



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA DEL ARROYO EL HORMIGUERO - AGUACHICA (CESAR, COLOMBIA) COMO APORTE A LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

Rossember Saldaña-Escorcía & Rosana Otalvarez-Herrera
Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica, Colombia
e-mail: rsaldanae@unicesar.edu.co

Resumen

Utilizando información topográfica e hidrográfica digitalizada a escala 1: 25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi., se analizó la medición morfometría de la cuenca El Hormiguero. Esta demarcación se verificó corrigiendo los detalles hidrológicos y topográficos de los parámetros morfométricos que explican la influencia dinámica de su comportamiento hidrológico. A través de un programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG): Arc Gis Pro 2.5, se obtuvieron como resultado que la Microcuenca tiene forma de oval-redondo a rectangular-redonda con un cauce principal cuya forma es sinuosa regular con formación de meandros durante su recorrido y drenajes dendríticos angulado, por lo tanto, se dice que es una microcuenca alargada lo cual conlleva a una baja probabilidad de avenidas rápidas e intensas. De igual manera, comprende una zona moderadamente montañosa, es decir, un relieve poco accidentado con baja degradación de la microcuenca.

Palabras claves: microcuenca, morfometría, parámetros, sistemas de información geográfica.

1 Introducción

Desde el punto del funcionamiento, una microcuenca puede definirse por la morfología, la naturaleza del suelo, la cobertura vegetal y uso del suelo. Por otro lado, las cuencas hidrográficas son áreas de aguas superficiales y subterráneas que son vertidas a un curso de agua principal de caudales continuos el cual desemboca en un río o en depósitos naturales (Trujillo Reyes et al., 2010, p. 13), ahora bien, desde el punto de vista hidrológico, representa un colector



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

que recibe la precipitación y convierte, parte de ésta, en escurrimiento; el cambio depende de las características climáticas y físicas particulares de la microcuenca (Díaz Gómez et al., 2017).

Los procesos dinámicos que determinan la forma de las cuencas hidrográficas y las redes de drenaje que explican en gran medida la organización del sistema, se debe a la morfometría fluvial que constituye uno de los aspectos temáticos más relevantes de la ecología de las microcuencas (Vidal-Abarca et al., 1987, p. 19), contribuyendo así a la gestión y manejo de los recursos naturales (Camino et al., 2018, p. 74).

Teniendo en cuenta que la morfometría se relaciona con el comportamiento hidrológico de la microcuenca, de igual manera, es la configuración geométrica proyectada en el plano horizontal que influye en la velocidad en la que se suministra el agua al cauce principal durante su recorrido inicial hasta su desembocadura (Hernandez Guerra, 2015, p. 31). Las propiedades morfométricas de la microcuenca proporcionan la descripción física espacial que permite realizar. Comparación entre diferentes cuencas hidrográficas. Al mismo tiempo, pueden aportar conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio a partir de la representación precisa de la morfología superficial (Gaspari et al., 2012, p. 144).

El objetivo de este trabajo es realizar mediante estudio geoespacial de las características morfométricas, de la microcuenca Arroyo El Hormiguero, el análisis y manejo de la base de datos a través del sistema de información geográfica SIG, integradas a nivel de cuencas hidrográficas, implementados en la actualidad como un instrumento fundamental para evaluar situaciones reales y simular características morfométricas. La deficiencia de información morfométrica existente sobre la microcuenca y sumado a estos la imposibilidad de realizar salida de campo debido a la pandemia se convirtieron en uno de los limitantes para lograr hacer el comparativo de los datos obtenidos en los sistemas de información.

2 Metodología

Según Grande Moreno et al. (2015, p. 33), esta investigación está orientada bajo un enfoque cuantitativo, en la medida en que los datos obtenidos inicialmente en la plancha topográfica de la zona fueron sometidos a un análisis matemático de los niveles, distancia y pendientes



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

halladas, además, de los resultados obtenidos en valores numéricos, como producto de la aplicación de fórmulas para el cálculo de los elementos morfométricos de la cuenca. Dado la interpretación del funcionamiento de la red de drenaje de la microcuenca, el estudio posee un carácter descriptivo, partiendo del valor de cada parámetro, centrados en la medición y los cálculos de las características de la forma y posteriormente emplear esta información como herramienta para una nueva investigación donde se pretenda realizar un análisis más profundo.

2.1.1 Diseño de la investigación

Una vez obtenidos el modelo de elevación digital DEM a través de un procesamiento altimétrico) y utilizando la herramienta llamada de preprocesamiento (SAGA GIS) para rellenar los espacios sin datos del DEM, luego de ser llevados hacia la comprobación de los límites de la Microcuenca Arroyo El Hormiguero, donde se realizó la delimitación de la Microcuenca utilizando los softwares SIG Arc Gis Pro 2.5.

Previamente, mediante el software de Google Earth se realizó la búsqueda del punto de confluencia de la Microcuenca, corroborando las coordenadas obtenidas anteriormente por el Geovisor Geográfico de la plataforma del sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y contrastadas con las obtenidas de la plancha 75IVC escala 1:25000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi sobre la zona de Aguachica, Cesar información necesaria para proceder con la delimitación espacial. Con el propósito de preservar el carácter estadístico de la caracterización y facilitar el manejo de los datos, se requirió la ayuda del programa Office Excel para llevar a cabo el cálculo de los resultados.

2.1.2 Parámetros morfométricos

2.1.2.1 Características morfométricas

Área de la cuenca (A) (kilómetros cuadrados); perímetro (P) (km); factor de forma (F), que es la relación entre el área de la cuenca (A) y el cuadrado del recorrido máximo (L); índice de elongación (Ia) (adimensional), que involucra la mayor longitud y ancho máximo de la cuenca, perpendicular a la medición anterior; índice de asimetría (Ias), que evalúa la uniformidad de la distribución de la red de drenaje, relacionada con el área del talud; altura promedio



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

(Am) (msnm); La curva hipsométrica (CH) es una representación gráfica de la distribución regional según su elevación. Rectángulo equivalente (L), para comparar la influencia de las características de la cuenca en la escurrentía con la misma distribución de altura que la curva altimétrica original de la cuenca; coeficiente de masividad (Km), que representa la relación entre la elevación promedio de la cuenca y su superficie; el coeficiente orográfico (Co) es el promedio de la relación entre el cuadrado de la altura y la superficie proyectada en el plano horizontal.

2.1.2.2 Características de la red de drenaje

La longitud del cauce principal (Lc); el perfil longitudinal del río y la pendiente media (Pmc), un gráfico que representa las diferentes altitudes del fondo del río desde el nacimiento hasta la desembocadura de la cuenca hidrográfica; Longitud total de la red de drenaje (Km), se calcula considerando los ríos perennes e intermitentes, incluidos los canales pasajeros; la clasificación de los sistemas de drenaje determinada por el método propuesto por Horton (1945); la relación de bifurcación (Rb) es el resultado del cociente entre el número total de ríos de un orden dado y el número total de ríos del orden inmediato superior; Relación de longitud (Rl) es la longitud promedio de un determinado nivel y orden con la longitud promedio de los cauces de orden inmediatamente inferior; Densidad de drenaje (Dd), este índice está relacionado con la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca por donde fluye el agua.

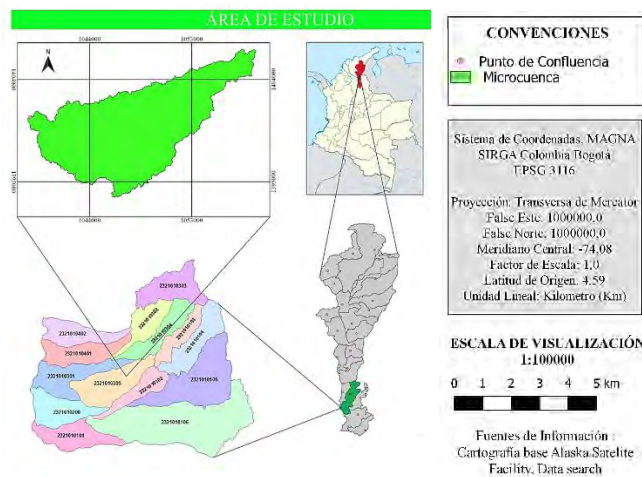
La constante de estabilidad (C) del río fue propuesta por Schumm como el recíproco de la densidad de drenaje; índice de torrencialidad (Ct), que mide el grado de turbulencia de la cuenca por la relación entre el número de canales de primer orden y el área total de la misma; Pendiente del cauce (S), es uno de los factores importantes de la capacidad para transportar sedimentos, porque está directamente relacionado con la velocidad del caudal; el tiempo de concentración (Tc), es el tiempo para que una gota de lluvia viaje desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de drenaje; La Sinuosidad del canal (Sin), es el canal principal La relación de la longitud total (L).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

2.1.2.3 Área de estudio

El Arroyo Hormiguero es una microcuenca que se encuentra ubicado en el municipio de Aguachica, Cesar en las coordenadas Latitud: 8.21667 con Longitud: -73.7. como se muestra en el mapa 1. Esta es una unidad hidrográfica de nivel III (2321010305) perteneciente a la cuenca Buturama la cual es una unidad hidrográfica de nivel II (23210103) con un área de 338,78 Km².



Mapa 1. Área de estudio

Fuente: Autor

3 Resultados

3.1 Características morfométricas

3.1.1 Área

Como el valor obtenido por la Microcuenca Arroyo el Hormiguero es de 110.36 Km², y comparándolos con los valores de Trujillo Reyes et al. En 2010, su categoría se cambiará a Subcuenca. Sin embargo, según la clasificación de Faustino & Jiménez. En 2004, la jerarquía de Microcuenca se mantiene.

3.1.1.1 Perímetro

El resultado fue de 71.26 km, obtenido a través de los softwares SIG ArcGIS Pro.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

3.1.1.2 Índice de Compacidad

Aplicación de la fórmula:

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c = 0.28 * \frac{71.26 \text{ Km}}{\sqrt{110.36 \text{ km}^2}}$$

$$K_c = 1.90$$

De acuerdo con este resultado, se determina que la microcuenca tiene una forma de Oval-oblonga a rectangular-oblonga. En otras palabras, la microcuenca tiene una forma alejada de la circunferencia, lo que reduce la tendencia a las inundaciones.

3.1.1.3 Factor de Forma de Horton

Aplicación de la fórmula:

$$F = \frac{A}{L_m^2}$$

$$F = \frac{110.36 \text{ km}^2}{(20.98 \text{ km})^2}$$

$$F = 0.251$$

Considerando que $F < 1$, se dice que la microcuenca es alargada y con poca susceptibilidad a las crecientes rápidas e intensas.

3.1.1.4 Índice de Alargamiento

Aplicación de la fórmula:

$$l_a = \frac{L_m}{l}$$

$$l_a = \frac{20.98 \text{ km}}{9.35 \text{ km}}$$



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

$$l_a = 2.24$$

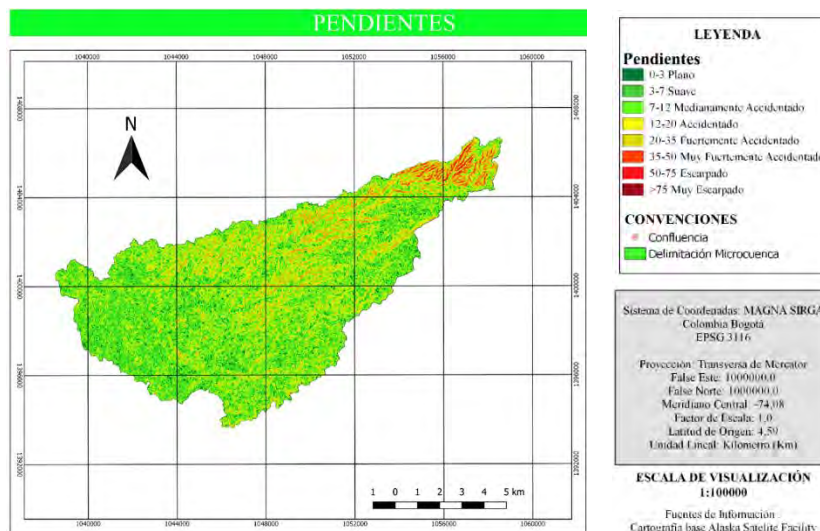
Este resultado indica que se trata de una microcuenca esbelta, porque la longitud máxima es mayor que el ancho máximo.

3.1.1.5 Índice Asimétrico

Aplicación de la fórmula:

$$I_{as} = \frac{A_{may}}{A_{men}}$$

El canal principal no tiene una distribución normal en la microcuenca. Es decir, dado que es un valor mucho mayor que 1, y basado en el área de la pendiente calculada anteriormente, muestra que la corriente está ampliamente cargada a la pendiente derecha o mayor.



Mapa 2. Pendientes de Microcuenca

Fuente: Autor

3.1.1.6 Pendiente Media de la Microcuenca

Aplicación de la fórmula:

$$S_m = \frac{D * L_c}{A}$$



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

$$S_m = \frac{0.001 \text{ Km} * 1195.65 \text{ Km}}{110.36 \text{ km}^2}$$

$$S_m = 0.011$$

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que la microcuenca estudiada tiene una pendiente plana, como se muestra en el Mapa 2.

3.1.1.7 Rectángulo Equivalente

Aplicación de la fórmula:

Lado menor:

$$L_1 = \frac{K_c * \sqrt{A}}{1.12} * \left[1 - \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{K_c} \right]^2} \right]$$

$$L_1 = \frac{1,90 * \sqrt{110,36 \text{ Km}^2}}{1.12} * \left[1 - \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{1,90} \right]^2} \right]$$

$$L_1 = 3.42$$

Lado mayor:

$$L_2 = \frac{K_c * \sqrt{A}}{1.12} * \left[1 + \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{K_c} \right]^2} \right]$$

$$L_2 = \frac{1,90 * \sqrt{110,36 \text{ Km}^2}}{1.12} * \left[1 + \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{1,90} \right]^2} \right]$$

$$L_2 = 32.22$$

$$L_2 = 32.22$$



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Con los siguientes resultados se puede construir el posible rectángulo equivalente en la figura 3.

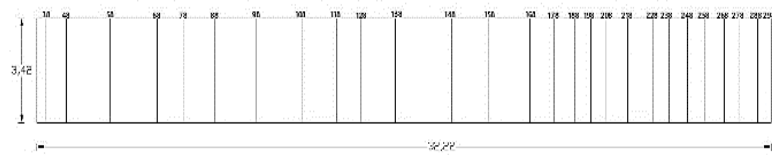
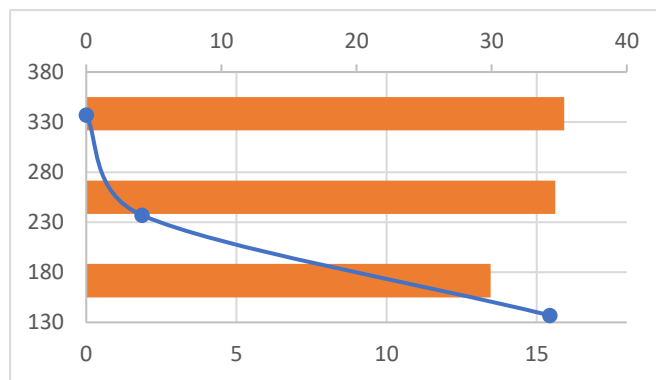


Figura 3. Rectángulo equivalente de la Microcuenca Arroyo El Hormiguero

Fuente. Autor

Curva Hipsométrica y Diagrama de Frecuencia de Altitudes



Gráfica 1. Diagrama de Frecuencia de Altitudes y Curva Hipsométrica

Fuente: Autor

El diagrama señala que la Microcuenca establecida por la deposición de sedimentos (cauces en etapa de vejez).

3.1.1.8 Elevación o Altitud Media de la Microcuenca

Aplicación de la fórmula del método de intersección:

$$E_m = \frac{\sum cotas}{n}$$

$$E_m = \frac{9960 \text{ msnm}}{108}$$

$$E_m = 92.22 \text{ msnm}$$



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

3.1.1.9 Coeficiente de Masividadad

Aplicación de la fórmula:

$$K_m = \frac{E_m}{A}$$

$$K_m = \frac{92.22 \text{ msnm}}{110.36 \text{ km}^2}$$

$$K_m = 0.84 \text{ msnm/Km}^2$$

Teniendo en cuenta la clasificación de valores de masividad, el valor obtenido indica que la microcuenca está localizada en una zona moderadamente montañosa.

3.1.1.10 Coeficiente Orográfico

Aplicación de la fórmula:

$$C_o = \frac{h^2}{A}$$

$$C_o = \frac{(0.09222 \text{ km})^2}{110.36 \text{ km}^2}$$

$$C_o = 0.00008$$

Esto conlleva que la Microcuenca posee un relieve poco accidentado y su potencial de degradación es bajo.

3.1.2 Caracterización de la Red de Drenaje

3.1.2.1 Forma de la corriente principal

Por la formación de algunos meandros durante el recorrido por la microcuenca, la forma de la corriente es sinuoso regular.

3.1.2.2 Tipo de drenaje

Dendrítico – angulado

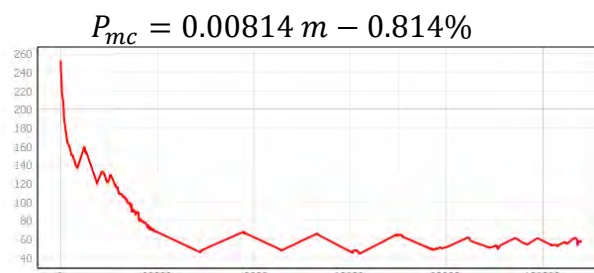


III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

3.1.2.3 Longitud del Cauce Principal

$$L_c = 25.5457 \text{ km}$$

3.1.2.4 Perfil Longitudinal y pendiente media del río



Gráfica 2. Perfil longitudinal

Fuente: Autor

3.1.2.5 Longitud total de la red de drenaje

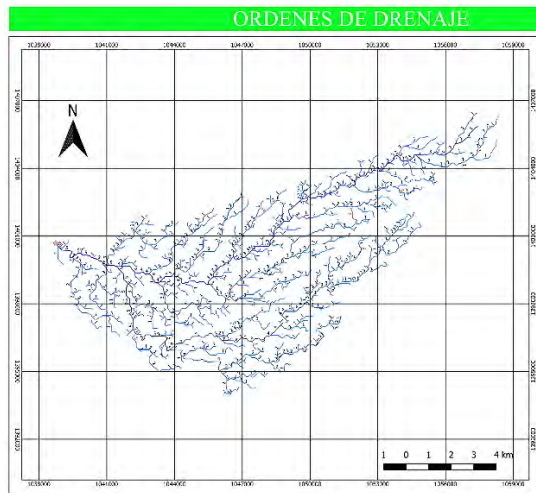
$$K_m = 296.211 \text{ Km}$$

3.1.2.6 Orden de las corrientes

Gráficamente se puede observar en el Mapa 3, el grado de ramificación el cual se obtuvo por el método de Strahler que clasifica a la Microcuenca como una cuenca de cinco (5) orden. De igual forma, se contempla que el que el número que más segmentos tiene es el de orden 1 seguido por el orden 2.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021



Mapa 3. Ordenes de cauces de la Microcuenca

Fuente: Autor

3.1.2.7 Relación de bifurcación

Datos:

Número de Orden	Número total de cauces
1	359
2	189
3	113
4	32
5	22

Aplicando la fórmula:

$$R_b = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

$$R_b = \frac{359}{189}$$

$$R_b = 1.89$$

$$R_b = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

$$R_b = \frac{189}{113}$$

$$R_b = 1.67$$

$$R_b = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

$$R_b = \frac{113}{32}$$

$$R_b = 3.53$$

$$R_b = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

$$R_b = \frac{32}{22}$$

$$R_b = 1.45$$



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Total

$$R_b = \frac{\sum R_{b_n}}{R_{b_n}}$$

$$R_b = \frac{1.89 + 1.67 + 3.53 + 1.45}{4}$$

$$R_b = 2.14$$

Resultados:

R_{b1}	R_{b2}	R_{b3}	R_{b4}	R_b
1.89	1.67	3.53	1.45	2.14

Los valores indicados corresponden a cuencas redondeadas, de áreas de escaso relieve, de pendiente menor, por lo que, en teoría, tras un tiempo de concentración largo, podrían presentarse las más bruscas crecidas.

3.1.2.8 Relación de longitud

Datos:

Número de Orden	Longitud Promedio de Todos los Cauces Km
1	145.266
2	84.067
3	40.603
4	16.526
5	9.748

Aplicando de la fórmula:

$$R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

$$R_l = \frac{84.067 \text{ km}}{145.266 \text{ km}}$$

$$R_l = 0.58$$

$$R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

$$R_l = \frac{40.603 \text{ km}}{84.067 \text{ km}}$$

$$R_l = 0.48$$

$$R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

$$R_l = \frac{16.526 \text{ km}}{40.603 \text{ km}}$$



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

$$R_l = 0.41$$

$$R_l = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

$$R_l = \frac{9.748 \text{ km}}{16.526 \text{ km}}$$

$$R_l = 0.59$$

Total

$$R_l = \frac{\sum R_l}{R_{l_n}}$$

$$R_l = \frac{0.58 + 0.46 + 0.41 + 0.59}{4}$$

$$R_l = 0.5$$

Resultados:

R_{L1}	R_{L2}	R_{L3}	R_{L4}	R_L
0.58	0.46	0.41	0.59	0.51

Según el valor de la Relación de longitud indica que la Microcuenca Arroyo El Hormiguero posee una baja conexión entre los cauces de la red de flujo.

3.1.2.9 Densidad del Drenaje

Aplicando la fórmula:

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

$$D_d = \frac{296.2112 \text{ km}}{110.36 \text{ km}^2}$$

$$D_d = 2.68 \text{ km/km}^2$$

Se logra determinar que se trata de un Microcuenca con capacidad media de drenaje, implicando una tendencia a presentar problemas de erosión causada por escorrentía.

3.1.2.10 Constante de Estabilidad del Río

Aplicando la fórmula:



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

$$C = \frac{A}{\sum L_i}$$

$$C = \frac{110.36 \text{ km}^2}{296.2112 \text{ km}}$$

$$C = 0.373 \text{ km}^2/\text{km}$$

El valor obtenido es bajo, indicando presencia de rocas débiles, vegetación escasa o nula. Es decir, mayor erodabilidad, determinada por una capacidad baja de infiltración al suelo.

3.1.2.11 Índice de Torrencialidad

Aplicando la fórmula:

$$C_t = \frac{n_i}{A}$$

$$C_t = \frac{359}{110.36 \text{ km}^2}$$

$$C_t = 3.25 \text{ km}^{-2}$$

De acuerdo con el Índice de Torrencialidad, el cauce principal del Arroyo El Hormiguero posee una capacidad torrencial moderada alta.

3.1.2.12 Pendiente del Cauce

Aplicando la fórmula

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100\%$$

$$S = \frac{252 \text{ msnm} - 44 \text{ msnm}}{25545.7 \text{ m}} * 100\%$$

$$S = 0.814 \%$$

3.1.2.13 Tiempo de Concentración

Aplicando la fórmula



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

$$T_c = \frac{0.01947 * L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$T_c = \frac{0.01947 * (25545.7)^{0.77}}{(0.0102)^{0.385}}$$

$$T_c = 281.64 \text{ min}$$

$$T_c = 4.7 \text{ Horas}$$

La Microcuenca presenta un tiempo alto característico de cuencas alargadas, que permitiría un relativo desarrollo de avenidas.

3.1.2.14 Sinuosidad del Cauce

Aplicación de la fórmula:

$$Sin = \frac{L}{L_v}$$

$$Sin = \frac{25545.7 \text{ m}}{25233.7 \text{ m}}$$

$$Sin = 1.01$$

Teniendo en cuenta que el valor obtenido es menor o igual a 1.25, indicando una sinuosidad baja. Definiéndose como un río con lineamiento semirrecto.

4 Conclusiones

El análisis morfométrico es de gran importancia en el estudio de las microcuencas, porque constituye el estándar para determinar el tamaño de los parámetros y explicar los fenómenos que ocurren en ellos. Según (Gaspari et al., 2012), En consecuencia, al definir la escala espacial de la investigación en ecología fluvial, las características morfométricas proporcionan un marco de referencia, unificando así los estándares de demarcación al recolectar, registrar y sistematizar productos de información para el trabajo empírico.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Los parámetros estudiados brindan información sobre la dinámica temporal y espacial de la microcuenca Arroyo El Hormiguero. Asimismo, tiene una forma oval-redondo a rectangular-redonda con un cauce principal cuya forma es sinuosa regular con formación de meandros, por lo que se dice que es una microcuenca alargada con probabilidad baja de avenidas rápidas e intensas a una baja posibilidad de vías rápidas e intensas.

De igual forma, se trata de una zona moderadamente montañosa, es decir, el terreno de la microcuenca con un bajo grado de degradación es ligeramente accidentado. Esto incluye una red de drenaje de 5 órdenes con una densidad de drenaje promedio a lo largo de su recorrido, lo que genera problemas de arrastre de sedimentos.

Asimismo, debido a la baja pendiente, no existe una buena relación entre sus canales, por lo que el tiempo de concentración es largo, y se mantiene la velocidad mínima en sus canales estableciendo deposición de sedimentos. Finalmente, como unidad de investigación e integración de los parámetros morfológicos del sistema fluvial, la microcuenca hidrológica ha hecho un gran aporte a la consolidación de la gestión ambiental y es una herramienta de estructuración territorial.

5 Referencias bibliográficas

- Camino, M. A., Juliana Bó, M., Cionchi, J. L., López de Armentia, A., Del Río, J. L., & De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 73–97.
- Díaz Gómez, R., Gaspari, F. J., & Georgieff, S. M. (2017). Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del Noroeste de Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 29(1), 3–19.
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2014). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*, 4(2), 143–158.
- Gaspari, G. e., Senisterra, G. e., Delgado, M. i., & rodríguez vagaría a.m. besteiro, S. i. (2009). *Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas* (1st ed.). Universidad Nacional de



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

La Plata.

- Grande Moreno, F. A., & Esquivel Jiménez, J. R. (2015). Estudio Morfométrico De La Cuenca Del Rio Azul [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/2126>
- Hernandez Guerra, D. A. (2015). *Estimación de los parámetros morfométricos y las unidades de respuesta hidrológica de la cuenca del río Raquira* [Universidad Católica De Colombia]. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Trujillo Reyes, A., Barroso, F., & Carvajal Escobar, Y. (2010). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas* (1st ed.). <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1rfsqf5>
- Vidal-Abarca, M., Montes del Olmo, C., Suárez Alonso, M., & Ramírez Díaz, L. (1987). Caracterización morfométrica de la cuenca del río Segura: estudio cuantitativo de las formas de las subcuencas. *Papeles de Geografía*, 12(12), 19–32. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/42371>