



Estudio sedimentológico en la cuenca de la quebrada San Pedro localizada en el municipio de Curumaní, departamento del Cesar, Colombia

Sedimentological study in the basin of the San Pedro brook located in the municipality of curumani, department of the Cesar, Colombia

Dino Carmelo Manco Jaraba
Msc. Gestión ambiental y energética en
las organizaciones
Universidad de La Guajira
dinomancojaraba@gmail.com

Antonio Rudas Muñoz
Ingeniero Ambiental
Fundación Universitaria del Área Andina
anrudas@areandina.edu.co

Elías Ernesto Rojas Martínez
Especialista en minería a cielo abierto
Fundación Universitaria del Área Andina
Grupo de investigación GIINGEO
erojas@areandina.edu.co

Yesica Paola Moscote Daza
Ingeniera Geóloga
Fundación Universitaria del Área Andina
yesimoscote@gmail.com

Tipo de Artículo: Investigación científica y tecnológica. **Recibido:** 25/04/2018. **Aprobado:** 23/07/2018

Resumen. La Quebrada San Pedro del espíritu santo esta localiza en el municipio de Curumaní, cuenta con una extensión de 21.087 hectáreas, donde se realizaron estudios granulométricos, humedad y se estimó el volumen de sedimentos generados por la cuenca mediante el modelo EROSUP-U; con el fin de cuantificar el aporte sedimentológico y clasificar el tipo de suelo basado en AASTHO, fueron recolectadas 84 muestras, cada 10 m y 15mts, siguiendo la metodología propuesta por la Comisión Federal de Electricidad de México. En base a los resultados obtenidos en la estimación volumétrica, aplicando la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) el aporte de sedimento es de 3.076.012.97m³/año; el suelo del área de estudio se clasificó en seis (6) grupos (A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-3 y A-4), el más representativo es el A-1-a con un 51.19% de las muestras analizadas, corresponde a una mezcla de suelo mal graduado de grava, arena fina y arena gruesa, con poco material fino bien graduado.

Abstract. The San Pedro del Espíritu Santo brook is in the municipality of Curumani. It has an extension of 21,087 hectares, there were carried out granulometric studies, humidity and the volume of sediments generated by the basin was estimated using the EROSUP-U model; In order to quantify the sedimentological contribution and classify the soil type based on AASTHO, 84 samples were collected, each 10 m and 15mts, following the methodology proposed by the Federal Electricity Commission of Mexico. Based on the results obtained in the volumetric estimation, applying the universal equation of soil loss (EUPS) the sediment contribution is 3,076,012.97m³ / year; the floor of the study area was classified into six (6) groups (A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-3 and A-4), the most representative is the A-1-a with 51.19% of the samples analyzed, corresponds to a mixture of poorly graded soil gravel, fine sand and coarse sand, with little fine material well graduated.

Palabras clave. Clasificación de suelos; Granulometría; Sedimentología; Sedimentos; Suelo.

Keywords. Classification of soils; Granulometry; Sedimentology; Sediments; Soil.

DOI: 10.21500/20275846.3498

1. Introducción

El presente artículo consigna los resultados del estudio sedimentológico realizado en la cuenca de la quebrada San Pedro ubicada en el municipio de Curumaní departamento del Cesar, 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 410 m con 42 muestras y el segundo de 500m con 42 muestras.

La Quebrada San Pedro, es una cuenca que ha sido explotada por su potencial sedimentológico en diferentes tramos, desde hace 20 años; lo que seguramente ha 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, lo cual resulta en el deterioro progresivo de la misma; 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]. Estudios similares atendiendo la misma problemática en otras quebradas del departamento del Cesar han sido realizados, por la Universidad del Magdalena [2] y Mazenett [3].

2. Delimitación del área de estudio

La Quebrada San Pedro abarca un área de 13.500 hectáreas, jurisdicción del municipio de Curumaní, a su vez hace parte de la ecorregión Serranía del Perijá [4]; limita al norte con el municipio de Chiriguana, oriente con la República de Venezuela y el departamento del Norte de Santander, al sur con el municipio de Pailitas y al occidente con el municipio de Chimichagua (Figura 1).

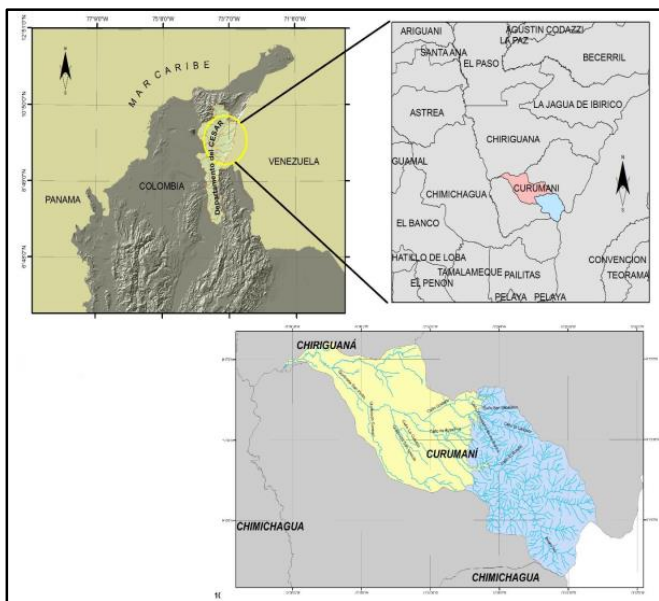


Figura 1. Localización del área estudiada

3. Marco geológico

En la quebrada San Pedro afloran rocas ígneas, sedimentarias y depósitos aluviales, con edades que van de Jurásico hasta el Holoceno. Hacia el oriente de la cuenca San Pedro aflora la unidad metasedimentaria Quebrada la Virgen (Cambro-Ordoviciano), constituida por secuencias interestratificadas de metareniscas de grano fino a medio, metalimolitas y metalodolitas, de color gris, con delgadas capas intercaladas de meta-arcosas de grano grueso, y en algunas partes conglomeráticas, con cantos principalmente de cuarzo, embebidos a una matriz arenosa. Las filitas son de grano fino, las cuarcitas son blancas, localmente manchadas por óxidos de hierro e intercaladas con filitas [5].

Hacia el nororiente de la quebrada aflora La Formación Noreán (Jurásico inferior) [6], constituida por alternancia de tobas cristalinas y líticas, arenas arcósicas de grano medio y grueso, areniscas lodosas

conglomeráticas predominantemente de color púrpura, limolitas tobáceas, lavas dacíticas, andesíticas y riolíticas, que se presentan como cuerpos hipoabisales y efusivos brechoides de composición andesítica dacítica [7].

Los depósitos cuaternarios se ubican en la parte plana y semiplana del área, incluye las llanuras aluviales, terrazas aluviales y aluviones recientes. Las terrazas aluviales tienen dos niveles, de base a techo se constituyen por un nivel grava arenoso (Nga), de matriz limo arcillosa, color rojizo, con fragmentos tamaños cantos, guijos, guijarros, gravas, redondeados a subredondeados de composición Vulcano sedimentaria, presenta cantos de origen ígneo, metamórfico y calcáreos. El segundo nivel es arena limo (Nla), de color beige, conformado por arena fina a gruesa, dentro de una matriz limo arcillosa [5] (Figuras 2 y 3).

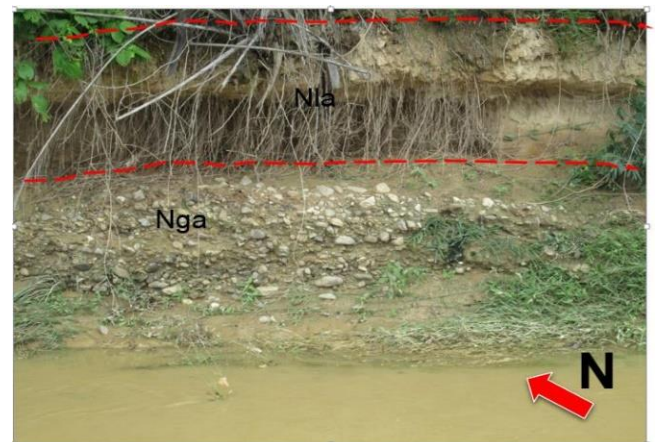


Figura 2. Depósitos de Terraza Aluvial (Qta), sector noroccidental aguas abajo, Se observa dos niveles que hacen parte de esta Unidad, el nivel grava arenoso (Nga) y el nivel arena limo arciloso (Nla), Fuente: Datos de campo

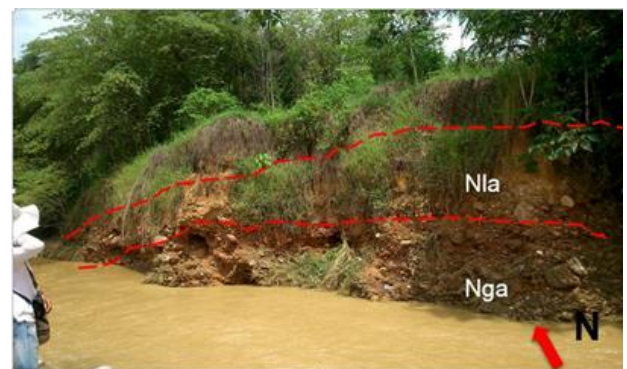


Figura 3. Depósitos de Terraza Aluvial, sector sur oriental de la Quebrada San Pedro, Aguas arriba, se observan los niveles grava arenoso (Nga) y arena limo arciloso (Nla). Fuente: Datos de campo

Los depósitos aluviales recientes y de llanura de inundación (Qlla) son sedimentos depositados por la quebrada en las zonas de desbordamiento o crecidas, constituidos por materiales arena gravoso, matriz arena

limosa con fragmentos vulcanosedimentario entre 2mm y 30cm.

4. Metodología

Se realizó un estudio prospectivo, identificando las unidades geológicas y zonas del depósito aluvial clasificando el suelo según su textura, color, porosidad, consistencia [8].

El método para la recolección de muestras fue aleatorio, se tomaron en total 84 muestras cada 10m y 15m a lo largo del cauce de la quebrada, siguiendo la metodología propuesta por la Comisión Federal de Electricidad de México. Las muestras se tomaron en los tramos rectos de la quebrada, se seleccionaron 4 puntos por sección representativos del material, luego de seleccionar el sitio se retiró la capa superficial del suelo extrayendo el material subyacente depositándolo en una manta. Las muestras se guardaron en bolsas para preservarlas 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 San Pedro, se siguió el modelo EROSUP-U [9, 10]

basado en la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS), apropiada para estimar la erosión superficial media anual [11, 12]. El estudio se realizó en 9 microcuencas 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 microcuenca obteniéndose el resultado general de la cuenca de San Pedro.

5. Resultado y discusión

5.1 Análisis granulométrico de sedimentos en la quebrada San Pedro

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 2).

Seguidamente se caracterizaron las muestras en base a los dos sistemas de clasificación (AASTHO y U.S.C.S.) rotulando numéricamente cada uno de los grupos (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados de ensayo del laboratorio de muestras de suelo Quebrada San Pedro del Espíritu Santo

Ensayo	Tamaño de partículas %				Humedad natural (%)		Clasificación del material	
	Grava	Arena	Limo			AASTHO	USCS	
P. 1	2.1	90.2	7.7	19.4		2	7	
P. 2	52.9	46.4	0.7	8.6		1	8	
P. 3	44.6	35.1	20.3	8.3		4	9	
P. 4	51	47.9	1.1	11.7		1	8	
P. 5	18.7	74	7.3	14.6		2	7	
P. 6	61.5	33.6	4.9	20.5		1	8	
P. 7	33.1	64.8	2.1	13.7		2	10	
P. 8	57.5	42.2	0.3	11.2		1	8	
P. 9	19.5	71.6	8.9	18.8		2	7	
P. 10	12.1	79.8	8.1	17.3		2	7	
P. 11	42.2	56.4	1.4	9.3		1	10	
P. 12	65.2	34.5	0.3	16.7		1	8	
P. 13	27.8	36.6	35.6	11.9		6	11	
P. 14	64.3	35.6	0.1	21.4		1	8	
P. 15	39.8	60.1	0.1	5.4		1	10	
P. 16	48.9	50.7	0.4	5.6		1	10	
P. 17	0	88.1	11.9	16.9		2	7	
P. 18	32.1	67.9	0	6.4		1	10	
P. 19	13.8	83.5	2.7	15.9		2	10	

Ensayo	Clasificación del material						
	Tamaño de partículas %			Humedad natural (%)		AASHTO	USCS
	Grava	Arena	Limo				
P. 20	24,4	72,1	3,5	7,3	1	10	
P. 21	38,2	52,9	8,9	13,2	1	7	
P. 22	22,6	75,6	1,8	3,2	1	10	
P. 23	1,4	95,5	3,1	13,3	2	10	
P. 24	27,9	71,8	0,3	9,5	2	10	
P. 25	4,9	93,5	1,6	10,2	2	10	
P. 26	9,2	90,1	0,7	6,2	2	10	
P. 27	63,7	34,1	2,2	22,2	1	8	
P. 28	85,1	14	0,9	9,7	1	8	
P. 29	69,8	24,5	5,7	10,2	1	12	
P. 30	74,4	25,5	0,1	3,1	1	8	
P. 31	41,3	58,1	0,6	10,9	1	10	
P. 32	8,7	74,9	16,4	19,9	2	11	
P. 33	66,9	32,9	0,2	14,8	1	8	
P. 34	8,1	91,6	0,3	9,2	2	10	
P. 35	6,4	79,2	14,4	27	2	11	
P. 36	50	49,6	0,4*	7,2	1	8	
P. 37	42,6	57	0,4	8,6	1	10	
P. 38	52,9	45,9	1,2	11,9	1	8	
P. 39	45,8	50,1	4,1	21,2	2	10	
P. 40	66,3	33,7	0	10,7	1	8	
P. 41	2,50	86,30	11,20	22,90	3	7	
P. 42	24,20	70,70	5,10	5,60	2	7	
P. 43	50,70	48,50	0,80	4,40	1	8	
P. 44	0,30	83,20	16,50	24,00	3	11	
P. 45	77,40	22,10	0,50	3,60	1	8	
P. 46	0	96,8	3,2	6,2	2	10	
P. 47	65	34,9	0,1	3,7	1	8	
P. 48	6,9	63,7	29,4	12,8	4	11	
P. 49	36,3	63	0,7	5,2	2	10	
P. 50	42,3	56,1	1,6	6,1	1	10	
P. 51	14,9	73,3	11,8	13,6	2	7	
P. 52	64,5	34,5	1	6,6	1	8	
P. 53	39,3	58,8	1,9	6	1	10	
P. 54	41,9	55,2	2,9	4,8	2	10	
P. 55	36,55	56,58	6,87	10,7	2	7	
P. 56	29,2	70,6	0,2	3,4	2	10	
P. 57	4,47	82,97	12,56	20,5	3	11	
P. 58	25	73,7	1,3	3,6	2	10	
P. 59	12,07	87,76	0,17	2,3	2	10	
P. 60	8,4	86,6	5	11,2	2	10	

Ensayo	Clasificación del material					
	Tamaño de partículas %			Humedad natural (%)		
	Grava	Arena	Limo	AASHTO	USCS	
P. 61	51,2	47,7	1,1	4	1	8
P. 62	56,1	40,5	3,4	7,2	1	8
P. 64	47,97	50,77	1,26	5,9	1	10
P. 65	23,9	74,7	1,4	6,3	2	10
P. 66	52,7	45,3	2	7,5	1	8
P. 67	55,45	43,96	0,59	10,4	1	8
P. 68	60,16	39,77	0,07	6,2	1	8
P. 69	11,7	85,8	2,5	3,9	2	10
P. 70	85,8	14,1	0,1	5,2	1	8
P. 71	57,1	42,9	0	3,3	1	8
P. 72	0	91,2	8,8	15,4	5	7
P. 73	56,4	41,8	1,8	7,3	1	8
P. 74	22,9	74,8	2,3	6,2	2	10
P. 75	34,94	61,2	3,86	6,8	2	10
P. 76	64,3	35,7	0	3,7	1	8
P. 77	53,2	46,7	0,1	4,7	1	8
P. 78	23	67,5	9,5	14,4	5	7
P. 79	27,1	71,8	1,1	3,8	2	10
P. 80	5,6	80,1	14,3	5,6	2	11
P. 81	51,5	46,5	2	5,8	1	8
P. 82	23,8	70,1	6,1	8,8	2	7
P. 83	52,7	44,4	2,9	11,3	1	8
P. 84	25,3	63,3	11,4	12,3	2	7

Tabla 3. Resultados según clasificación AASHTO

AASHTO						USC					
A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-6	A-3	A-4	SP-SM	GP	GM	SP	SM	GP-GM
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

5.2 Clasificación de suelo según AASTHO (American association of state highway and transportation officials)

Cuarenta y tres muestras fueron clasificadas según AASTHO como grupo A-1-a correspondiendo al 51.19% (mezcla mal graduada de grava, arena fina y gruesa, sin poco material fino), 33 muestras pertenecen al grupo A-1-b equivalente al 39.29% (mezcla bien graduada de grava, arena y fino; materiales arenosos), 3 muestras se clasificaron como grupo A-2-4 (Suelo de material granular) concerniente al 3.57%, 2 de las muestras corresponden al grupo A-2-6 (grava y arena con contenidos de limo o arcilla) relacionado con el 2,38%, otras 2 son grupo A-3 (arenas finas con limos) con el

mismo porcentaje anterior y solo 1 muestra es clasificada grupo A-4 (suelo limoso) representando 1.19%, para un total de 84 muestras.

5.3 Clasificación de suelo según U.S.C.S (Unified soil classification system)

Veintiocho muestras de 43 totales son grava mal graduada con arena, 2 muestras se clasificaron como grava mal graduada (GP), 9 muestras se consideran arena mal graduada con grava (SP). Las muestras #11, #15, #16, #18, #20, #22, #31, #37, #50, #53 y #64 corresponden a arenas (S). La muestra # 21 se clasifica como arena mal graduada con limo y grava (SP-SM), la

muestra #29 es una grava mal graduada con limo y arena (GP-GM).

Veintiuna de las 33 muestras se clasifican como arena pobremente graduada (SP), las muestras #19, #23, #25, #26, #34, #46, #59, #60 y #69 son arenas mal graduadas (SP). La muestra #1, #10, #17 y #51 son arenas mal graduadas con limos (SP-ML).

La muestra #5, #9, #42, #82 y #84 se clasifican como arenas mal graduadas con limo y grava (SP-SM), las muestras #32, #35 y #80 son arena limosa (SM). La muestra #41 se caracteriza como una arena mal graduada con limo (SP-SM), las muestras #44 y #57 se clasifican como suelo areno limoso (SM), la muestra #3 se define como una grava limosa con arena (GM), y la #48 corresponde a un suelo areno limoso (GM). La muestra #72 corresponde a una arena fina mal graduada con limo (SP-ML) y la muestra #78 es arena fina mal graduada con limo y grava (SP-GM).

Treinta y un muestras son arena pobremente graduada (SP) representando un 36.90% de la totalidad de las muestras, 30 muestras corresponden a grava pobremente graduada (GP) equivalente al 35,71%, 14 muestras son caracterizadas como arena pobremente graduada-arena limosa (SP-SM) representando el 16,67%, 7 muestras se clasificaron como arena limosa (SM) relacionando con el 8,33%, 1 muestras se caracterizó grava limosa (GM) y otra como grava pobremente graduada-grava limosa (GP-GM) ambas representando el 1,19%.

Los suelos caracterizados como gravas pobremente graduadas presentan un excelente comportamiento mecánico y muy 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.

5.4 Desviación estándar de los sedimentos

El cálculo de la desviación estándar de los sedimentos de la Quebrada San Pedro, 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 7).

$$\sigma_g = D_{84}/D_{50} = D_{50}/D_{16} = (D_{84})^{1/2} / (16)^{1/2}$$

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

Tabla 7. 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	95,87
1"	25,4	84,05
3/4"	19,1	80,14
1/2"	12,7	74,92
3/8"	9,52	82,13
4	4,76	61,67
10	2	50,23
40	0,42	19,63
200	0,074	4,52

Cálculo de D84:

$$D_{84} = (84,05 - 80,14) / \log(25,4) - \log(19,1)$$

$$D_{84} = [\log(25,4) - \log(X)] (84,05 - 80,14)$$

$$D_{84} = [\log(25,4) - \log(X)]$$

$$D_{84} = [\log(25,4) - \log(19,1)] * (84,05 - 84,0) / (84,05 - 80,14)$$

$$D_{84} = \log(X) = \log(25,4) - (84,05 - 84,0) / (84,05 - 84,14) * [\log(25,4)]$$

$$D_{84} = 25.308mm$$

Cálculo de D16:

$$D_{16} = 19,63 - 4,52 / \log(0,42) - \log(0,074) = 19,63 - 16 / \log(0,42) - \log(X)$$

$$D_{16} = [\log(0,42) - \log(X)] * (19,63 - 4,52) = [\log(0,42) - \log(0,074)] (19,63 - 16)$$

$$D_{16} = [\log(0,42) - \log(X)] = [\log(0,42) - \log(0,074)] * (19,63 - 16) / (19,63 - 4,52)$$

$$D_{16} = \log(X) = \log(0,42) - (19,63 - 16) / (19,63 - 4,52) * [\log(0,42)]$$

$$D_{16} = 0,277mm$$

Cálculo de σ_g (desviación típica granulométrica promedio)

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

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 [9, 10] se empleó para determinar los sedimentos que aporta la cuenca San Pedro, según la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS), desarrollada de la siguiente manera

$$A = 224,2 * R * K * Ls * C * P$$

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 microcuencas 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 [13]:

$$R = 6,866 \left(\frac{P^2}{p} \right)^{0,85}$$

Dónde:

R: Índice medio de erosividad anual

p: Precipitación media mensual 142,66 mm/mes

P: Precipitación media anual 1711,9 mm

El valor obtenido fue: **56,31**

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 [14, 15]:

$$Ls = 0,00984 * L0,63 * S * 1.18$$

Dónde:

L: Longitud de pendiente (m), 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 17.146mts.

S: Pendiente del terreno en porcentaje, el valor para la cuenca San Pedro es de 1,93%, se obtuvo un valor de Ls: 9,95 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**.

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

$$A = 224,2 * 56,31 * 0,35 * 9,95 * 0,5 * 0,7$$

$$A = 15.387.934 \left[\left(\frac{Ton}{ha} \right) * año \right]$$

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

$$DSR = 0,47 * F^{-0,125}$$

$$SDR = 0,47 * (151,49)^{-0,125}$$

$$SY = 5.844.414.646 \text{ Ton/año}$$

Para calcular el volumen de sedimentos se toma el valor medio de densidad obtenidos en los ensayos de laboratorio, $\rho = 1,9 \text{ gr/cm}^3$ o $\rho = 1,9 \text{ ton/m}^3$

$$SY = 3.076.012.971 \text{ m}^3/\text{año}$$

La cuenca de la quebrada San Pedro genera 3.076.012.971 m³/año de sedimentos constituido por arenas media a gruesa.

6. Conclusiones

Con base a los resultados de la desviación estándar se concluye que la distribución es extendida, es decir indica que en la Quebrada San Pedro existe una amplia variación de diámetros de las partículas sedimentológicas, con un aporte de sedimentos de 3.076.012.971 m³/año; el cual se encuentra en mayor proporción arena media mal graduada con una granulometría media a gruesa.

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

De acuerdo con los resultados obtenidos en D84 y D16 se concluye que el 84% pasa por el tamiz de 1" y el 16% en el tamiz 60.

Se considera apropiado el uso de unidades de paisaje para la aplicación de la USLE, por cuanto ellas condensan información relacionada con forma de relieve, suelos, escorrentía y cobertura y uso del suelo, los cuales, a su vez, constituyen los factores tenidos en cuenta para la formulación de la ecuación.

La USLE es un modelo empírico multiplicativo que 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.

7. Referencias

- [1] J.M. Smith. "Implicaciones ambientales de las tecnologías de energía renovable". Ing. USBMed, Vol 2, No. 2, pp 10-16. ISSN: 2027-5846. Jul-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.
- [3] J. Mazenett. "Estudio de Hidrosedimentología en la Corriente de Aguas superficiales de la Quebrada Torcoroma", Corpocesar, 2008.
- [4] Corporación Autónoma del Cesar-CORPOCESAR.: "Plan de Gestión Ambiental Regional". 2010. Recuperado de: <https://www.corpocesar.gov.co/files/PGAR.pdf>.
- [5] A. Forero. "Estratigrafía del Pre cretácico en el flanco occidental de la Serranía de Perijá. Universidad Nacional de Colombia". Rev. Geología colombiana, Vol. 7, pp 7 - 77, 1972. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/geocol/article/view/30383/0>.
- [6] 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. Boletín, Vol. 34, No. 2, pp 73 - 101, 2012. Disponible en: <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/3113/3673>.
- [7] J. Clavijo. "Mapa geológico generalizado de Norte de Santander". Escala 1:250.000. Mapa interno. Bucaramanga. INGEOMINAS. 1994.
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. "Guía para la descripción de suelos". 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>. 2009.
- [9] P. A. Basile. "Modelo Matemático para Pronóstico de Erosión Superficial Media Anual a Escala de Cuenca: EROSUP-U". Informe técnico interno ICI-0104. Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales, FCEIA-UNR. 2004.
- [10] P. Basile. "Modelación de la Erosión de Márgenes por Mecanismo de Colapso Masivo Asociado a Falla Plana". XX Congreso Nacional del Agua, Mendoza. Libro de resúmenes y CD-ROM. ISBN 987-22143-0-1, 2005.
- [11] W. Wischmeier y D. Smith. "Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide for Conservation Planning". U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 537. 1978.
- [12] P. Basile, G. Riccardi, H. Stenta y M. García. "Evaluación de procesos de erosión/sedimentación en el sistema hidrológico del A° Iudueña", Segundo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos - Neuquén, Argentina, ISBN 987-20109-4-3 (CD-ROM) & 987-20109-5-1, 2005. Disponible en: http://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/Secciones/Publicaciones/Geomorfologia_Erosion_etc/BasileRiccardi_Rios2005.pdf.
- [13] F. Lombaf y R. Moldenhau. "Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)". Bragantia [online]. 1992, vol.51, n.2, pp.189-196. ISSN 0006-8705. <http://www.scielo.br/pdf/brag/v51n2/09.pdf>
- [14] R. Mattos. "Pequeñas obras hidráulicas", ISBN92-9089-069X. 1999 Disponible en: <https://docslide.net/documents/pequenas-obras-hidraulicas.html>
- [15] Bertoni, J.; Lombardi, F. "Conservação do solo". 4. ed. São Paulo: Icone, 1999. Pp. 355.