

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Estudio y determinación de los parámetros morfométricos
de una subcuenca hidrográfica**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Civil

Por:

Samuel Acuña Davila

Asesor:

Ferrer Canaza Rojas

Lima, noviembre 2020

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACION

Ferrer Canaza Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “Estudio y determinación de los parámetros morfométricos de una subcuenca hidrográfica” constituye la memoria que presenta el estudiante Samuel Acuña Davila, para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, el día 03, de diciembre del 2020.



Ferrer Canaza Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....19.....día(s) del mes de.....noviembre.....del año 2020.....siendo las.....9.00.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):Mg. Leonel Chahuares Paucar....., el (la) secretario(a): Ing. Reymundo Jaulis Palomino..... y los demás miembros: Ing. Giuliano Ricardo Moreno Patiño...y el (la) asesor(a)...Ing. Ferrer Canaza Rojas.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Estudio y determinación de los parámetros morfométricos de una subcuenca hidrográfica". de los (las) egresados (as):

.....a).....**SAMUEL ACUÑA DAVILA**.....

.....b).....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

.....**INGENIERÍA CIVIL**.....

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **SAMUEL ACUÑA DAVILA**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Leonel Chahuares
Paucar



Secretario
Ing. Reymundo Jaulis
Palomino

Asesor
Ing. Ferrer Canaza
Rojas

Miembro

Miembro
Ing. Giuliano Ricardo
Moreno Patiño

Candidato (a)
Samuel Acuña Davila

Candidato/a (b)

Estudio y determinación de los parámetros morfométricos de una subcuenca hidrográfica

ACUÑA DAVILA SAMUEL*

EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú

Resumen

En este trabajo, se define una subcuenca hidrográfica mediante el uso de software con licencia libre, de modo que cualquier usuario pueda tener acceso sin restricciones. Para aquilatar una subcuenca, este comprende en conocer el área que abarca, la ubicación de sus respectivas microcuencas, establecer las redes de drenaje, descubrir su forma, el caudal y el rendimiento anual que pueden ser: biológicos, físicos y sociales. El proceso por el cual se estudia la subcuenca y sus delimitaciones, se realiza mediante el uso de un software que procesa imágenes satelitales del lugar de interés, las cuales se somete a distintas interpretaciones con ayuda del software libre para así finalmente obtener el producto que será la subcuenca debidamente descrita. Se emplea a Google Earth como fuente de obtención de imágenes, así mismo se ha dado uso de modelos digitales de elevación otorgados por la NASA; el procesamiento de dichas imágenes se lleva a cabo mediante el uso del software QGIS, en acompañamiento de uno de sus complementos siendo el caso del SAGA GIS. Finalmente se opta por la quebrada San Antonio la cual forma parte de la subcuenca Pedregal una de las zonas de activación que abastece al río Rímac y por su importancia en el Departamento de Lima.

Palabras clave: Subcuenca hidrográfica, QGIS, software libre, imágenes satelitales.

Abstract

In this work, a hydrographic subwatershed is defined by using freely licensed software, so that any user can access it without restrictions. To quiet a subwatershed, it includes knowing the area it covers, the location of their respective microwatershed, establishing drainage networks, discovering their shape, flow rate and annual performance that can be: biological, physical and social. The process by which the subwatershed and its delimitations are studied is carried out by using software that processes satellite images of the place of interest, which undergoes different interpretations with the help of free software in order to finally obtain the product that will be the subwatershed duly described. Google Earth is used as a source of imaging, as well as the use of digital elevation models granted by NASA; the processing of such images is carried out through the use of the QGIS software, in accompanying one of its add ons being the case of saga GIS. Finally, the San Antonio ravine is used, which is part of the Pedregal sub-basin, one of the activation zones that supply the Rimac River and its importance in the Lima Department.

Keywords: LSPIV method, Surface speed, Potential use, Efficiency

**Correspondencia de Samuel Acuña Davila*

Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima.

E-mail: samuellacuna@upeu.edu.pe

INTRODUCCION

Una subcuenca hidrográfica presenta características en su ambiente de tipo geomorfológico, los cuales son sujetas a conclusiones que deriven de sus parámetros. La gestión de recursos hídricos implica el reconocimiento de carácter espacial con los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Por esta razón, la delimitación de cuencas hidrográficas se hace imprescindible para los análisis territoriales. A tal punto que son consideradas como la unidad del territorio fundamental para la planificación y el manejo de los recursos naturales. No obstante, uno de los principales problemas es la ausencia generalizada de una delimitación de las cuencas. (Dolores Gray & Gabriel Agüero, 2018)

Según, (Gómez Muñoz, 2019) Los impactos generados sobre las poblaciones por la ocurrencia de los flujos torrenciales están directamente relacionados, por lo general con la ocupación de los cauces, que se da para facilitar la obtención del recurso hídrico para consumo doméstico y el desarrollo de otras actividades económicas como pesca, agricultura y ganadería.

Más aún que el Perú recibe uno de los mayores impactos al paso del Fenómeno del Niño debido a su ubicación geográfica, presentándose incrementos en la intensidad de lluvias en la costa norte. Estos acontecimientos de gran impacto son considerados como pasajeros y de relevancia media dejando insuficiente a cualquier esfuerzo para evitar o contrarrestar las pérdidas que deja a su paso.

De manera que la función de una cuenca hidrológica se asemeja al de un colector que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación se produce en función de las condiciones climatológicas y físicas, aunada a la naturaleza del suelo y cobertura vegetal. (Cruz Romero et al., 2015)

Por lo general las zonas que se encuentran cerca del margen de los ríos son afectadas principalmente por la activación de las quebradas, que en sus precipitaciones mayores llegan a aumentar una relación inversamente proporcional entre la velocidad con que se desplaza y el tiempo en que lo hace; es decir, que los cauces muestran un caudal fuera de su normal recorrido, hasta su desborde. (Brack Egg & Mendiola Vargas, 2012)

Metodología:

La investigación está basada en la delimitación de la subcuenca hidrográfica que abastece al río Rímac siendo este el principal ubicado en el departamento de Lima.

La delimitación de las subcuencas hidrográficas radica en la necesidad de conocer su cauce debido a que, en tiempos de fuertes lluvia, la crecida de estas cuencas afecta a las poblaciones aledañas provocando inundaciones. Para realizar la tarea de definición de una cuenca, se necesita lo siguiente: software de obtención de imágenes; imagen satelital del área de estudio; software de análisis y procesamiento de imágenes y modelo digital de elevación del área geográfica de interés.

(Acosta et al., 2016)

Elección y Obtención del software para definir la subcuenca

En la actualidad existen varios proyectos serios de software libre, que constituyen una alternativa viable a programas comerciales como ArcGIS y MapInfo. Muchos de estos proyectos están avalados por instituciones gubernamentales o universidades, a las que se suman miles de desarrolladores de todo el mundo, que contribuyen con sus mejoras a la evolución de los proyectos. (Vazquez Rodríguez, 2018)

Numerosos estudios han sido ya realizados y son regularmente publicados en vista de la búsqueda por mejorar la información obtenida acerca de las áreas comprendidas por una cuenca hidrográfica. El Quantum GIS es abierto y puede ser usado en Windows, Mac, Linux y Unix. Con QGIS se ha logrado cargar y visualizar información espacial existente. También es posible la creación de información y otras técnicas de geo procesamiento. (Acosta et al., 2016)

Para la realización de este estudio se trabajaron con tres softwares de uso universal y reconocidos. Los softwares se utilizaron para la obtención como para el procesamiento de imágenes satelitales. Estos softwares libres pueden ser descargados fácilmente de cualquier navegador, completamente gratis. Son los siguientes:

- Google® EarthTM
- QGIS 3.14.0
- SAGA GIS 2.3.2

Procedimientos

Las imágenes digitales emitidas por el satélite son un conjunto de datos rasterizados, definiéndose como una imagen comprimida en numerosos y diminutos elementos de pixeles que cubren la totalidad del área. Los datos vectoriales, son más abstractos y están compuestos por puntos, líneas y polígonos.

Para la determinación de una subcuenca hidrográfica se utiliza el software QGIS, SAGA GIS y el Google Earth.

A través del ASF Data Search se obtuvo el modelo digital de elevación (DEM) de la zona WGS 84 / UTM zone18S Lima Perú.

Se añade el DEM en el QGIS y se utiliza las herramientas de hidrología del complemento SAGA GIS.

El modelo digital de elevación es importado a SAGA GIS para seguir con la corrección de dicho modelo, con el propósito de que se pueda determinar de manera correcta posteriormente las direcciones del flujo.

Se generarán diferentes mapas relevantes para proseguir con la definición de la subcuenca a partir de estos valores:

- Mapa de direcciones de flujo: Como indica nos ayuda a definir la dirección del flujo ubicando la dirección descendente de una celda a otra.
- Mapa de acumulación de flujo: Determina el flujo de la vertiente aguas arriba sobre las celdas aguas debajo de las subsiguientes.
- Mapa de segmentos de corriente: Se clasificarán las celdas de acuerdo al umbral significativo que obtengamos de afluyentes pequeños en nuestra red de drenaje para llegar a modelar los drenajes de mayor tamaño.
- Mapa de subcuenca: Se delinearon microcuencas con la ayuda de un mapa de Google Earth y siguiendo el mapa de segmentos de corriente que se obtuvo del umbral de 2000, para definirse las microcuencas.

Se combinaron microcuencas y se estableció como una capa vectorial, este nos permitió:

- Visualizar con mayor facilidad el cauce, el parte de aguas, la dirección de flujo y el grado de la subcuenca.
- Calcular el área de la subcuenca definida.

En la figura 01. Se presenta el DEM de la zona WGS 84 / UTM zone18S del departamento de Lima obtenido de la ASF Data Search.

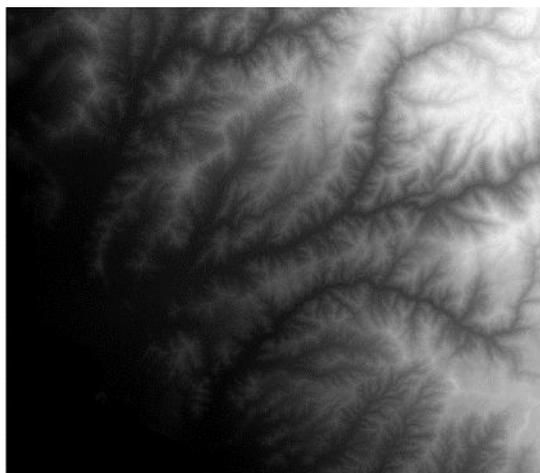


Figura 1. Modelo digital de elevación zona WGS 84 / UTM zone18S del departamento de Lima

En la figura 02. Los segmentos de corrientes representan los cauces principales de la subcuenca. La subcuenca pedregal forma parte abastecimiento del río Rímac se muestra en la figura 03.

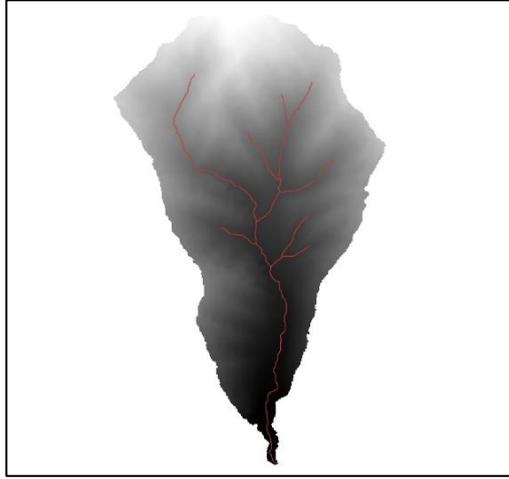


Figura 2. Mapa de segmentos de corriente para un umbral de 2 000 sobre el modelo digital de elevación



Figura 3. Subcuenca del Río Rímac superpuesta en el mapa del departamento de Lima.

Mapa de las microcuencas se muestra en la figura 04. en umbral de 2 000 surgen como resultados de 12 microcuencas.

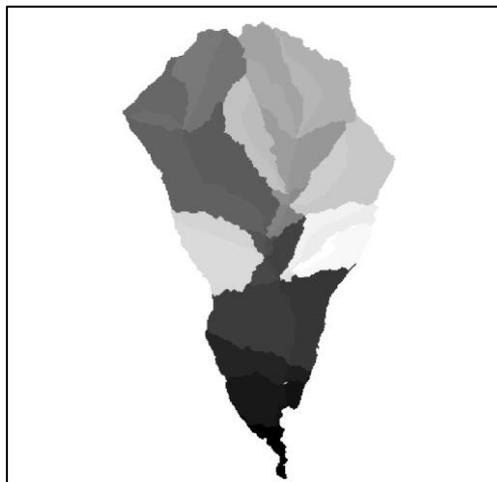


Figura 4. Microcuencas de la subcuenca Pedregal.

Resultados

Propiedades Morfométricas.

Las características morfométricas muestran las propiedades particulares de la subcuenca; estos parámetros facilitan el ejemplo de fórmulas hidrológicas, generalmente empíricas. Presentada para la Subcuenca Pedregal estos son:

Tabla 1. Parámetros morfométricos generales.

Fuente: Propia.

Parámetro	Símbolo	Valor
Perímetro (km)	P	20.474
Área (km ²)	A	10.491
Longitud máxima (km)	LM	5.865
Longitud cauce principal (km)	LCP	6.351
Ancho de la sub cuenca	AC	1.79
Desnivel altitudinal (m)	DA	1503

Tabla 2. Parámetros morfométricos específicos.

Fuente: Propia.

Parámetro	Símbolo	Valor
Cota máxima (msnm)	cmax	2356
Cota mínima (msnm)	cmin	853
Altitud media (msnm)	Am	1565.306
Altitud más frecuente (msnm)	Af	1404.1
Altitud mayor del cauce	Amc	1946
Altitud menor del cauce	Amec	854
Pendiente promedio de la cuenca (%)	Smed	24

Tabla 3. Parámetros morfométricos asociados a la forma de la subcuenca.

Fuente: Propia.

Parámetro	Símbolo	Valor	Observaciones
Factor Forma	Ff	0.305	Lig. Alargada
Coficiente de Compacidad	Kc	1.770	Casi Rectangular (Alargada)

- Factor de forma: 0.305, este factor es utilizado para hacer comparaciones de subcuencas. A medida que el factor de forma sea menor a comparación de otra subcuenca con la misma área, estará menos propensa a crecientes.

$$Ff = A/LM^2$$

- Coeficiente de compacidad: 1.77, lo que significa que la subcuenca tiene una forma casi rectangular alargada semejante a la silueta de una hoja de árbol común.

$$Kc = 0.28 P/\sqrt{A}$$

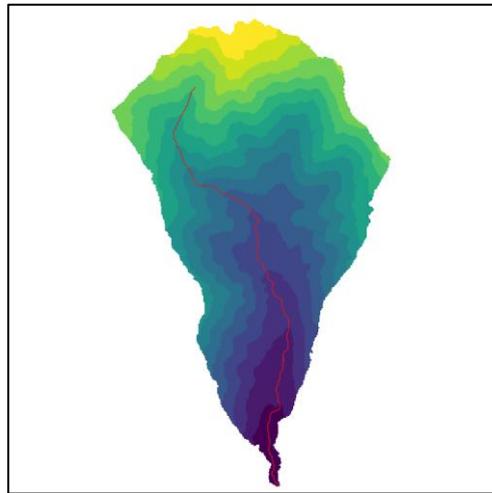


Figura 5. Cauce Principal de la Subcuenca Pedregal.

Tabla 4. Parámetros morfométricos asociados a la red de drenaje.

Fuente: Propia.

Parámetros	Símbolo	Valor
Orden de la Cuenca	Oc	3
Longitud total drenaje (km)	Lt	12.498
Densidad de drenaje	D	1.191
Frecuencia de drenaje	F	0.953197979
# Drenajes de orden 1		8
Coeficiente de torrencialidad	Ct	0.762558383
Pendiente del cauce (m/m)	Sc	0.171941427
Tiempo de concentración (hora)	Tc	0.479588041
Tiempo de concentración (hora)	Tc	0.539648358

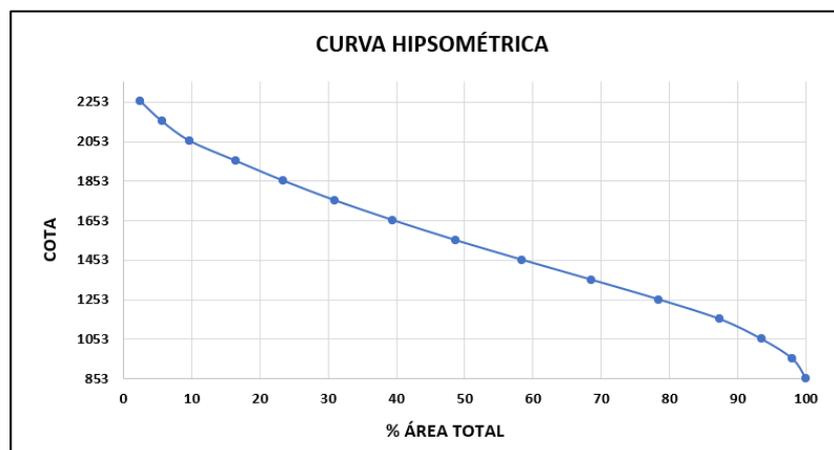


Figura 6. Curva Hipsométrica determinada por las cotas y el área total.

Tabla 5. Determinación del porcentaje de área de acuerdo al área acumulada.

Fuente: Propia.

Rango	1503	Clases	15	100.2		
No.	Cota Intervalo	Cota Media	Área Parcial	Área Acumulada (Km2)	% Área Total	
1	853	953.2	903.1	0.209	10.491	100
2	953.2	1053.4	1003.3	0.476	10.282	98
3	1053.4	1153.6	1103.5	0.634	9.806	93
4	1153.6	1253.8	1203.7	0.943	9.172	87
5	1253.8	1354	1303.9	1.039	8.229	78
6	1354	1454.2	1404.1	1.059	7.19	69
7	1454.2	1554.4	1504.3	1.028	6.131	58
8	1554.4	1654.6	1604.5	0.957	5.103	49
9	1654.6	1754.8	1704.7	0.889	4.146	40
10	1754.8	1855	1804.9	0.801	3.257	31
11	1855	1955.2	1905.1	0.727	2.456	23
12	1955.2	2055.4	2005.3	0.704	1.729	16
13	2055.4	2155.6	2105.5	0.431	1.025	10
14	2155.6	2255.8	2205.7	0.331	0.594	6
15	2255.8	2356	2305.9	0.263	0.263	3

La Curva Hipsométrica indica el porcentaje del área de la cuenca o también conocido como la superficie de la cuenca en km² que existe por encima de una cota determinada. Puede hallarse con la información extraída del histograma de frecuencias altimétricas. Se determino a considerar un Río maduro (Quebrada Pedregal).

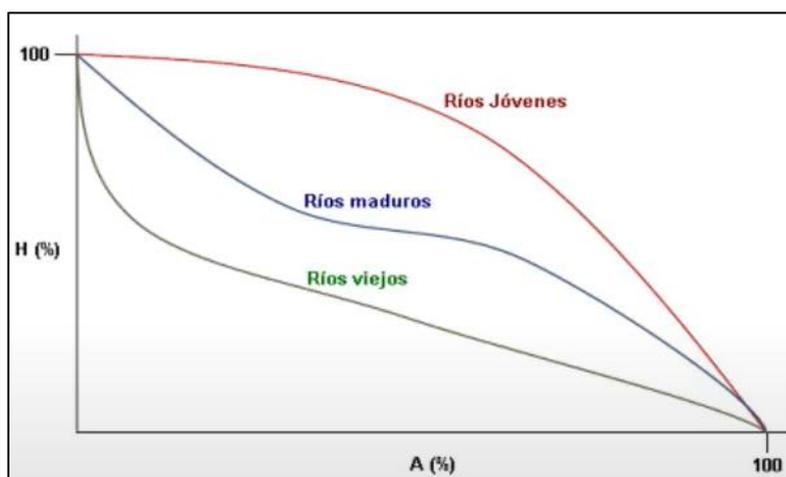


Figura 7. Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río. (Ibáñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2011)

Tabla 6. Determinación del porcentaje de área de acuerdo al desnivel de altitudinal.

Fuente: Propia.

No.	Cota Intervalo		Cota Media	Área Parcial	Área Acumulada (Km2)	% Área Total	%Altitudes
1	853	953.2	903.1	0.209	10.491	100	2.0
2	953.2	1053.4	1003.3	0.476	10.282	98	4.5
3	1053.4	1153.6	1103.5	0.634	9.806	93	6.0
4	1153.6	1253.8	1203.7	0.943	9.172	87	9.0
5	1253.8	1354	1303.9	1.039	8.229	78	9.9
6	1354	1454.2	1404.1	1.059	7.19	69	10.1
7	1454.2	1554.4	1504.3	1.028	6.131	58	9.8
8	1554.4	1654.6	1604.5	0.957	5.103	49	9.1
9	1654.6	1754.8	1704.7	0.889	4.146	40	8.5
10	1754.8	1855	1804.9	0.801	3.257	31	7.6
11	1855	1955.2	1905.1	0.727	2.456	23	6.9
12	1955.2	2055.4	2005.3	0.704	1.729	16	6.7
13	2055.4	2155.6	2105.5	0.431	1.025	10	4.1
14	2155.6	2255.8	2205.7	0.331	0.594	6	3.2
15	2255.8	2356	2305.9	0.263	0.263	3	2.5

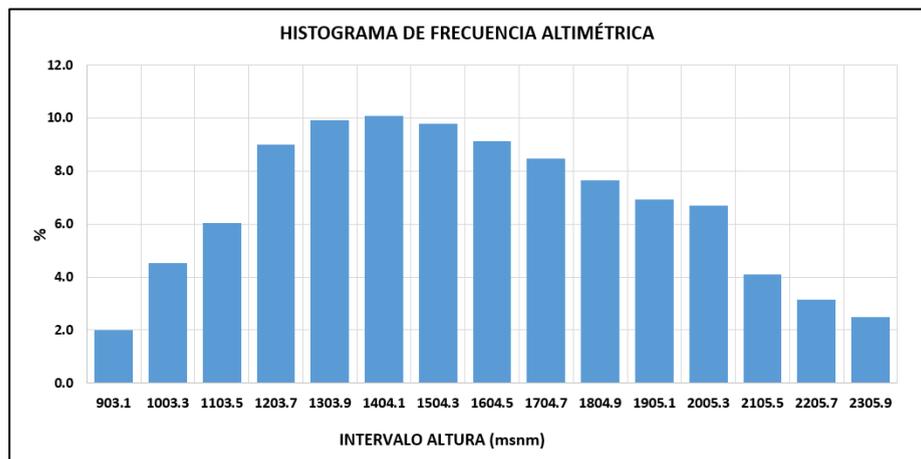


Figura 8. Histograma de frecuencia altimétrica.

La influencia del relieve sobre el histograma. Indica que a mayor pendiente corresponderá una mayor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal. Los parámetros utilizados son el grado de incidentes de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca.

CONCLUSIONES

La Importancia de conocer la Subcuenca hidrográfica del Río Rímac y la de mantener un estudio continuo, para llevar el control y saber de qué manera está cambiando su área, su cauce y su rendimiento al pasar de los años. Con la ayuda de la tecnología se busca facilitar el estudio de la subcuenca.

Actualmente se están capturando fotogramas de los modelos digitales de elevación (DEM) mediante satélites los cuales se actualizan periódicamente.

Con el uso de software que ejecute y procese estas imágenes se pueden realizar una variedad de tareas frente a un ordenador, estos representan un gran aporte hacia nuestros recursos que debemos de cuidar y proponer seguimiento ante diferentes cambios que pueda presentar.

Se planteó definir la subcuenca Pedregal del río Rímac y se observó el área que abarca dicha subcuenca entre otros parámetros morfométricos.

Se estima que en 5 años con una nueva imagen satelital que abarca parte del departamento de Lima, será posible definir nuevamente y ubicar los cambios que ha sufrido para a partir de ello tomar decisiones y actuar a tiempo.

La tecnología está a disposición de la sociedad y como demostración de que no se limita en la inversión de dinero para ello se dio uso de un software libre que cuenta con herramientas las cuales procesan resultados de parámetros de una cuenca, subcuenca, microcuenca.

Este proyecto pretendió impactar sobre el interés de los investigadores; para así cuidar y preservar los recursos hidrológicos que cuenta nuestro país.

REFERENCIAS

- Acosta, D., Camarena, A., Chang, A., Díaz, A., Fuller, E., González, C., & Tejedor, A. (2016). Uso de Software para el procedimiento de imágenes digitales para la Defición de Cuencas Hidrográficas. *Journal of Undergraduate Research*, 2, 12–18.
- Brack Egg, A., & Mendiola Vargas, C. (2012). *Ecología del Perú*. Lima : Bruño.
- Cruz Romero, B., Gaspari, F., Rodríguez Vagaria, A., Carrillo González, F., & Téllez López, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia: De La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 64, 26–34.
- Dolores Gray, D., & Gabriel Agüero, J. N. (2018). Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón. In *INTA Ediciones*.
- Gómez Muñoz, S. A. (2019). *Aplicabilidad del método del Índice de Susceptibilidad Compuesto para la identificación de cuencas susceptibles a la ocurrencia de flujos torrenciales*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). Morfología de las cuencas hidrográficas. *Repositorio Institucional UPV*, 12.
- Vazquez Rodríguez, R. (2018). Uso de Sistemas de Información Geográfica libres para la protección del medio ambiente. Caso de Estudio: Manipulación de Mapas Ráster con datos Climáticos. *Revista Científica de La Universidad de Cienfuegos*, 10, 158–164.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n2/2218-3620-rus-10-02-158.pdf>