59,2	40,6	0,2	1,1	1	5
P13	63,2	36,45	0,35	4,7	1	5
P14	56,42	42,24	1,33	4,6	1	5
P15	62,25	37,33	0,42	1,5	1	5
P16	38,5	59,43	2,07	2,1	1	7
P17	64,76	35,01	0,23	1,3	1	5
P18	65,16	34,74	0,1	1,3	1	5
P19	47,07	49,87	3,06	8,1	1	7
P20	9,17	90,62	0,21	3,6	1	7
P21	63,89	36,06	0,05	3,2	1	5
P22	69,88	30,09	0,03	1,4	1	5
P23	71,57	22,99	5,44	7	1	9
P24	31,02	60,83	8,15	3,7	1	4
P25	24,54	75,41	0,05	4,3	2	7
P26	31,29	68,6	0,11	2,9	1	7
P27	53,51	46,41	0,08	4,6	1	5
P28	79,01	20,85	0,15	3,2	1	5
P29	77,25	22,74	0,01	1,6	1	5
P30	68,15	31,65	0,2	3,2	1	5
P31	61,8	37,8	0,4	3,5	1	5
P32	60,5	39,4	0,1	2,7	1	5
P33	46,9	52,7	0,4	6,7	1	7
P34	50,2	49	0,8	3,4	1	5
P35	61,79	38,16	0,05	2	1	5
P36	80,43	19,19	0,38	1,7	1	5
P37	15,07	84,84	0,09	5,1	2	7
P38	73,59	26,12	0,3	7,4	1	5
P39	59,63	39,96	0,41	2,8	1	5
P40	48,19	28,97	22,85	2,2	3	6
P41	46,63	52,73	0,64	6,3	1	7
P42	53,72	46	0,28	3,6	1	5

Fuente: Autores.

TABLA 2. RESULTADOS SEGÚN CLASIFICACIÓN AASHTO.

AASHTO						
#	1	2	3			
GRUPO	A-1-a	A-1-b	A-2-6			
USC						
4	5	6	7	8	9	
SP-SM	GP	GM	SP	SM	GP-GM	
Puntos de ensayo	Distribución tamaño de partículas			Humedad natural (%)	Clasificación del material	
	% Grava	% Arena	% Fino		AASHTO	USC
P43	60,98	38,71	0,31	1,8	1	5
P45	0	88,72	11,28	13	2	4
P46	80,62	19,06	0,32	1,9	1	5
P47	47,6	52,15	0,25	6,1	1	7
P48	6,74	83,13	10,13	2,9	2	4
P49	60,52	39,23	0,25	3,3	1	5
P50	32,9	67,07	0,03	4,3	2	7
P51	24,45	73,34	2,21	8,1	2	7
P52	30,7	40,6	28,7	6,2	3	8
P53	29,1	70,8	0,1	3,7	1	7
P54	80,4	19,3	0,3	2,3	1	5
P55	56,7	40,5	2,8	10,2	1	5
P56	68,5	30,4	1,1	3	1	5
P57	28,6	70	1,4	6,9	2	7
P58	70,8	29	0,2	4,5	1	5
P59	47,1	52,7	0,2	4,2	1	7
P60	63	37	0	5	1	5
P61	40,9	58,9	0,2	4,9	1	7
P62	71,5	28,3	0,2	4,6	1	5
P63	22,5	57,3	20,2	21,8	3	8
P64	65,5	33,8	0,7	3,5	1	5
P65	77,18	22,76	0,06	3,6	1	5
P66	54,8	45,1	0,1	3,7	1	5
P67	59,4	40,5	0,1	4,8	1	5
P68	63,91	35,34	0,75	2,8	1	5
P69	76,29	22,83	0,89	1,9	1	5
P70	58,39	41,43	0,18	11,5	1	5
P71	47,94	51,25	0,81	2	1	7
P72	69,85	29,53	0,61	3,4	1	5
P73	40,85	58,9	0,25	3,4	1	7
P74	53,17	46,79	0,04	4,2	1	5
P75	37,56	62,43	0,01	0,9	1	7
P76	61,11	38,29	0,6	5,8	1	5
P77	44,6	51,2	4,2	7,7	1	7
P78	67,63	31,2	1,17	2	1	5
P79	56,48	43,42	0,1	1,9	1	5
P80	49,95	50,03	0,02	5,5	1	7
P81	51,5	45,8	3,1	0,9	2	5
P82	11,74	87,66	0,6	2,1	2	7
P83	66,5	33,4	0,1	0,6	1	5
P84	34,5	65,4	0,1	1	1	7

Fuente: Autores.

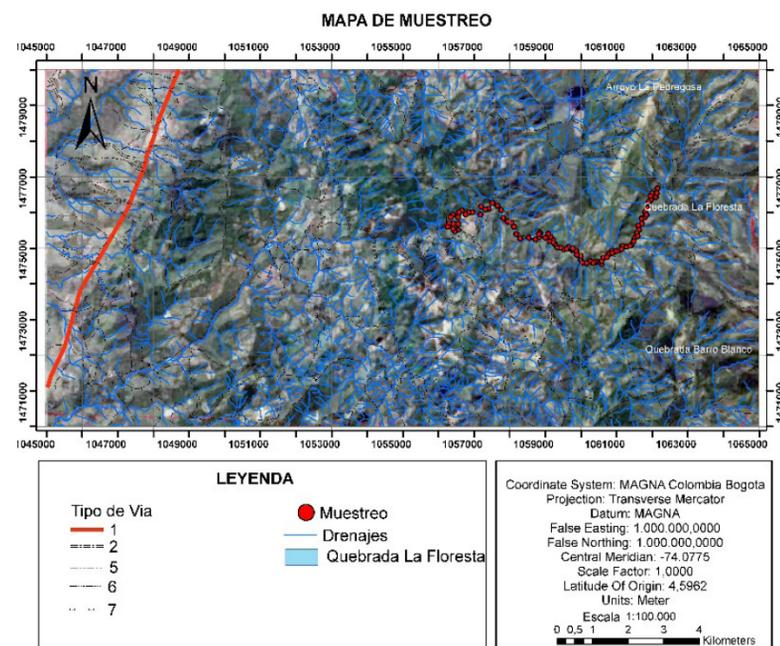


Fig. 5. Mapa de ubicación de las muestras recolectadas en el cauce de la quebrada La Floresta.

Fuente: Autores.

Seguidamente se caracterizaron las muestras con base a los dos sistemas de clasificación (AASHTO y U.S.C.S.) rotulando numéricamente cada uno de los grupos (Tabla 2).

B. Clasificación de suelo según AASTHO
(American association of state highway and transportation officials) y USCS
(Sistema Unificado de Clasificación de Suelo)

El 84,52% de las muestras analizadas están incluidas dentro del grupo A-1-a de la AASTHO, es decir es un suelo que corresponde a una mezcla bien graduada de grava, arena fina y arena gruesa, con o sin material fino bien graduado, con predominio de grava o fragmentos de roca (Tabla 3).

El 11,91% se clasifican como un suelo tipo A-1-b, es decir que corresponde a una mezcla bien graduada de grava, área y fino, pero constituido principalmente por arenas gruesas, con fracciones mínimas de material fino bien graduado (Tabla 3).

Una muestra de suelo (equivalente al 3,57% del total de muestras de suelo ensayadas) tuvieron una caracterización A-2-6, definido como suelo de material granular con contenido del 35% o menos de material que pasa el tamiz N°200, característico porque además de contener grava presenta arena (gruesa y fina) en mayor proporción con contenidos de limo sin plasticidad (Tabla 3).

De acuerdo al sistema de clasificación unificada (U.C.S.U), el 59,52% se clasifica como gravas mal graduadas con poca arena; el 29,76% se cataloga como arenas mal graduadas con gravas y pocos finos (Tabla 4).

TABLA 3. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASTHO.

Sistema de clasificación de suelos - según aastho		
Grupo	N° Muestras	%
A-1-a	71	84,52
A-1-b	10	11,91
A-2-6	3	3,57
Total	84	100,00

Fuente: Autores.

TABLA 4. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUELO USCS.

Grupo	N° Muestras	%
SP-SM	4	4,76190476
GP	50	59,5238095
GM	1	1,19047619
SP	25	29,7619048
SM	2	2,38095238
GP-GM	2	2,38095238
TOTAL	84	100

Fuente: Autores.

De las 84 muestras totales 4 son arenas mal graduada con poco finos (SP-SM), las muestras #6, #24, #45, #48 y otras 50 de las 84 muestras se clasifican como gravas mal graduadas (GP), las muestras #P2, #P3, #P4, #P5, #P7, #P9, #P11, #P12, #P13, #P14, #P15, #P17, #P18, #P21, #P22, #P27, #P28, #P29, P.30, #P.31, #P32, #P34, #P35, #P36, #P38, #P39, #P42, #P43, #P46, #P49, #P54, #P55, #P56, #P58, #P60, #P62, #P64, #P65, #P66, #P67, #P.68, #P69, #P70, #P72, #P74, #P76, #P78, #P79, #P81, #P83.

La muestra #40 se especifica como gravas limosas (GM) y las muestras #P1, #P10, #P16, #P19, #P20, #P25, #P26, #P33, #P37, #P41, #P44, #P47, #P50, #P51, #P53, #P57, #P59, #P61, #P71, #P73, #P75, #P77, #P80, #P82, #P84 se clasifican como arenas mal graduadas con gravas y poco finos (SP). Otras 2 muestras corresponden a arena limosas (SM).

Los suelos diferenciados como gravas mal graduadas presentan un comportamiento mecánico sobresaliente y buena capacidad de drenaje, los suelos arenosos tienen un comportamiento aceptable y excelente capacidad de drenaje, los suelos gravo limosos se caracterizan por tener un comportamiento mecánico aceptable y mala capacidad de drenaje.

C. Desviación estándar de los sedimentos

El cálculo de la desviación estándar de los sedimentos de la quebrada La Floresta, se realizó través de la relación logarítmica entre el % pasa y la abertura de los tamices (mm), obteniendo así el valor de D84 y D16, datos necesarios para conocer la uniformidad en la distribución de los diámetros (Tabla 5).

$$\sigma_g = \frac{D84}{D50} = \frac{D50}{D16} = \frac{(D84)^{1/2}}{(16)^{1/2}} \quad (1)$$

D84 = Diámetro tal que el 84% de la muestra en peso tiene partículas menores que él, lo mismo para D16.

TABLA 5. PROMEDIO % PASA SEGÚN LA ABERTURA DE LOS TAMICES.

N° tamiz	Abertura tamiz (mm)	(% pasa) promedio
2"	50,8	100,00
1 1/2"	38,1	97,87
1"	25,4	84,05
3/4"	19,1	80,14
1/2"	12,7	75,92
3/8"	9,52	80,13
4	4,76	63,67
10	2	52,23
40	0,42	20,63
200	0,074	5,52

Fuente: Autores.

Cálculo de D84:

$$D84 = \frac{(84,05 - 80,14)}{\log(25,4) - \log(19,1)} \quad (2)$$

$$D84 = \log(X) = \log(25,4) - \frac{(84,05 - 84,0)}{(84,05 - 84,14) * [\log(25,4)]} \quad (3)$$

$$D84 = 25.308mm$$

Cálculo de D16:

$$D16 = \frac{19,63 - 4,52}{\log(0,42) - \log(0,074)} = \frac{19,63 - 16}{\log(0,42) - \log(X)} \quad (4)$$

$$D16 = \log(X) = \log(0,42) - \frac{(19,63 - 16)}{(19,63 - 4,52) * [\log(0,42)]} \quad (5)$$

$$D16 = 0,277mm$$

Cálculo de og (desviación típica granulométrica promedio).

$$\sigma_g = \frac{(25,308mm)^{1/2}}{(0,277mm)^{1/2}} = 9,56 \quad (6)$$

Con base a estos resultados la distribución es extendida, es decir, existe una amplia variación de diámetros de las partículas sedimentológicas.

El modelo EROSUP-U [13], [14] se empleó para determinar los sedimentos que aporta la cuenca La Floresta, según la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS), desarrollada de la siguiente manera:

$$A = 224,2 * R * K * Ls * C * P \quad (7)$$

Dónde:

- A*: erosión superficial media anual o producción bruta específica de sedimentos [(T/ha) /año]
T: toneladas métricas
R: factor de erosividad de lluvia-escorrentía
K: factor de erosionabilidad del suelo
LS: factor topográfico de longitud y pendiente del terreno
C: factor de cobertura vegetal
P: factor de prácticas conservacionistas para control de erosión y 224,2 es un coeficiente de conversión de unidades.

Para evaluar la cobertura vegetal se determinó el tipo y clase de cobertura presente en el área, y se calculó el porcentaje de las micro-cuencas tomadas para el análisis. El mayor porcentaje es el que determina y permite establecer un patrón para llegar a un estimado razonable. Se tomó igual a 0.07 (constante para pasto).

La Erosividad *R* puede ser calculada utilizando la expresión [21]:

$$R = 6,866 (P^2/P)^{0,85} \quad (8)$$

Dónde:

- R*: Índice medio de erosividad anual
p: Precipitación media mensual 159.8 mm/mes
P: Precipitación media anual 1917.602 mm

El valor obtenido fue: 62.01

La erodabilidad (*K*) representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva, existen rangos estipulados para suelos tipo A el rango de variación de erodabilidad es de 0,16-0,23, suelos tipo B el rango es de 0,13-0,38, suelos tipo C tienen rango entre 0,13-0,18 y los tipos D oscilan entre 0,07-0,12. Para la implementación de la ecuación se ponderó el valor para suelos tipo B de 0,35. El factor topográfico *Ls* se obtiene por medio de la expresión [22], [23]:

$$Ls = 0,00984 * L0,63 * S * 1.18 \quad (9)$$

Dónde:

- L*: Longitud de pendiente (mts), expresa la distancia entre el punto donde cae la gota de lluvia hasta el punto donde disminuye la pendiente y comienza la deposición, el valor encontrado es de 130.431 mts.

S: Pendiente del terreno en porcentaje, el valor para la cuenca La Floresta es de 1,16%, se obtuvo un valor de *Ls*: 19.5 para toda la cuenca.

El factor *P* es adimensional y contempla la reducción de la erosión superficial debido a las prácticas conservacionistas, el cual se toma como valor de 0.5.

Para evaluar la cobertura vegetal se recurrió a las fotografías aéreas y visitas a campo, las cuales permiten establecer un patrón para llegar a un estimado razonable. *C* se tomó igual a 0.34.

Reemplazando todos los valores en la ecuación universal de pérdida de suelos se obtuvieron los siguientes valores.

$$A = 224.2 * 62,01 * 0,23 * 19,5 * 0.34 * 0.7 \quad (10)$$

$$A = 14.840,097 \left[\left(\frac{Ton}{ha} \right) * año \right] \quad (11)$$

Es necesario notar que no todo el sedimento producido por erosión superficial ingresa a la red hidrográfica y es transportado por los cursos de agua hasta la sección de control. En general, el sedimento que efectivamente alcanza la Sección de Control (*SY*) es menor que la cantidad de sedimento producido por erosión superficial (*A*). La relación entre estas dos magnitudes se denomina relación de erogación de sedimentos y es menor que la unidad: $SY = SDR * A$

Para calcularlo se utilizó la siguiente fórmula:

$$DSR = 0,47 * F^{-0,125} \quad (12)$$

$$SDR = 0,47 * (270,16)^{-0,125} = 0.2334 \quad (13)$$

$$SY = 0.2334 * 1489,79 (Ton/Km^2)/año \quad (14)$$

$$SY = 347,7528411 (Ton/Km^2)/año \quad (15)$$

$$SY = 9394890755,07 Ton/año \quad (16)$$

Para calcular el volumen de sedimentos se toma el valor medio de densidad obtenidos en los ensayos de laboratorio (17):

$$\rho = 1,9 \frac{gr}{cm^3} \text{ o } \rho = 1,9 \frac{ton}{m^3} \quad (17)$$

$$SY = \frac{9394890755,07}{1,9} m^3/año = 4.944.679.344,77 m^3/año \quad (18)$$

La cuenca de la quebrada La Floresta genera 4.944.679.344,44 m³/año de sedimentos constituido por arenas media a gruesa.

V. CONCLUSIONES

Con base a los resultados de la desviación estándar se puede concluir que la distribución es extendida, es decir, que en la quebrada La Floresta existe una amplia variación de diámetros de las partículas sedimentológicas, con un aporte de sedimentos de 4.944.679.344,77 m³/año; encontrándose en mayor proporción gravas, arenas fina y arenas gruesa, con o sin material fino bien graduado, con predominio de gravas o fragmentos de roca.

La relación logarítmica entre el % promedio Pasa y la abertura de los respectivos tamices (mm) permitió establecer el valor de D84 y D16, datos necesarios para conocer la uniformidad en la distribución de los diámetros, como dicha distribución es extendida, se concluye que existe una amplia variación de diámetros de las partículas sedimentológicas

Para la aplicación de EUPS, se considera apropiado las unidades de paisaje, por cuanto ellas condensan información relacionada con las geoformas del relieve, suelos, escorrentía, cobertura y uso del suelo; que, constituyen los factores tenidos en cuenta para la formulación de la ecuación.

La aplicación EUPS, permite la estimación del riesgo de erosión en un área determinada, siempre y cuando se cuente con información operacionalmente útil de los factores que la integran.

FINANCIAMIENTO

Artículo de investigación derivado del proyecto titulado: “Estudio hidrosedimentológico de la cuenca hidrográfica del río San Alberto del Espíritu Santo en el municipio de San Alberto, departamento del Cesar”, enmarcado dentro del plan de desarrollo departamental 2012–2015 “Prosperidad a salvo”, en un convenio entre la Gobernación del Cesar, Fundación Universitaria del Área Andina (Sede Valledupar) y Contruambiente, cuyo objeto se encierran variadas metas de planificación del uso del agua, del territorio y la prevención de amenazas.

REFERENCIAS

[1] J. M. Smith, “Implicaciones ambientales de las tecnologías de energía renovable”. *Ing. USBMed*, vol 2, no. 2, pp. 10–16, Dic. 2011. Recuperado de: <http://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/251/167>

[2] Universidad del Magdalena. “Evaluación de la capacidad de transporte de sedimentos y del potencial de material de arrastre y planteamiento de obras de rehabilitación de las corrientes hídricas superficiales Guaduas y Buturama, en el Departamento del Cesar, Santa Marta”, 2009. [Online].

[3] J. Mazenett. “Estudio de Hidrosedimentología en la Corriente de Aguas superficiales de la Quebrada Torcoroma”, Corpoce-sar, Cesar, Colombia, *Inf. Tec.*, 2008.

[4] D. C. Manco., A. Rudas., E. Rojas y Y. Mosocote, “Estudio sedimentológico en la cuenca de la quebrada San Pedro localizada en el municipio de Curumaní, departamento del Cesar, Colombia”, *Ing. USBMed*, vol 9, no. 2, pp. 19–26, Dic. 2018.

[5] R. Goldsmith., R. F. Marvin & H. H. Mehnert, “Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera Colombian Andes”, US dept. Int., Washington, USA, *U.S. Geol. Survey Prof. Paper 750-D*, D44–D49, 1971.

[6] L. Radelli, “Introducción al estudio de la Petrografía del Macizo de Garzón (Huila- Colombia)”, *Geol. Col.*, vol. 3, pp. 17–46, Dic. 1962.

[7] H. Bürgl & L. Radelli, “Nuevas localidades fosilíferas en la Cordillera Central de Colombia”, *Geol. Col.*, no. 3, pp. 133–138, Dic. 1962.

[8] A. Gansser, “The Guiana Shield (S. America). Geological observations”, *Ecologicae. Geol. Hel.*, vol. 47, pp. 77–112, 1954. <http://doi.org/10.5169/seals-161828>

[9] A. Gansser, “Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Sudamerika)”, *Min. Petro Mitt.*, band. 35, num. 2, pp. 209–279, 1955.

[10] Ch. Tschanz., J. Buenaventura & A. Jimeno, “Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta area, Colombia”, Ingeominas, Bogotá, Colombia, *Inf. Inter. No. 1829*, 1969.

[11] Ch. Tschanz, R. Marvin, J. Cruz, H. Mehnert & G. Cebula, “Geologic evolution of The Sierra Nevada de Santa Marta North Eastern Colombia”, *Geol. Soc. Am. Bull*, vol, 85, pp. 273–284, Feb. 1974. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1974\)85<273:GEOTSN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1974)85<273:GEOTSN>2.0.CO;2)

[12] M. A. Cuéllar, J. A. López, J. A. Osorio y E. J. Carrillo, “Análisis estructural del segmento Bucaramanga del sistema de Fallas de Bucaramanga (sfb) entre los municipios de Pailitas y Curumaní, Cesar-Colombia”, *Rev. Bol. Geol.*, vol. 34, no. 2, pp. 73–101, Dic. 2012. Disponible en <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegeologia/article/view/3113/3673>

[13] J. Clavijo. *Mapa geológico generalizado de Norte de Santander. Escala 1:250.000. Mapa interno*. Bucaramanga, Co: Ingeominas, 1994.

[14] A. Forero, “Estratigrafía del Pre cretácico en el flanco occidental de la Serranía de Perijá”, *Rev. Geol. Col.*, vol. 7, pp 7–77, 1972, <https://doi.org/10.15446/gc>

[15] Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, *Guía para la descripción de suelos*. Roma: FAO 2009. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

[16] Ministerio de Energía y Minas del Perú, “Guía para el muestreo y análisis de suelo”, en *XV Restauracion de suelos en instalaciones de refinacion y produccion petrolera*, Lima, Pe: Dirección General de Asuntos Ambientales de la República del Perú, 2000. Disponible en <http://www.ingenieroambiental.com/4012/guiahidroxvii.pdf>

[17] P. A. Basile, “Modelo Matemático para Pronóstico de Erosión Superficial Media Anual a Escala de Cuenca: EROSUP-U”. CURIHAM, FCEIA-UNR, Rosario, Argentina, *Inf. téc. inter. ICI-0104*, 2004.

[18] P. Basile, “Modelación de la Erosión de Márgenes por Mecanismo de Colapso Masivo Asociado a Falla Plana”, presentado al *XX Congr. Nac. Agua*, Mendoza, Arg., May. 9–13, 2005.

[19] W. Wischmeier & D. Smith. “Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide for Conservation Planning”, U.S. Dept. Agr, Washington, USA, *Agriculture Handbook 537*, 1978.

[20] P. Basile, G. Riccardi, H. Stenta y M. García, “Evaluación de procesos de erosión/sedimentación en el sistema hidrológico del A° Ludueña”, presentado al *Segundo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos*, Neuquén, Arg., Nov. 2–4, 2005, Disponible en http://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/Secciones/Publicaciones/Geomorfologia_Erosion_etc/BasileRiccardi_Rios2005.pdf

- [21] F. Lombaf y R. Moldenhaue, “Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)”, *Bragantia*, vol. 51, no. 2, pp. 189–196, 1992. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>
- [22] R. Mattos, “Pequeñas obras hidráulicas”, UNESCO/PHI, 1999.
- [23] J. Bertoni & F. Lombardi, *Conservação do solo*. São Paulo: Icone, 1999.

Dino Manco Jaraba es Ingeniero de Minas con M. Sc. en Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones. Docente ocasional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Guajira (Riohacha, Colombia) y Coordinador de Propiedad intelectual. <https://orcid.org/0000-0001-8506-094X>

Antonio Rudas Muñoz es Ingeniero forestal con Msc en Desarrollo sostenible y medio ambiente, y experiencia en la formulación y evaluación de proyectos, en realización de cartografía temática, inventarios forestales, planes de establecimiento y aprovechamiento forestal e identificación taxonómica de especies vegetales, manejo integral de cuencas hidrográficas, definición del uso y aptitud biofísica de suelos, procesamiento e interpretación de información climatológica, de equipos especializados PM10, PM2,5, PST, balances hídricos, investigación científica, estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental, estudios de riesgos naturales, planes de ordenamiento y de desarrollo territorial. Actualmente Subdirector de la Corporación Autónoma Regional del Cesar-CORPOCESAR (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-8401-6071>

Elías Ernesto Rojas Martínez es Geólogo, Especialista en Minería a cielo Abierto, docente asistente de la Fundación Universitaria del Área Andina (Valledupar, Colombia) y coordinador del semillero de investigación geológico minero-SIGEM. Investigador del grupo de Investigación en Ingeniería Geológica-GIINGEO. <https://orcid.org/0000-0003-0402-1565>