



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS

SEDE MAPASTEPEC

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS PROFESIONAL

“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS
GEOMORFOLÓGICOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO
NOVILLERO MAPASTEPEC CHIAPAS MEDIANTE SIG.”

Presenta:

JULIO CESAR MARTÍNEZ BRIONES.

LUIS FELIPE VILLA TORO JUÁREZ

Como requisito para obtener el título de:

Ingeniero Topógrafo e Hidrólogo

Director de tesis:

Ing. Teófilo Guadalupe Gómez Pérez

Mapastepec, Chiapas

Marzo 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Mapastepec, Chiapas.
Fecha: 25 de febrero de 2026

C. JULIO CÉSAR MARTÍNEZ BRIONES

Pasante del Programa Educativo de: INGENIERÍA TOPOGRÁFICA E HIDROLOGÍA.

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
"DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO
NOVILLERO MAPASTEPEC CHIAPAS MEDIANTE SIG".

En la modalidad de: TESIS PROFESIONAL

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

ING. SANTIAGO FAJARDO MARTÍNEZ

DRA. ROSBI CRUZ ORNELAS

MTRO. TEÓFILO GUADALUPE GÓMEZ PÉREZ

Firmas:

C.c.p. Expediente

Agradecimientos

Primeramente, yo Julio Cesar Martínez Briones, agradezco a Dios por haberme permitido culminar con éxito este proceso, por darme fortaleza y sabiduría para cumplir cada una de las metas propuestas. Reconozco que, sin la guía y el respaldo del Señor, este logro no habría sido posible.

Este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo y la ayuda de muchas personas.

A mis padres, les debo una deuda de gratitud eterna. Su amor y sacrificios han sido el pilar de mi vida. Gracias por creer en mí y por darme la libertad de perseguir mis pasiones.

Gracias a mis profesores revisores la Dra. Rosbi Cruz Ornelas y el Ing. Santiago Fajardo Martínez que fueron parte principal de este trabajo gracias a su esfuerzo y dedicación.

Por su guía, su paciencia y por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo.

Finalmente deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi asesor de tesis el Ing. Teofilo Gómez Pérez por su constante orientación y compromiso durante el desarrollo de esta tesis, ya que fueron esenciales para superar los retos presentados y concluir con éxito esta importante etapa académica.

Primeramente, yo Luis Felipe villa toro Juárez agradezco A mis padres, Felipe Villatoro Sarmiento y Ana Lucía Juárez Alfaro, por ser el cimiento de mi vida. Les dedico este logro con todo mi amor y, al mismo tiempo, les pido disculpas por aquellos momentos en los que no supe ser lo suficientemente agradecido o valorar todo su esfuerzo. Gracias por no rendirse conmigo y por enseñarme, con su ejemplo, el verdadero significado de la perseverancia

Dedicatoria

Yo Julio Cesar Martínez Briones dedico a todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

Este proyecto es dedicado a mi madre Lucia Briones y mi padre Julio C. Martínez, por sus sacrificios y amor incondicional, consejos, su apoyo constante y sus palabras de ánimo y motivación a seguir adelante en los momentos más difíciles, con mucho amor a mi hijo Cesar Abihú Martínez H. que ha sido mi motivación y alegría para superarme y seguir adelante.

Para mis amigos, por apoyarnos mutuamente para terminar esta etapa académica.

A aquellos que pensaron que no lo lograría, dedico esta tesis.

Salmos 37:5

"Encomienda a Jehová tu camino, y confía en él; y él hará."

Yo Luis Felipe Villatoro Juárez dedico "A mis padres, Felipe Villatoro Sarmiento y Ana Lucía Juárez, por ser los pilares fundamentales de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía y por enseñarme que con esfuerzo y humildad los sueños se alcanzan. Este logro es tan suyo como mío."

Tabla de contenido

Agradecimientos.....	2
Dedicatoria	3
Índice de imágenes.....	6
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Introducción	8
1.2 Planteamiento de problema	10
1.3. Antecedentes	12
1.4 Objetivos	15
1.5 Justificación.....	16
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	18
2. Descripción del área de estudio.....	18
2.1. Climatología	18
2.2. Flora	19
2.3. Fauna.....	20
2.4. Fisiografía	21
2.5. Edafología	22
2.6. Uso de suelo y vegetación	25
2.7. Población.....	25
3. Parámetros asociados a la subcuenca	26
3.1 Cuenca hidrográfica	26
3.2 Tipos de cuenca hidrográficas.....	27
3.3 El ciclo hidrológico	29
3.4. Componentes de una cuenca	30
3.5 Partes de una cuenca hidrográfica.....	31
3.6 ¿Qué son las Sistemas de información geográfica?.....	32
3.7. Shapefile.....	34
3.8 QGIS	35
3.9 Área (A).	36
3.10 Perímetro (P).....	37
3.11 Longitud de la cuenca (L)	37
3.12 Ancho de la cuenca (B).....	37
3.13 Factor de Forma de Horton (Kf)	37
3.14 Coeficiente de compacidad (kc).....	38

3.15 Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad.	39
3.16 Razón de Elongación (Re).....	40
3.17 Parámetros de relieve	41
3.18 Curva Hipsométrica.....	41
3.19 Pendiente media de la cuenca	41
3.20 Elevación media	41
3.21 Análisis hipsométrico	42
3.22 Orden de los cauces	42
3.23 Número de orden de corrientes según Horton	43
3.24 Relación de bifurcación (Rb)	43
3.25 Densidad de drenaje	44
3.26 Tiempo de concentración.	45
3.27 Tipos de Corrientes y orden.....	46
3.28 Elevación media de la cuenca	46
3.29 Frecuencia de ríos o escurrimiento.....	46
3.30 Ciclo del escurrimiento	47
3.31 Ríos que ganan o ceden agua al acuífero.....	48
3.32 Histogramas de área-elevación (Frecuencias)	49
3.33 Perfil Longitudinal del Cauce Principal.....	50
3.34 Pendiente Media del Cauce Principal	51
3.35 Pendiente Media Ponderada del Cauce Principal.....	51
3.36 Curvas Hipsométricas.....	53
3.36.1 Ejemplo de cómo desarrollar una curva hipsométrica:	54
3.37 Pendiente media de la cuenca	55
3.38 Tiempo de concentración de agua.....	56
CAPITULO 4. METODOLOGIA	57
4.1. Área de estudio	57
4.2 Metodología (describir métodos empleados para el cálculo)	58
4.3 Parámetros asociados a la forma de la cuenca:.....	59
4.4 Esquema de Parámetros geomorfológicos	60
CAPITULO 5. RESULTADOS	61
6. CONCLUSIÓN	68
7. BIBLIOGRAFÍA	69

Índice de imágenes

Imagen 01: (Coralillo-hamelia patens)Mapastepec, CA, MX. (2016). INaturalist Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/places/101559#page=3>

Imagen 02: (Ibis blanco- Eudocimus albus) Mapastepec, CA, MX. (2016). INaturalist Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/places/101559>

Imagen 03: Cuencas hidrográficas para gestión de recursos hídricos | EH2030. (2021, May 25). Escenarios Hídricos 2030. <https://escenarioshidricos.cl/noticia/cuenca-hidrografica-la-unidad-territorial-optima-para-gestionar-recursos-hidricos/>

Imagen 04: Bordino, J. (2024, September 10). Cuenca endorreica: qué es, causas, evolución y ejemplos. Geoenciclopedia.com; Geoenciclopedia.com. <https://www.geoenciclopedia.com/cuenca-endorreica-que-es-causas-evolucion-y-ejemplos-1001.html>

Imagen 05: Super User. (2020, December 21). Revista digital Agua Simple - Tipos de cuencas hidrológicas. Aguasimple.org.mx; Revista digital Agua Simple. <https://aguasimple.org.mx/revistav14/index.php/component/k2/94/tipos-de-cuencas-hidrologicas>

Imagen 06: institutodelaguaes. (2024, March 27). Ciclo Hidrológico: Conozca todo sobre la Hidrología y su Importancia | Instituto del Agua. Instituto Del Agua. <https://institutodelagua.es/hidrologia/o-que-e-ciclo-hidrologicohidrologia-2/>

Imagen 07. Partes de una cuenca hidrográfica. (Eoearth, adaptado por ordomez 2011)

Imagen 08. Estructura de ArcGIS. <http://sal.ocean.washington.edu/tutorials/arcgis/intro/arcgis1.html>

Imagen 09. Componentes de una cuenca.

Imagen 10. Efecto de la forma de cuenca. Fuente (Bell 1999)

Imagen 11. Comparación de forma de la cuenca. Fuente (Córdova 2016)

Imagen 12. Curvas Hipsométricas. Fuente (Strahler 1952)

Imagen 13. Morfometria de tipo de orden de una cuenca. Fuente (Horton 1945)

Imagen 14. Frecuencia de Rios o Esgurrimiento. Fuente (Dympna 2014)

Imagen 15. Proceso de escurrimiento. Fuente (Daneilysgjusti)

Imagen 16. Histograma. Funete (Zamora)

Imagen 17. Ilustración de grafica pendiente media perfil Fuente (Zamora)

Imagen 18. Curvas Hipsometricas Fuente (Zamora)

Imagen 19. Grafica de altura fuente (Zamora)

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre delimitado en partes por las montañas de gran tamaño (parte aguas) donde el agua fluye hacia un mismo río, y desembocan a un punto más bajo ya sea lago o el mar, a esta clase de cuencas se les conoce como “cuenas hidrográficas”. (Ordoñez J. 2011)

Para el estudio de una cuenca se necesitan de técnicas, fuentes confiables de investigación, estrategias y análisis fundamentales para que representen las características particulares de una cuenca, obteniendo información de esta.

Actualmente con el avance de las tecnologías de información así como los avances en ingeniería de software, han permitido el desarrollo de los llamados “Sistemas de Información Geográfica” por sus siglas SIG, para el procesamiento, visualización, modelado, de datos espaciales. (INEGI, 2010a p.4).

La cuenca hidrográfica es considerada como la unidad territorial más apropiada para la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos (Dourojeanni, 2002). Uno de los elementos clave para lograr lo anterior, es el conocimiento de sus características geomorfológicas, las cuales pueden obtenerse a través de técnicas morfométricas e hipsométricas (Choudhari, Nigam, Singh & akur, 2018).

Las diferentes características morfométricas de una unidad hidrográfica (cuenca, subcuenca y microcuenca), como parámetros lineales (orden y número de corriente, radio de bifurcación, longitud media de corriente y de fuerza), parámetros de geometría de la cuenca (relación de circularidad y elongación, densidad de drenaje, frecuencia de drenaje) y de relieve (índice de disección y rugosidad, características hipsométricas),

permiten medir y analizar cuantitativamente la forma, estructura y extensión de las cuencas, y conocer mejor su historia evolutiva (Mahala, 2020; Romshoo, Shakeel & Irfan, 2012; Campos, 1998; Veltri, Veltri & Maiolo, 1996; Maidment, 1992; Strahler, 1952).

Estos datos e información, pueden ser posteriormente empleados para establecer parámetros de evaluación al funcionamiento del sistema hidrológico de una región; así como en la conservación y restauración de los recursos naturales y modelación hidrológica (Mahala, 2020; Choudhari et al., 2018). En cambio, las investigaciones a escala de subcuenca son escasas, y se reducen aún más a la escala de cuenca, especialmente en México. Al igual que en este estudio, la mayoría de los autores previamente citados han recurrido a los Sistemas de Información Geográfica, así como a los índices y métodos cuantitativos estándar propuestos por Témez (1978), Horton (1945), Miller (1957), Strahler (1952, 1957, 1964); Schumm (1956); Horton (1932), Gravelius (1914), entre otros.

1.2 Planteamiento de problema

El Municipio de Mapastepec, Chiapas, está ubicada en la región intertropical de la República Mexicana, lo que lo hace sujeto a los embates de huracanes que se generan tanto en el océano Pacífico como en el Atlántico. Estos fenómenos, en términos de marejadas y vientos, se resienten principalmente en las zonas costeras, las lluvias intensas que estos fenómenos causan inundaciones en las costas y derrumbes, deslizamientos y flujos en el interior del territorio. Uno de los principales problemas detectados, en este municipio son las constantes inundaciones en las zonas bajas, cercanas a la costa ya sea por insuficiencia o carencia del sistema de drenaje, o bien por lluvias abundantes que bajan de las zonas altas y elevan el caudal de los ríos.

Las intensas lluvias suelen ser de alto riesgo para la población, lo cual alerta a los habitantes afectando a la agricultura y sociedad esto induce a la pérdida económica, material o hasta ha provocado pérdidas humanas como lo fue en 1998 con la tormenta del huracán (MITCH) dejando (cientos) de muertes. El poblado de Valdivia en 1998, quedó bajo las aguas y los flujos de lodo, debido al desbordamiento de los ríos, los cuales tuvieron una altura sobre el nivel del terreno de aproximadamente diez metros, lo que dejó como saldo a la comunidad inhabitable con una gran cantidad de muertos. Por otro lado, la comunidad 10 de Abril, dentro de las principales actividades económicas se encuentran la pesca, la siembra, la recolección de palma (para la elaboración de biodiesel) y la siembra del maíz. Cuenta con instalaciones educativas a nivel primario y tiene una población aproximada de 122 habitantes y 30 viviendas.

Las inundaciones son todos los años, debido al desbordamiento del río Novillero. Además, el ejido El Carmen, la vía de acceso es por camino de terracería, con una población aproximada de 155 habitantes y 37 viviendas.

Por lo anterior es de suma importancia contar con los conocimientos de los parámetros geomorfométricos de la subcuenca del Río Novillero, para disminuir los riesgos ambientales y sociales que se presenten a futuro. Ya que la existencia de unidades integradoras como las unidades geoeconómicas y sus parámetros geomorfológicos que determinen su comportamiento, geográfico, morfológico, hídrico y de integralidad lógica y natural. (Rodríguez, R. y Huamán, F. 2016). Permitirán tomar mejores decisiones e implementar protocolos de protección.

1.3. Antecedentes

Internacional

Investigación realizada por Morales 2019, en la universidad de Antioquia Colombia se buco determinar las características geomorfológicas del parque natural la Nitrera en Concordia, para esto se determinó y calculo los parámetros geomorfológicos de la cuenca que provee el embalse al parque natural. En esta investigación las unidades geomorfológicas que se identifican son de 3 tipos de filos, de topes planos, cortos y de fuerte inclinación, que son los encargados de definir el drenaje. Las fuertes pendientes del cauce ($>25\%$), que son las generadoras de los filos de fuerte inclinación que se presentan en un porcentaje aproximado del 20% en la cuenca La Nitrera, no indican que esta zona esté sometida a amenazas de origen natural, solo aumentan la susceptibilidad de determinados materiales a generar procesos erosivos y de remoción en masa.

Nacional

En la investigación realizada por (Navarro, 2018) en quien en su investigación se desarrolló en la cuenca Mulegé, Baja California Sur se realizó el análisis y determinar de los aspectos geomorfológicos para lograr se delimitar y caracterizar las principales unidades geomorfológicas presentes en la cuenca, obtención de parámetros morfométricos (área, perímetro, pendiente) y tipo de cuenca, caracterizar la red hidrográfica, ante eventos de lluvias intensas, los aspectos geomorfológicos de la cuenca de Mulegé, son un factor que condicionan por sí solos una alta vulnerabilidad natural a inundaciones. A lo que se suma el incremento de la mancha urbana como factor de riesgo inducido. El riesgo pasa a ser la suma de los procesos de origen antropogenético, que interactúan con una amplia gama de procesos naturales (meteorológicos,

geomorfológicos, hidrológicos) por lo que el poblado de Mulegé se cataloga en una situación crítica de riesgo a inundaciones.

Estatal

Mora y colaboradores en el 2016 realizaron la investigación de la cuenca río Grande Comitán, Lagos de Montebello, Chiapas-México, se realizó la caracterización geomorfológica para eso se delimitaron las unidades geomorfológicas, usando criterios morfométricos basados en los parámetros de altitud, pendientes y tipo de relieve, las cuales se discriminaron utilizando criterios de pendiente, altitud y rugosidad por cada unidad geomorfológica. Se encontró la cuenca permitió distinguir 13 unidades geomorfológicas, asociadas a diferente litología y procesos genéticos, las cuales se describen desde las unidades de montaña hacia las zonas de planicie. También se presentan las características morfométricas que permitieron discriminar las áreas, ordenadas con base en los valores de rugosidad de mayor a menor.

Beneficio de un estudio geomorfológico

La escasa información relacionada a riesgos por inundación y a la importancia que ésta tiene en el impacto de los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos, en el presente trabajo se aborda lo relacionado a la geomorfología de la cuenca del río Novillero como factor de riesgo de inundaciones. Los estudios morfométricos han permitido conocer con mayor detalle la relación

del agua con el medio físico, además de que han contribuido en la investigación y toma de decisión de diferentes temas vinculados al ordenamiento territorial, la infraestructura, la gestión de los recursos, la protección civil, la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como la dinámica natural y antropogénica que coexisten en las cuencas hidrológicas. Asimismo, este tipo de estudios permiten abordar

la falta de información en una región para comprender las formas, procesos y dinámicas de un sistema para diversas aplicaciones en ese ámbito (Mora et al., 2016).

La geomorfología estudia y pretende cuantificar determinados rasgos de la superficie terrestre. Una cuenca actúa como un colector que recibe las precipitaciones y las transforma en escurrimiento en esta función que realiza la cuenca ocurren ciertas pérdidas y se relacionan con factores hidrológicos, el clima y el terreno. Son fundamentales en la caracterización y análisis de la forma y estructura de la tierra.

1.4 Objetivos

Objetivo general

Determinar los parámetros geomorfológicos de la subcuenca del río Novillero de Mapastepec Chiapas mediante los sistemas de información geográfica (SIG).

Objetivos específicos

- Recopilar insumos shapefile de la subcuenca RH23Br.
- Calcular los parámetros de la subcuenca RH23Br.
- Realizar el mapa de la subcuenca.

1.5 Justificación.

No se encuentra registrado alguna información sobre los parámetros morfométricos para la zona de estudio, el impacto de los problemas generados respecto a la falta de este es no tener conocimiento sobre los parámetros esto afecta a la población cercana, en la actualidad toda población cercana a un río se debe contar con dicha información que permita tener el conocimiento de cómo se comporta el agua. Los parámetros geomorfológicos son de mucha importancia ya que nos ayudan determinar el uso de suelo y la ubicación de infraestructuras, en la gestión de los recursos hídricos; permiten evaluar la disponibilidad y distribución de agua, riesgos naturales y ayudan a identificar áreas propensas a deslizamientos, inundaciones, etc, agricultura, conservación de medio ambiente. Al no contar con dicha información puede generar desastres. Mediante una caracterización hidrogeológica, se definen unidades de importancia en el área de la cuenca, considerando la geología, la hidrografía y usando métodos de SIG. A partir de la caracterización hidrogeológica, se estudia y analiza el desempeño de la cuenca, lo que conduce a la estimación y a la caracterización de los parámetros morfométricos de una cuenca (Piñeiro Toro, 2015).

Tanto la geomorfología puede ser utilizadas como herramientas para la interpretación de la prospección, captación y protección de recursos hídricos (Flórez, 2015). Así mismo, es necesario estudiar y analizar los procesos geomorfológicos y la disposición de estructuras geológicas superficiales que afectan la calidad de vida y la disposición de recursos de la población asentada en cualquier región (González & Soto, 2010).

La presente investigación es viable ya que se dispone de los recursos humanos, fuentes de investigación necesarias para llevarla a cabo. En este caso los parámetros

que se pueden dar respuestas hidrológicas de una cuenca son el área, su forma pendiente y elevación media, las características de su red de drenaje y las de su cauce principal.

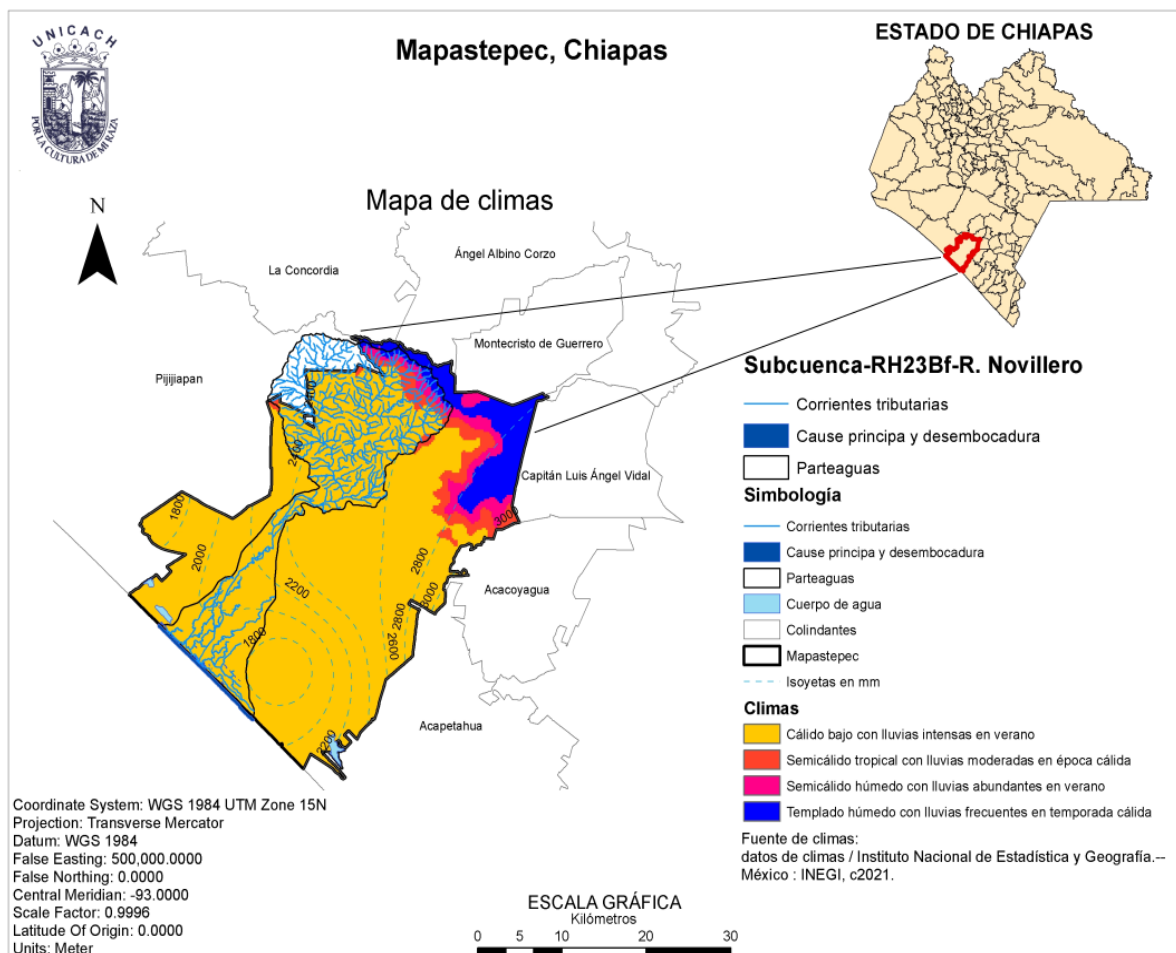
En el aspecto social y de trabajo o en distintas ramas de estudio se podrá utilizar este estudio de los parámetros geomorfológicos, para que puedan ver la metodología empleada y servir de orientación para los estudiantes a futuro o facilitar la información para proyectos de trabajo, ya que podrá realizarse futuras investigaciones que utilizaran metodologías relacionadas con el tema ya sea análisis, comparaciones, evaluaciones, etc.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2. Descripción del área de estudio

2.1. Climatología

En este lugar es considerado como cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (48.53%), cálido subhúmedo con lluvias en verano (28.60%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (12.52%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (10.35%) (Mapa 02), Su temperatura media anual es de 14 – 30°C, la precipitación pluvial media anual es de 1 500 – 4 000 mm. (INEGI 2010b).



Mapa 01.- Climas, Elaboración Propia.

Fuente: (INEGI 1902-2011).

EL clima que más que caracteriza el municipio es Cálido bajo con lluvias intensas en verano (Chiapas, n.d.).

2.2. Flora

La vegetación en este municipio en de selva alta en la costa y bosque de encino-pino en la sierra. Aún pueden encontrarse especies de maderas preciosas como el cedro, primavera, hormiguillo, guanacaste, roble y tepemixtle. Entre las frutales anotamos aguacate, mamey, mango, anona, guanabana, papaya, cuajinicuil y caspirol, entre otros. El tipo de vegetación es el común de climas tropicales, muestra por ejemplo tres comunidades vegetales: la selva alta subperennifolia con especies como el hormiguillo (*Cordia alliodora*), chicozapote (*Manilkara zapota*), ceiba o pochota (*Ceiba pentandra*), guanacaste (*Enterolo blum ciclocarpun*), canelo (*Calycophyllum*), guayabo volador (*Terminalia oblonga*). (Becerra, 2009)



Imagen 1: Coralillo (*Hamelia patens*)

Fuente: (Mapastepec, CA, MX, 2016)

2.3. Fauna

En las altas montañas puede encontrarse a lo que se le considera como el ave representativa del estado: el pavón (*Oreophasis derbianus*), desafortunadamente en vía de extinción. También se encuentran: colibrí (*coruscans*), águila harpía (*Harpia harpyja*), gavián (*Accipiter nisus*), perico (*Melopsittacus undulatus*), tecolote (*Glaucidium brasilianum*), calandria (*Mimus saturninus*), ceniztonle (*Mimus polyglottos*), zanate (*Quiscalus*), zopilote (*Coragyps atratus*), palomas (*Columbidae*), tórtolas (*Streptopelia*), tucán de cuello amarillo (*Ramphastos sulfuratus*) y gran diversidad de aves de gran belleza como el quetza (*Pharomachrus mocinno*), Mono araña (*Ateles*), puerco espín (*Erethizon dorsatum*), oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*), zorrillo (*Mephitidae*), venados (*Cervidae*), puma (*Puma concolor*), jaguar (*Panthera onca*), gato montés (*Felis silvestris*), tepezcuintle (*Cuniculus paca*), jabalí (*Sus scrofa*), tlacuache (*Didelphimorphia*). En la región costera existen armadillos (*Dasypodidae*), garzas blancas (*Ardea alba*), gaviota (*Laridae*), pelícano (*Pelecanus*), tuzas (*Geomyidae*), iguana (*Iguana*), cocodrilos (*Crocodylidae*), sapos (*Bufo*) y tortugas (*Testudines*). La fauna acuática del mar, ríos y lagos perteneciente al municipio: tiburón (*Selachimorpha*), ballena (*Cetacea*), mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*), bagre (*Siluriformes*), lisa (*Mugil cephalus*), robalo (*Centropomus undecimalis*), camarón (*Caridea*), sardina (*Sardina pilchardus*), jaiba (*Callinectes sapidus*), ostión (*Crassostrea*), pulpo (*Octopoda*) y una interminable lista de otros reptiles, peces y aves. (Becerra, 2009)



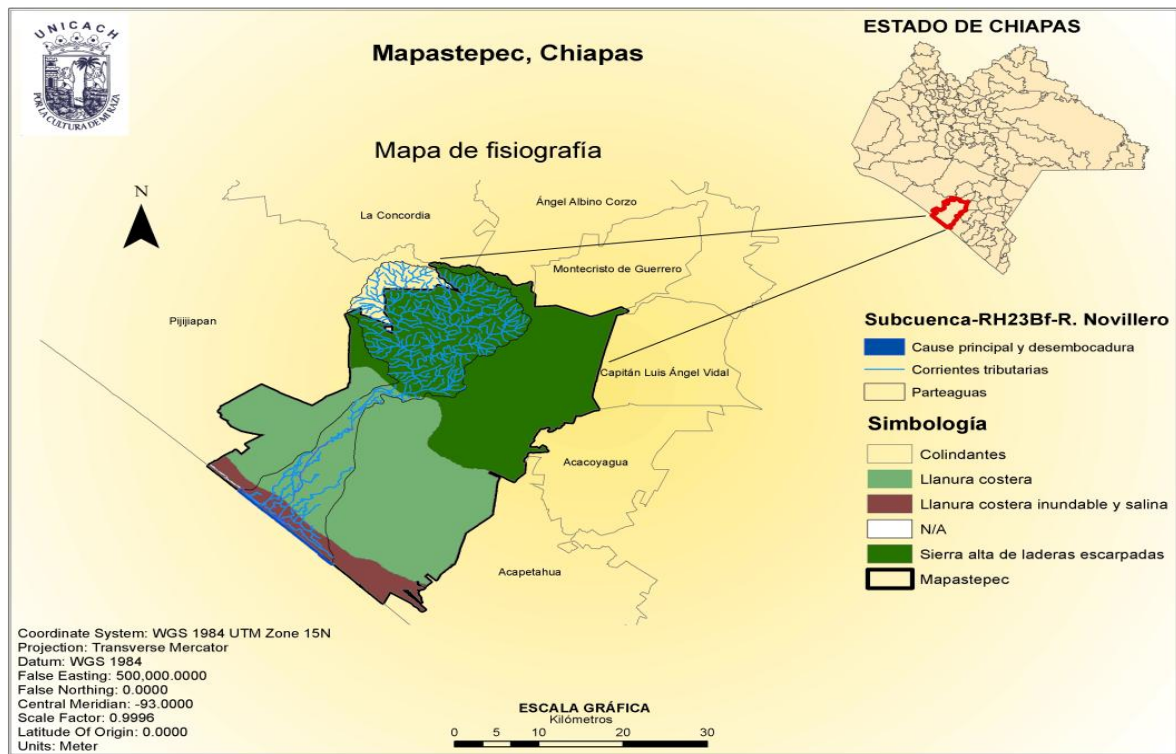
Imagen 2 : Ibis blanco (*Eudocimus albus*)

Fuente: (Mapastepec, CA, MX, 2016)

2.4. Fisiografía

La superficie municipal está conformada por tres tipos de relieve los cuales son: Las zonas accidentadas que comprende el 50%, situadas en la Sierra Madre de Chiapas y la Llanura Costera del Pacífico Sur que presenta las zonas semiplanas que comprenden el 10% del territorio y las zonas planas que comprenden el restante 40% del territorio municipal. Su extensión territorial es de 1,085.60 km², los cuales representan el 19.81% de la región Soconusco y el 1.4 % de la superficie de la entidad. (Stranski, 2011).

En el Compendio de información geográfica municipal 2010 Mapastepec, Chiapas la fisiografía en provincia es: Cordillera Centroamericana (100%), subprovincia: Llanura Costera de Chiapas y Guatemala Discontinuidad (53.46%) y Sierras del Sur de Chiapas (46.54%) y Sistemas de topoformas: Llanura costera (47.17%), Sierra alta de laderas escarpadas (46.53%) y Llanura costera inundable y salina (6.19%)



Mapa 02.- Fisiografía

Elaboración Propia.

Fuente: (INEGI 2001).

La forma de relieve con mayor presencia en el municipio es Llanura costera.

Llanura costera o llanura litoral es la denominación geomorfológica de una llanura que se dispone junto a un mar (incluyendo los mares interiores). Usualmente la llanura costera se prolonga bajo el mar en lo que se conoce como plataforma continental (Definición de Llanuras Costeras, 2020).

2.5. Edafología

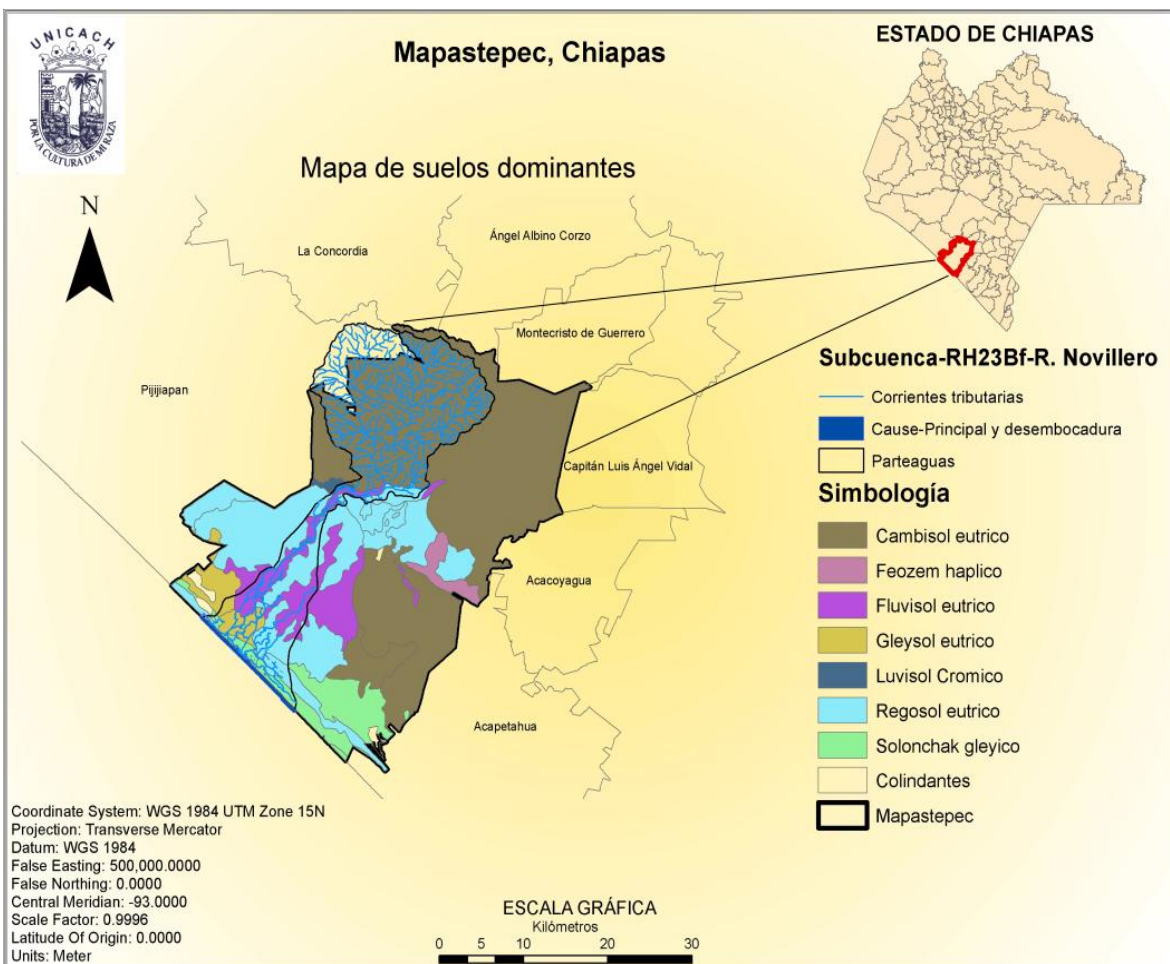
En el mapa de edafología de la página oficial en INEGI se muestra que los suelos dominantes son leptosol, gleysol, fluvisol, cambisol, Solonchak (mapa 04).

Inegi en su Guía para la interpretación de la cartografía Edafología Escala 1: 250 000 Serie III tiene como definición de estos suelos como:

- Leptosol: Del griego leptos, delgado. Anteriormente están incluidos en el grupo de los Litosoles, del griego Lithos, piedra. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente.
- Gleysol: Del ruso gley, masa lodosa. Suelos propios de humedales y que bajo condiciones naturales están afectados por agua subterránea en los primeros 50 cm de profundidad. Presentan manchas azul verdosas o negruzcas que denotan presencia de sulfuro de hierro o metano. También presentan manchas rojas en el periodo seco cuando los agregados son expuestos al aire y el hierro es oxidado. El encalado y el drenaje combinados son prácticas que aumentan la disponibilidad de nutrientes y carbono orgánico, así como disminuyen la toxicidad por aluminio en el suelo.
- Fluvisol: Del latín fluvius, río. Suelos con abundantes sedimentos fluviales, marinos o lacustres en periodos recientes y que están tradicionalmente sobre planicies de inundación, abanicos de ríos o marismas costeras. Tienen buena fertilidad natural y son atractivos históricamente para los asentamientos humanos de nuestro país. Los fluvisoles con influencia de marea son suelos ecológicamente valiosos en los que la vegetación original debe preservarse.
- Cambisol: Del latín cambiare, cambiar. Suelos jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes. Tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por

lo general, estos suelos son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente. Los Cambisoles éutricos de la zona templada son muy productivos.

- Solonchak: Del ruso sol, sal y chak, zona salada. Suelos con enriquecimiento en sales fácilmente solubles en algún momento del año, formadas en ambientes de elevada evapotranspiración. Las sales son apreciables cuando el suelo está seco y en la mayoría de las veces precipitan en la superficie formando una costra de sal. Las sales afectan la absorción de agua por las plantas y afectan el metabolismo del nitrógeno. Algunos métodos de control son el riego y uso de eso combinado.



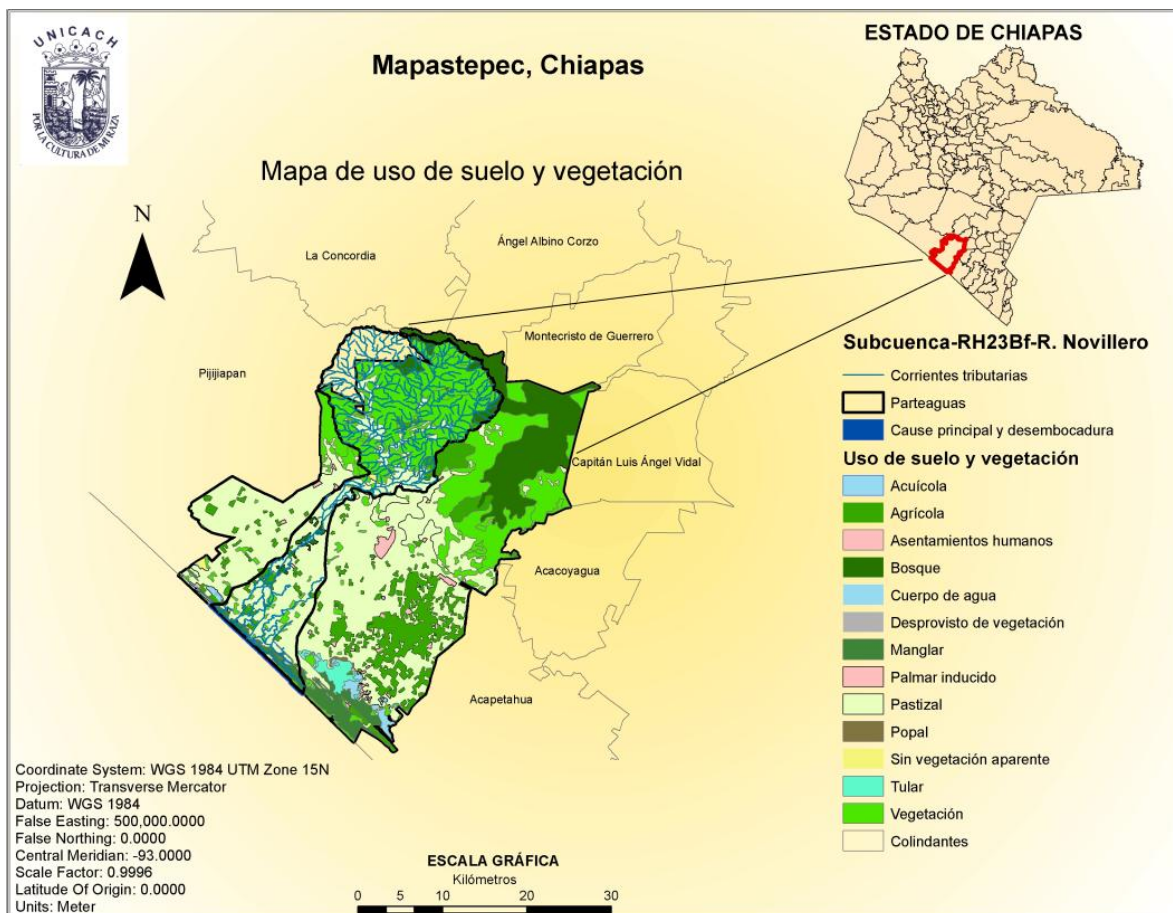
Mapa 03.- Suelos Dominantes

Elaboración Propia.

Fuente: (INIFAP – CONABIO 1995).

2.6. Uso de suelo y vegetación

Uso del suelo: Pastizal cultivado (45.86%), agricultura (3.83%) y zona urbana (0.66%). Vegetación: Selva Perennifolia (27.46%), bosque de coníferas y mesófilo de montaña (14.70%), vegetación hidrófila (4.45%), pastizal inducido (1.52%), Dunas costeras (1.08%). (Stranski 2011).



Mapa 04.- Uso de suelo y vegetación

Elaboración Propia.

Fuente: (INEGI 2021).

2.7. Población

La población registrada en el 2020 por INEGI en su página oficial fue de un total 46 130 habitantes siendo 50.6% mujeres y 49.4% hombres.

3. Parámetros asociados a la subcuenca

3.1 Cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca. (Cotler, Galindo, et al., 2013).

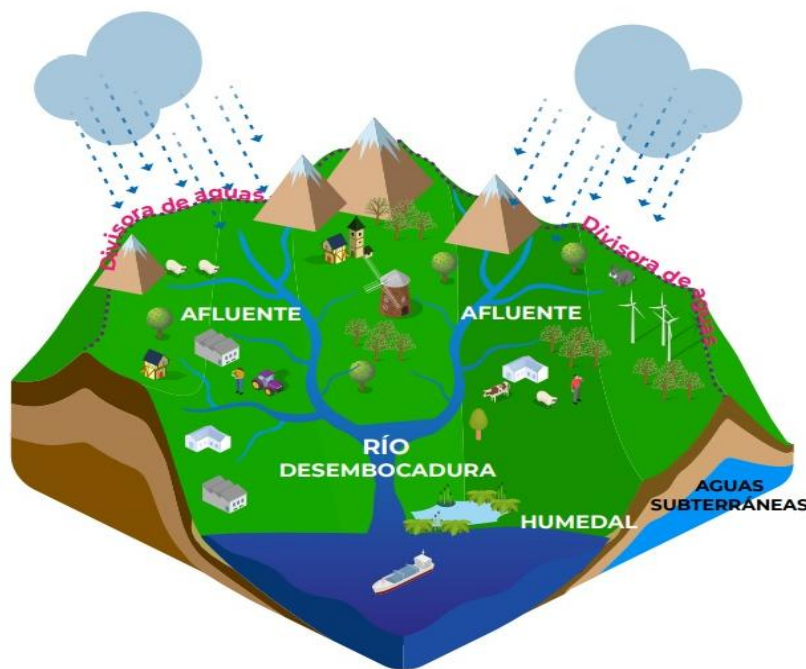


Imagen 03 : Cuenca Hidrográfica

Fuente: (Cuencas Hidrográficas Para Gestión de Recursos Hídricos | EH2030, 2021)

En el blog del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua da a conocer que una cuenca hidrográfica es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Es decir, es una especie de “embudo” del territorio por el que escurre el agua desde las partes altas, hasta llegar a un punto en común, de donde sale toda el agua que fluye hacia otro lado.

En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes). (Cotler, Galindo, et al., 2013).

3.2 Tipos de cuenca hidrográficas.

Pueden ser de dos tipos:

1. Cuencas endorreicas:

Es un área en la que el agua no tiene salida fluvial hacia el océano (Cuenca Endorreica, 2021). (Imagen 04).

2. Cuencas exorreicas o abiertas: (Imagen 05)

Son los sistemas abiertos de circulación de agua por las superficies de tierra cuyos ríos principales de recolección y desagüe terminan desembocando en el mar, es decir, fuera del territorio (Cuenca Exorreica Y Endorreica: Qué Son, Características Y Ejemplos, 2022).



Imagen 04: Cuenca endorreica
Fuente: (Super User, 2020).



Imagen 05: Cuenca exorreica
Fuente (Super User, 2020).

Imágenes de ejemplo de los tipos de cuencas hidrográficas

Fuente: Super User. (2020, December 21). Revista digital Agua Simple - Tipos de cuencas hidrológicas. Aguasimple.org.mx; Revista digital Agua Simple.

Clasificación de tamaños de cuencas

Tamaño de la cuenca en km ²	Descripción
Menor a 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-Pequeña
500 a 2500	Intermedia-Grande
2500 a 5000	Grande
Mayor a 5000	Muy grande

Tabla 01.- Clasificación de tamaños de cuencas

Fuente: Campos Aranda (1992).

Las cuencas hidrográficas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades (sedimentos, contaminantes y nutrientes) a lo largo del sistema de corrientes (Cotler, Galindo, et al., 2013).

3.3 El ciclo hidrológico

Bien se sabe que la tierra está en constante cambio, es por eso que el agua al ser el recurso más valioso también, es por eso que se divide en etapas su constante cambio y movimiento a esto proceso se le llama ciclo hidrológico.

Este ciclo puede empezar con la evaporación de los océanos. El vapor resultante es transportado por las masas de aire en movimiento. En determinadas condiciones, el vapor se condensa formando nubes que, a su vez, pueden ocasionar precipitaciones. De la precipitación sobre el terreno, una parte es retenida por la superficie, otra parte escurre sobre ella y la restante penetra en el suelo. (Springal R. s/f p.02.).

Este proceso es el cual se encarga de darle funcionamiento a las cuencas. Por su recorrido que tiene el agua sobre sus causas.

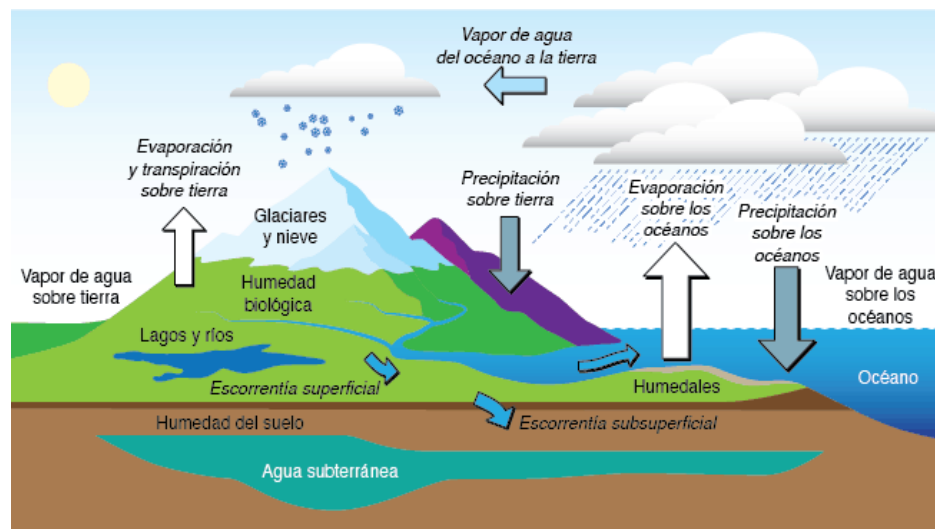


Imagen 06: Ciclo Hidrológico del Agua

Fuente: (institutodelaguaes, 2024).

3.4. Componentes de una cuenca

1. Cuenca alta

Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas. (Ordoñez J. 2011.)

2. Cuenca media

Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido. (Ordoñez J. 2011.)

3. Cuenca baja o zonas transicionales

Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales. (Ordoñez J. 2011.)



Imagen 07.- Partes de una cuenca hidrográfica

Fuente: (Eoearth, adaptado por Ordoñez 2011).

3.5 Partes de una cuenca hidrográfica

Al igual que los ríos, las cuencas hidrográficas suelen dividirse en tres grandes secciones: cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. Para entender esto, hay que tener en cuenta que toda cuenca se compone por un cauce principal (que es el que se toma como referencia para nombrar a la cuenca y determinar cada uno de sus tramos) y los tributarios del mismo.

1. El cauce principal

Es el cuerpo de agua de mayor envergadura y volumen contenido en la cuenca. Los tributarios o afluentes son todos aquellos cuerpos de agua de menor tamaño y volumen que recolectan y transportan el agua disponible en la atmósfera y el suelo para alimentar al cauce principal.

2. La cuenca alta,

cuenca superior o zona de captación comprende el nacimiento, fuente o manantial del cauce principal. Usualmente posee una pendiente pronunciada y se ubica en zonas montañosas.

3. La cuenca media o zona de almacenamiento

Es el área en la que se forman los valles. El cauce principal se mantiene definido, suelen formarse meandros y existe cierto equilibrio entre el material sólido que fluye con las corrientes y el que se deposita en los suelos.

4. La cuenca baja, cuenca inferior o zona de descarga

Es la zona más baja del cauce principal. Todos los sedimentos arrastrados durante el recorrido se depositan en el fondo a causa de un caudal más bajo y, generalmente, se forman llanuras (Álvarez, 2023).

3.6 ¿Qué son las Sistemas de información geográfica?

Los Sistemas de Información Geográfica SIG o GIS por su acrónimo en inglés (Geographic Information System). Son sistemas que facilitan la visualización, análisis y almacenaje de datos relacionados con el espacio físico. Esto con el fin de relacionar estos datos con fenómenos geográficos y urbanos de todo tipo reflejados en un mapa.

Sus herramientas son necesarias para superar la visión sectorial y consolidar una comprensión integral del territorio mediante la interacción de las dimensiones ambiental, cultural, económica, social, espacial, etc.

Un SIG está compuesto por subsistemas para:

- **El procesamiento de imágenes:** conversión de imágenes satelitales a datos de mapa que pueden ser fácilmente interpretados.
- **El análisis estadístico:** análisis estadístico de datos espaciales.
- **El manejo de base de datos:** programas de cómputo utilizados para la entrada, manejo y análisis de datos espaciales y de atributos.
- **El despliegue cartográfico:** formas diferentes de visualizar la información (pantalla, impresión en papel, etc.)
- **El análisis geográfico:** análisis de los datos basado en su localización.
- **El apoyo en la toma de decisiones:** ayuda en los procesos de toma de decisiones para la ubicación de recursos.
- **La digitalización de mapas:** conversión de mapas en formatos analógicos (papel) a formato digital.

Existen diversas definiciones sobre SIG, dependiendo de la estimación del autor, las siguientes son algunas de las más publicadas: Los Sistemas de Información

Geográfica se pueden definir como sistemas para la captura, almacenamiento, exploración, integración, manipulación, análisis y despliegue de datos que están referidos espacialmente a la tierra.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de herramientas cuyo objetivo es llevar a cabo tareas de almacenamiento, procesamiento, análisis y representación de información que tiene una referencia espacial o geográfica (Sistema de Información Geográfica (SIG) - Unidad de Apoyo Para El Aprendizaje, 2025).

Para matizar la anterior definición, un SIG es un sistema que permite realizar una serie de operaciones:

- Lectura, edición, almacenamiento y gestión, de manera general, de datos espaciales.
- Análisis simples o complejos de datos espaciales. Este análisis puede llevarse a cabo sobre la componente espacial (la localización de cada valor o elemento) como sobre la componente temática (el valor o elemento en sí).
- Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc (Garcia, 2021).

Existen múltiples herramientas que permiten manipular información y presentar datos geoespaciales en estos se encuentra ArcGIS que permite la captura, análisis, gestión y visualización de estos datos, consta de diferentes herramientas que facilitan el trabajo, permitiendo crear mapas, esta es la aplicación que utilizaremos para el desarrollo de este trabajo.



Imagen 08 .- Estructura de ArcGIS.

Fuente: (<http://sal.ocean.washington.edu/tutorials/arcgis/intro/arcgis1.html>).

3.7. Shapefile

El shapefile es el formato de datos vectorial más popular y extendido en el trabajo con un SIG. Se trata de un formato vectorial que guarda la localización de elementos geográficos y atributos a ellos asociados, pero no es capaz de almacenar relaciones topológicas. Estos elementos geográficos se pueden representar a partir de una capa de tipo punto, línea o polígono (áreas). (Alonso s/f).

Un **Shapefile** es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. El formato carece de capacidad para almacenar información topológica.

Un shapefile es un formato multiarchivo, es decir, está generado por varios ficheros informáticos.

El número mínimo requerido es de tres extensiones las cuales son las siguientes:

1. **shp** - es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.

Figura 1. Diferencia entre vector y raster.

2. **Layer.** Es una colección de capas con características geográficas similares, tienen un título y una simbología.
3. **Tabla de Atributos.** Es un documento para el despliegue tabular de información, está conformado por registros (Fila) y campos (Columna) contiene información específica de cada layer (capa).

3.8 QGIS

Es el software que se utiliza para construir un sistema de información geográfico (SIG), consta de un conjunto de aplicaciones con las cuales se pueden crear datos, mapas, modelos, aplicaciones y consultar datos geoespaciales, los datos geoespaciales se refieren a información geográfica de una entidad. Es el punto de partida y la base para la implementación de SIG en organizaciones y en la Web.

El programa **Quantum GIS** (o **QGIS**) es un software de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows. Que Permite manejar formatos raster y vectoriales, así como bases de datos.

Está orientado a usuarios finales de información geográfica, profesionales, ambientes universitario personal de Administraciones Públicas (Ayuntamientos, Diputaciones, Consejerías o Ministerios).

Quantum GIS se compone de módulos:

Interfase de QGIS. Quantum GIS Desktop, es la aplicación central utilizada en Quantum GIS. Es el lugar donde visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde asigna símbolos y se crean los diseños de mapa para imprimir o publicar. Es también la aplicación que se utiliza para crear y editar los dataset.

3.9 Área (A).

Es la superficie del terreno en las aguas de las precipitaciones que concurren a un mismo punto de evacuación a través de cauces secundarios o quebradas que se unen a un cauce principal. Las aguas de las precipitaciones, lagunas o glaciares que no han sido infiltradas por el suelo se denominan escorrentía superficial y se desplazan desde los puntos de mayor elevación hacia los puntos de menor elevación por efecto de la gravedad. Mientras que, las aguas que han sido infiltradas por el suelo se denominan escorrentía subterránea y discurren por su interior similarmente. Este parámetro es el más utilizado en el estudio de la escorrentía de una cuenca.

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a través de una línea imaginaria, denominada divisora de agua o *divortium aquarum*, que separa las pendientes opuestas de las cumbres, fluyendo las aguas de las precipitaciones a ambos lados de la línea imaginaria hacia los cauces de las cuencas continuas. A continuación se muestra los componentes en una cuenca (Córdova, 2016)

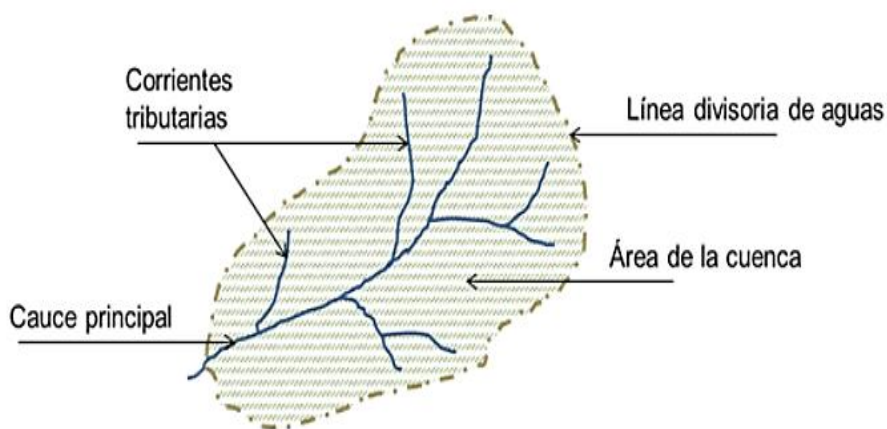


Imagen 09 : Componentes de una cuenca

Fuente: (Córdova, 2016)

3.10 Perímetro (P)

El perímetro es la línea envolvente del área o divisoria de aguas; a la cual se le atribuye como la línea que separa las precipitaciones en cuencas inmediatamente vecinas, y que orientan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial” (Monsalve Sáenz, 1999. Página 35).

3.11 Longitud de la cuenca (L)

Este parámetro suele coincidir con la longitud del cauce más largo, y es un criterio muy representativo de la longitud de una cuenca. Puede medirse considerando toda la sinuosidad del cauce o la longitud del eje del mismo (Córdova, 2016)

3.12 Ancho de la cuenca (B)

Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca.

3.13 Factor de Forma de Horton (Kf)

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca. Kf Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

Formula:

$$K_f: A/L^2$$

Kf: Factor de forma

A: Área de la cuenca en Km²

L: Longitud de la cuenca en Km

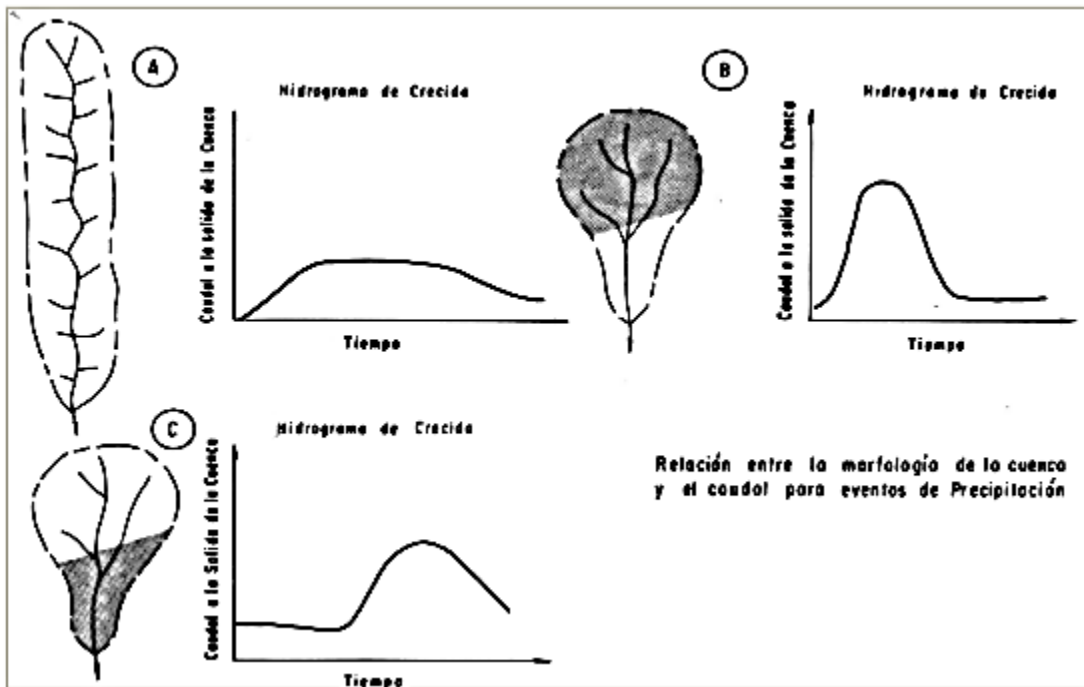


Imagen 10 .- Efecto de la forma de la cuenca en el tiempo de concentración

Fuente: (Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua en base a Bell 1999).

3.14 Coeficiente de compacidad (kc)

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Kc = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca en Km

A = Área de la cuenca en Km²

Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parteaguas), Pc es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. Se han establecido tres categorías para la clasificación de acuerdo con este parámetro:

3.15 Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad.

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 ó más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Tabla 02: Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del río Bobo.

Fuente: Departamento de Nariño, Colombia en base a (Campos, 1992).

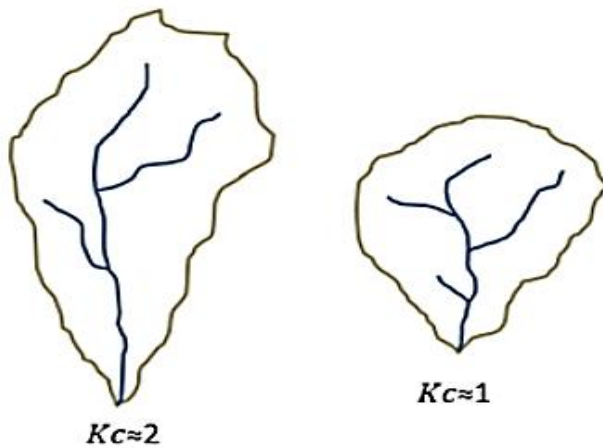


Imagen 11: Comparación de la forma de cuencas según valores del Coeficiente de Compacidad.

Fuente: (Córdova, 2016)

3.16 Razón de Elongación (Re).

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula es la propuesta por Shumm(1956):

$$Re = D/Lc = 1.1284 \sqrt{Ac} / Lc$$

Dónde: Re = Relación de elongación o cociente adimensional entre

D = Diámetro de un círculo de la misma área de la

cuenca Lc = Longitud de la cuenca

Formula:

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma (morfometria de cuencas, n.d.).

3.17 Parámetros de relieve

A mayor pendiente, corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal, (Navarrete, 2004). Algunos parámetros destacan

3.18 Curva Hipsométrica

Permitirá caracterizar el relieve, obteniéndose a partir de las cotas de altitud registradas en los MDE 1:50,000 y complementado con la estimación de la superficie acumulada por cada cota.

3.19 Pendiente media de la cuenca

Es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la misma y permite hacer comparaciones entre cuencas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La fórmula, es:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca (%). longitudes de las curvas de nivel

E = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

A = Superficie de la cuenca (Km²).

3.20 Elevación media

A partir de la curva hipsométrica, se determinará la elevación media equivalente al 50% del área de la cuenca, donde en el eje “X” del gráfico se aplicará el porcentaje.

3.21 Análisis hipsométrico

Con el propósito de comparar la cuenca con otros sistemas hidrográficos se empleó el criterio propuesto por Campos (1999) que considera la relación entre las alturas parciales y la altura total, así como las áreas parciales entre curvas de nivel y el área total. En base al análisis hipsométrico, podremos determinar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca.

Modelo de curvas hipsométricas del ciclo de erosión. (Senciales y Ferre, 1999).

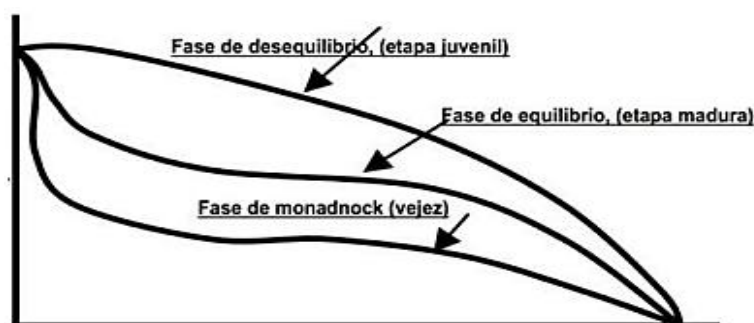


Imagen 12.- Caracterización morfométrica de la cuenca Alta del río Sauce Grande, Buenos Aires Argentina.

Fuente 11: según Strahler (1952).

3.22 Orden de los cauces

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Existen varios métodos para realizar tal clasificación. En este caso se optó por el método de Horton, el cual se fundamenta en los siguientes criterios:

Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se une, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes

de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$. Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

3.23 Número de orden de corrientes según Horton

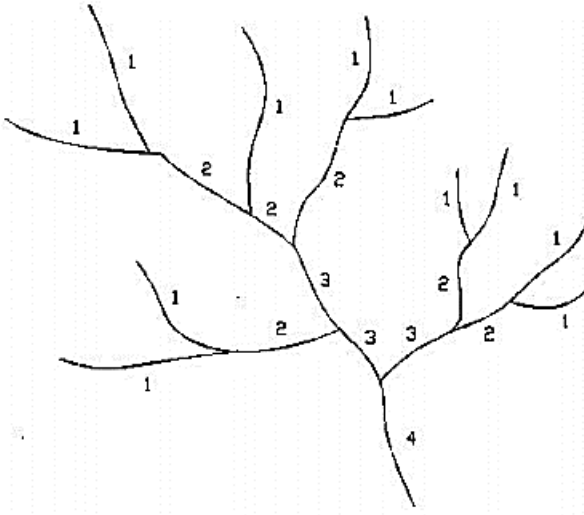


Imagen 13.- Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua.

Fuente: En base a (Horton R. E., 1945).

3.24 Relación de bifurcación (Rb)

Horton también introdujo éste concepto para definir el cociente entre el número de **cauces** de cualquier orden (**Nu**) y el número de cauce de orden (u) del siguiente orden superior, es decir:

$$Rb = Nu / Nu+1$$

Donde: Rb = relación de bifurcación

Nu = número total de cauces con orden U

U = número de orden de cauce

Las relaciones de bifurcación varían de 3.0 a 5.0 para cuencas en las cuales las estructuras geológicas no distorsionan el modelo de drenaje. En condiciones naturales y

en general, el valor promedio es 3.5. D. R. Coates encontró que la Rb de corrientes de primero a segundo orden varía de 4.0 a 5.1 y de las de segundo a tercer orden varía de 2.8 a 4.9

3.25 Densidad de drenaje

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la cuenca y la superficie total de la misma. De otra manera, expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado (López Cadenas de Llano, 1998). Este parámetro es muy representativo respecto a la topografía de la cuenca en los estudios.

Valores mínimos de esta relación están asociados a regiones con materiales de suelo poco erosionables, baja cubierta de vegetación y pendientes planas. Mientras que, valores altos refieren a que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Generalmente, estas regiones tienen suelos impermeables y pendientes fuertes. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

Dd = Densidad de drenaje

Li = Largo total de los cursos de agua en Km

A = Superficie de la cuenca en km²

Densidad de drenaje (valores aproximados)	Clases
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

Tabla 4: Rangos aproximados de la Densidad de Drenaje

Fuentes: (Córdova, 2016)

3.26 Tiempo de concentración.

Tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca a la sección de salida, calculándose mediante la siguiente fórmula:

$$t_c = \frac{(4\sqrt{S} + 1.5 L)}{(0.8 \sqrt{H})}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración (h).

S = Área de la cuenca (km²).

L = Longitud del cauce principal (km).

H = Elevación media de la cuenca (km).

3.27 Tipos de Corrientes y orden

Dentro las cuencas existen diferentes tipos de orden de corrientes, estas se enumeran para poder ser identificadas. De las distintas corrientes que hay, estas se forman a partir de una corriente principal, por ejemplo;

- Una corriente de orden uno es un tributario sin ramificaciones.
- Una corriente de orden 2 tiene solo tributarios de 1er orden.
- Una corriente de orden 2 y otra de orden 3, forman otra de orden 3.

El orden de una cuenca, dependerá en mucho de la escala del plano utilizado para su determinación.

3.28 Elevación media de la cuenca

Altura media de la cuenca (H). La altura media, H , es la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo de la boca de la cuenca. La elevación promedio está referida al nivel del mar. Este valor puede ser encontrado usando la curva hipsométrica o el histograma de frecuencias altimétricas. Esta estimación se realiza por una media aritmética ponderada en el caso del histograma, o de la curva hipsométrica calculando el área bajo la curva y dividiéndola por el área total.

3.29 Frecuencia de ríos o escurrimiento

La expresión escurrimiento superficial suele referirse al volumen de las precipitaciones que caen sobre una cuenca, menos la retención superficial y la infiltración. El escurrimiento superficial o directo es función de la intensidad de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del suelo, de la duración de la precipitación, del tipo de vegetación, de la extensión de la cuenca hidrográfica

considerada, de la profundidad del nivel freático y de la pendiente de la superficie del suelo.

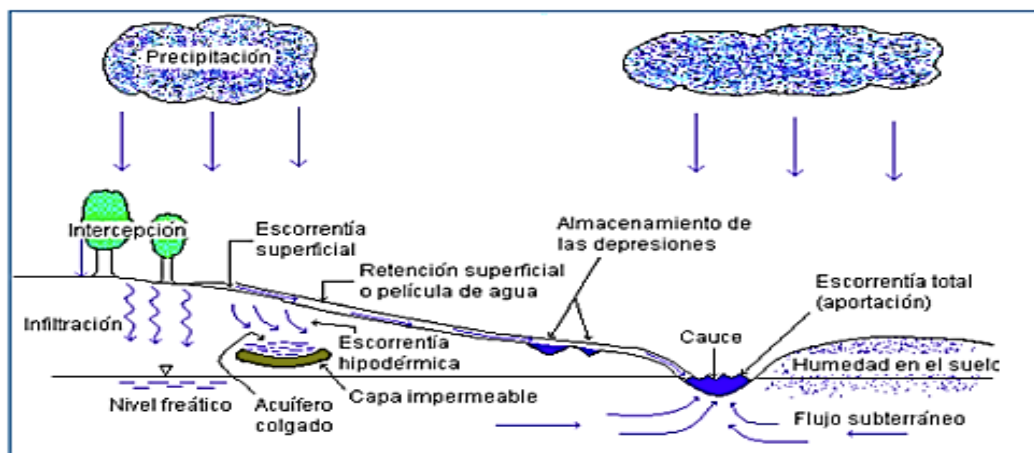


Imagen 14.- Frecuencia de ríos o escurrimiento.

Fuente: (Dympna, 2014).

La aportación de una cuenca se representa comúnmente en una gráfica llamada "hidrograma", que consiste en una curva que representa las oscilaciones, respecto al tiempo, del nivel del agua de un río en una sección dada del mismo. En el caso de un río con un tiempo de descarga muy largo, los caudales que por él circulan al cabo de un tiempo, son el resultado de la acumulación del escurrimiento superficial con la aportación subterránea.

3.30 Ciclo del escurrimiento

El estudio del escurrimiento de los ríos como parte del ciclo hidrológico, incluye la distribución del agua y su trayectoria desde que se precipita sobre la tierra hasta que alcanza la red hidrográfica o vuelve directamente a la atmósfera a través de la evapotranspiración. La distribución del volumen total de agua caída durante una

precipitación dada, depende tanto de las características y condiciones físicas -naturales o artificiales de la cuenca, como de las características de la propia precipitación.

Para que el agua llegue a infiltrarse, la superficie del suelo debe presentar una serie de condiciones adecuadas. Cuando a lo largo de una precipitación, el poder de intercepción y de almacenamiento en la superficie del suelo han sido ya agotados, y cuando la precipitación es tal que su intensidad excede la capacidad de infiltración del suelo, comienza ya el escurrimiento superficial propiamente dicho.

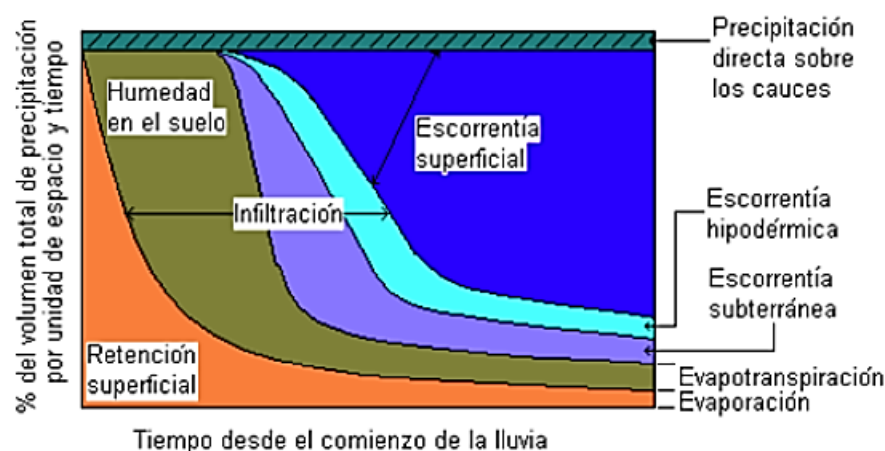


Imagen 15.- Proceso de escurrimiento

Fuente: (Daneilysgiuisti, s. f.).

La superficie del suelo se cubre en ese momento con una fina película de agua llamada película de retención superficial.

Una vez que el agua corre sobre la superficie del suelo y alcanza los cauces de la red hidrográfica, comienza a aparecer el escurrimiento superficial en los cauces.

3.31 Ríos que ganan o ceden agua al acuífero

El río o arroyo típico de una región húmeda recibe agua del nivel freático. Este es un río efluente o que gana agua. En las regiones áridas, muchos ríos llevan bastante

agua en las partes altas. A medida que llegan a una elevación más baja, su cauce decrece debido a una menor precipitación, lo que provoca un descenso en el nivel freático, hasta el punto en que el río cede agua al acuífero, y se llama río influente. Algunos ríos pueden ser de ambos tipos, cediendo agua en épocas de sequía y recibéndola en tiempos de lluvia.

Al comienzo de una precipitación fuerte, una gran cantidad de agua es interceptada por la vegetación; el agua así almacenada sobre la superficie de la capa vegetal se encuentra muy expuesta al viento y ofrece una enorme área de evaporación, de tal forma que las precipitaciones de corta duración y poca intensidad pueden llegar a ser completamente consumidas por la intercepción de las plantas, por la pequeña cantidad de agua que se infiltra a través del suelo y por el agua que llena los charcos y pequeñas depresiones de la superficie del suelo.

3.32 Histogramas de área-elevación (Frecuencias)

Histograma de frecuencias altimétricas. Es la representación de la superficie, en km² o en porcentaje, comprendida entre dos niveles, siendo la marca de clase el promedio de las alturas. De esta forma, con diferentes niveles se puede formar el histograma. El diagrama de barras puede ser obtenido con los mismos datos de la curva hipsométrica. Realmente contiene la misma información de ésta, pero con una representación diferente, y da una idea probabilística de la variación de la altura en la cuenca.

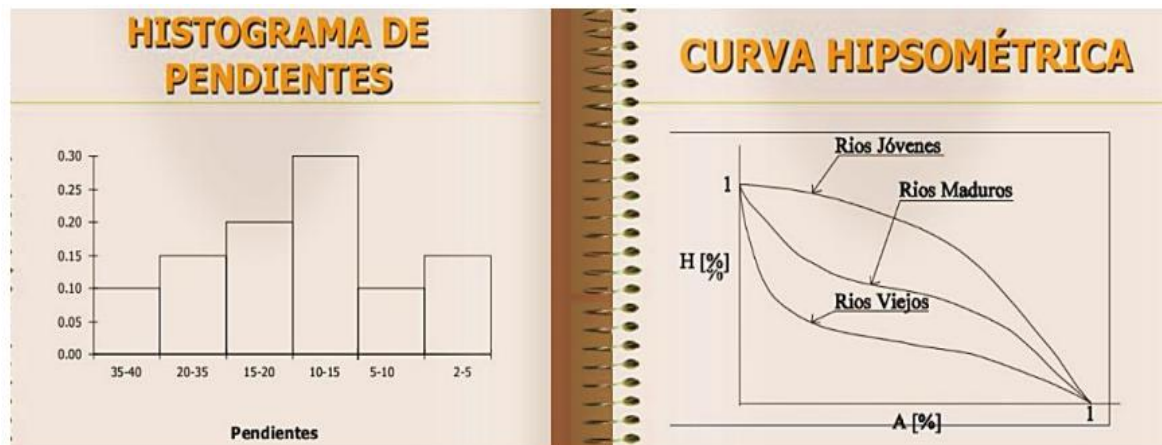


Imagen 16.- Histograma de pendiente.

Fuente: (Zamora, s. f.).

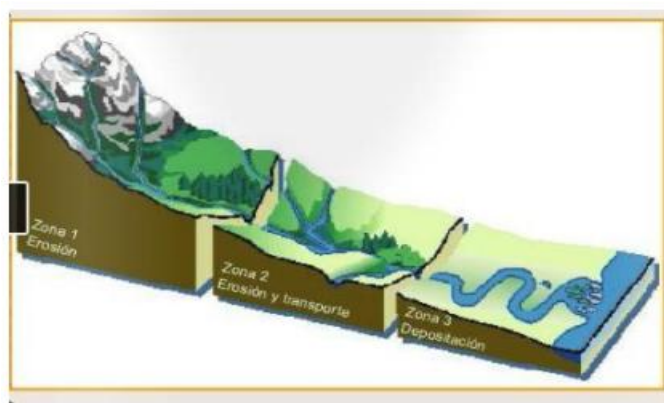


Imagen 16.- Histograma de pendiente.

Fuente: (Zamora, s. f.).

3.33 Perfil Longitudinal del Cauce Principal

La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua en una Cuenca Hidrográfica depende de la pendiente de los canales fluviales. En cuanto mayor valor tome la pendiente, mayor será la velocidad del flujo y, por lo tanto, se convierte en un factor característico del tiempo de respuesta de la cuenca ante determinada precipitación.

a lo largo de la longitud del cauce principal. Se pueden definir dos pendientes para el Cauce Principal de una Cuenca Hidrográfica:

3.34 Pendiente Media del Cauce Principal

Es la diferencia total de elevación del cauce principal (cota máxima – cota mínima), dividida por su longitud total (L_c):

$$S_m = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L_c}$$

Fuente: (Zamora, s. f.).

3.35 Pendiente Media Ponderada del Cauce Principal

Es un valor más “razonable” para representar la Pendiente Media del Cauce Principal. Para calcularlo se traza una línea, en el perfil longitudinal del cauce, tal que el área comprendida entre esa línea y los ejes coordenados sea igual a la comprendida entre el perfil y dichos ejes. En la siguiente figura se representan las dos pendientes definidas (Media y Media Ponderada):

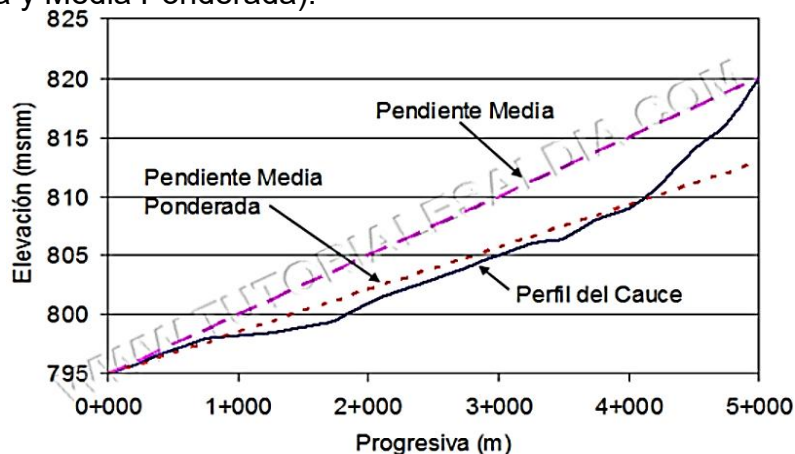


Imagen 17 .- De pendiente Media.

Fuente: (Zamora, s. f.).

En la siguiente tabla, columnas (1) y (2), se presentan los datos del perfil longitudinal del Cauce Principal de una Cuenca Hidrográfica.

(1)	(2)	(3)
Progresiva (m)	Cota Elevación Cauce Principal (msnm)	o del Área Perfil (m ²)
0+000	795	—
0+250	796	198.875,00
0+500	797	199.125,00
0+750	798	199.375,00
1+000	798,25	199.531,25
1+250	798,45	199.587,50
1+500	799	199.681,25
1+750	799,5	199.812,50
2+000	801	200.062,50
2+250	802	200.375,00
2+500	803	200.625,00
2+750	804	200.875,00
3+000	805	201.125,00
3+250	806	201.375,00
3+500	806,5	201.562,50
3+750	808	201.812,50
4+000	809	202.125,00
4+250	811	202.500,00
4+500	814	203.125,00
4+750	816	203.750,00
5+000	820	204.500,00
	TOTAL	4.019.800,00

Tabla 05.- Datos del perfil longitudinal

Fuente: (Zamora, s. f.).

3.36 Curvas Hipsométricas

En términos simples, la curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada. Esto lo podemos ver de una forma más sencilla en la siguiente figura:

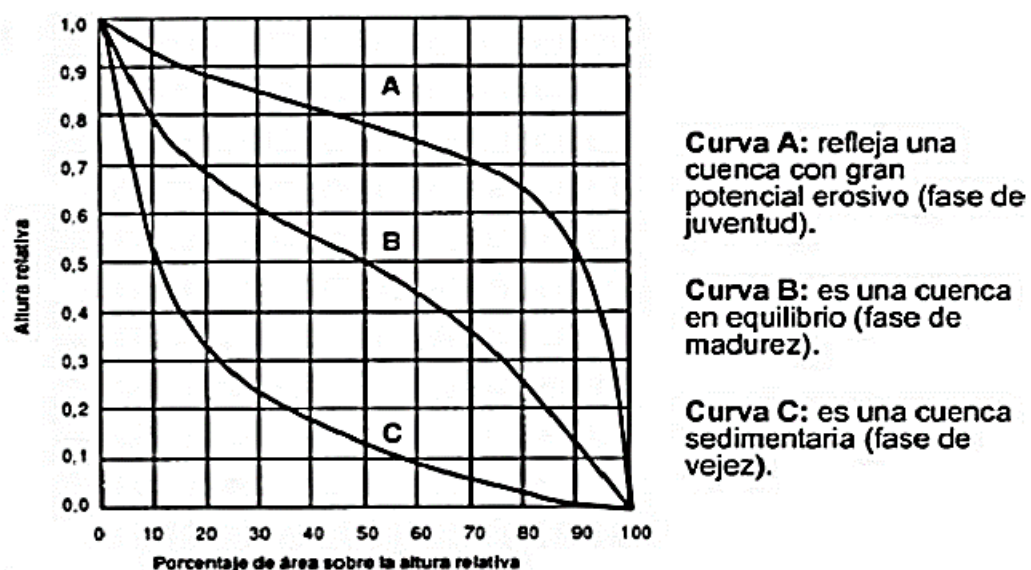


Imagen 18.- Curvas Hipsométricas

Fuente: (Zamora, s. f.).

Como puedes apreciar en la figura, en la curva A se puede ver que aproximadamente a 0.9 de altura tenemos el 20% del área de la cuenca o para todos los casos en altura 0.0 tenemos el 100% del área de la cuenca. Gracias a estos gráficos podemos ver por ejemplo, que la cuenca A al ser una cuenca que posee una mayor cantidad de área a mayor altura que las demás cuencas es posible afirmar que posee un gran potencial erosivo, mientras que para la curva C es totalmente lo contrario. Para este ejemplo se utilizó el eje X como %, pero éste también puede venir dado en km^2 .

3.36.1 Ejemplo de cómo desarrollar una curva hipsométrica:

Para el desarrollo de esta curva utilizaremos la siguiente ecuación:

$$H = \frac{\sum(c_i * a_i)}{A}$$

En Donde tenemos:

H = altura media de la cuenca

Ci = cota media del área i entre dos curvas de nivel

ai = área i entre dos curvas de nivel

A = área total de la cuenca

Utilizando la siguiente tabla tenemos:

Intervalo entre curvas de nivel [m]	cota media (m)	Área (Km²)	Área/Área Total [%]	Porcentaje Acumulado	ai ci
3300-3200	3250	0.48	0.32%	0.32%	1560.00
3200-3100	3150	1.43	0.97%	1.29%	4504.50
3100-3000	3050	2.94	1.99%	3.28%	8967.00
3000-2900	2950	3.86	2.61%	5.88%	11387.00
2900-2800	2850	5.25	3.55%	9.43%	14962.50
2800-2700	2750	4.42	2.99%	12.42%	12155.00
2700-2600	2650	5.28	3.57%	15.98%	13992.00
2600-2500	2550	15.18	10.25%	26.24%	38709.00
2500-2400	2450	35.35	23.88%	50.11%	86607.50
2400-2300	2350	65.5	44.24%	94.36%	153925.00
<2300	2250	8.35	5.64%	100.00%	18787.50

Tabla 06.- Curvas Hipsométricas

Fuente: (Zamora, s. f.).

Graficando la altura vs el Área acumulada tendremos:

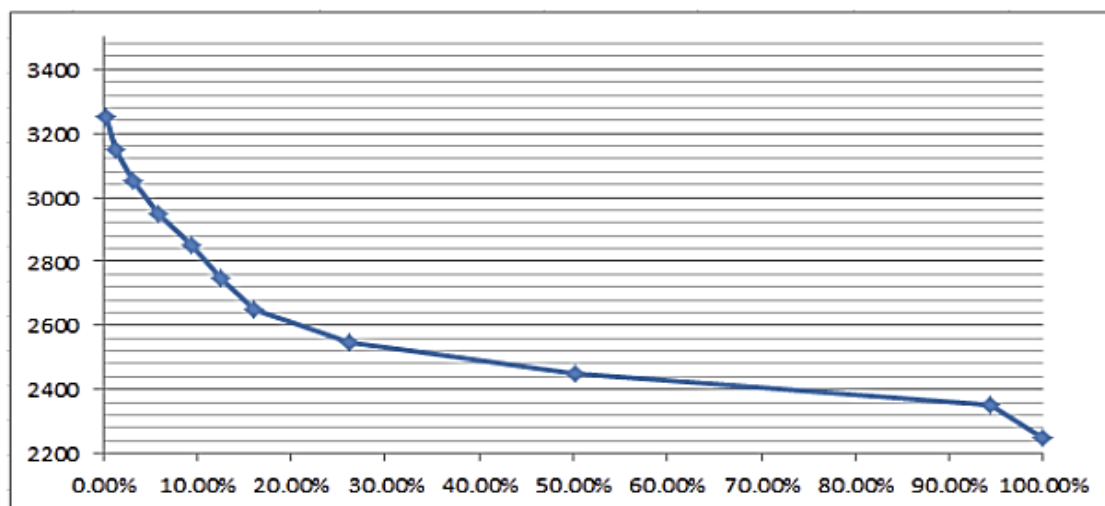


Imagen 19.- Graficando la altura

Fuente: (Zamora, s. f.).

3.37 Pendiente media de la cuenca

La determinación de la Pendiente Media de una Cuenca Hidrográfica, es una de las tareas no sólo más laboriosas, sino también más importantes en la realización de cualquier estudio hidrológico, pues esta Pendiente Media controla la velocidad con que se dará la escorrentía superficial en dicha cuenca. Algunos de los parámetros de mayor uso en la Hidrología Superficial, como el Coeficiente de Escorrentía, se fundamentan en la estimación de la cantidad del volumen total de agua precipitada sobre la Cuenca Hidrográfica que se convertirá en caudal superficial, a partir de parámetros diversos, entre los que destaca el valor de su Pendiente Media.

Entre los métodos existentes en la Hidrología Superficial para la determinación de la Pendiente Media de una Cuenca Hidrográfica, está el de las Cuadrículas asociadas a un vector el cual consiste en realizar un “muestreo” de las pendientes en una serie de puntos dentro de los límites de la Cuenca en estudio y, a partir del estudio de distribución de estas pendientes, obtener el valor de Pendiente Media de nuestra Cuenca.

3.38 Tiempo de concentración de agua

El tiempo de concentración de una cuenca, se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante.

El tiempo de concentración de la cuenca es muy importante porque en los modelos lluvia-escorrentía, la duración de la lluvia se asume igual al tiempo de concentración de la cuenca, puesto que es para esta duración cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía, por lo cual se espera que se presenten los caudales máximos. Las diversas metodologías existentes para determinar el tiempo de concentración de una cuenca a partir de sus parámetros morfométricos, fueron determinadas a partir de ajustes empíricos de registros hidrológicos.

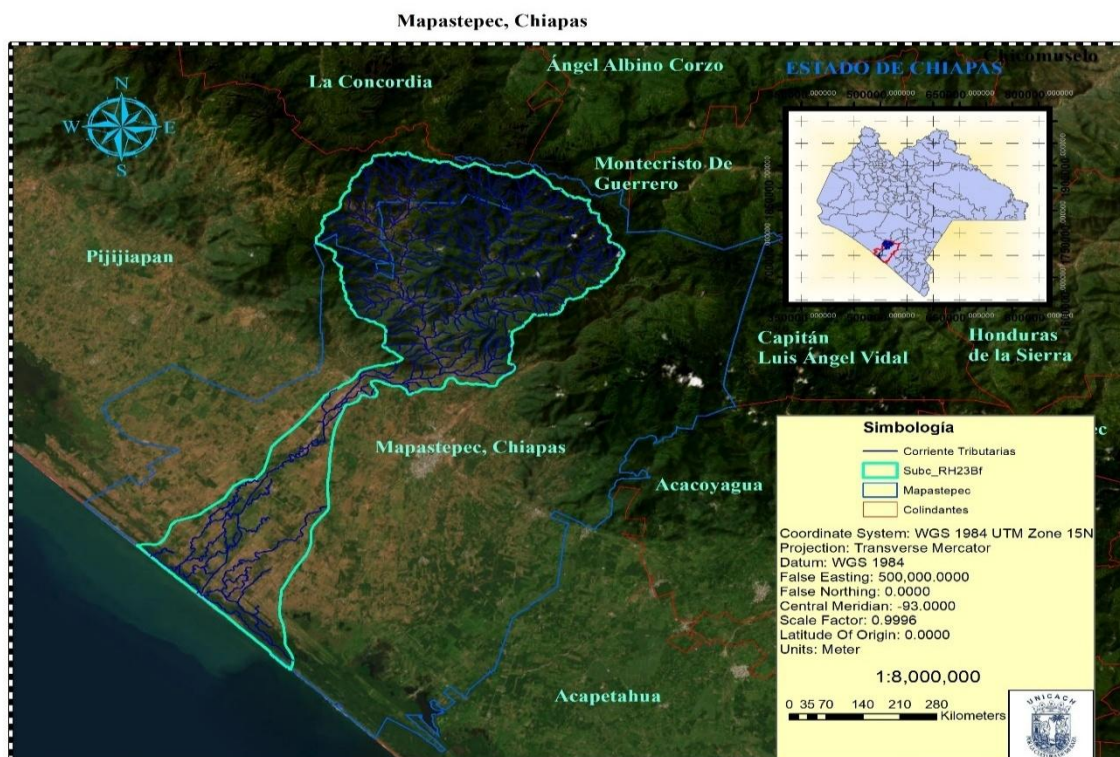
En la literatura existen múltiples expresiones para el cálculo del tiempo de Concentración propuestas por diferentes autores: Temez, William, Kirpich, California Couverts Practice, Giandotti, S.C.S, Ventura -Heron, Brausby-William, Passini, Izzard (1946), Federal Aviation Administration (1970), Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973).

Debido a las diferentes formas como fueron concebidas estas expresiones, la variabilidad de los resultados entre una y otra puede ser bastante alta, razón por la cual el criterio del analista juega un papel fundamental en la definición del tiempo de concentración de una determinada cuenca.

CAPITULO 4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudio

El “río Novillero” se localiza en Mapastepec, Chiapas colinda al norte con los municipios de Pijijiapan, La Concordia, Ángel Albino Corzo y Montecristo de Guerrero; al este con los municipios de Montecristo de Guerrero, Ángel Albino Corzo, Siltepec, Acacoyagua y Acapetahua; al sur con el municipio de Acapetahua y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de Pijijiapan (Mapa 01). Ocupa el 1.66% de la superficie del estado. Cuenta con 468 localidades. (Stranski, 2011). Muy cerca del océano pacifico al cual este drena sus aguas, el río es perteneciente a la cuenca RH23Br.



Mapa 05.- Ubicación Geográfica

Elaboración Propia.

Fuente: (INEGI 2020).

4.2 Metodología (describir métodos empleados para el cálculo)

Cálculo de parámetros morfométricos: tipos de corrientes y orden de corrientes.

La morfometría de una cuenca hidrográfica permite evaluar el funcionamiento de un sistema hidrológico en base a un conjunto de estimaciones lineales, de relieve y superficie, es una excelente herramienta en la planificación y toma de decisiones.

Morfometría de cuencas hidrográficas Las características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella.

Los parámetros Morfométricos de una cuenca integran un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento o control. Según (Gaspari, 2012) El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo.

Es el estudio cuantitativo de las particularidades físicas de una cuenca hidrográfica, se utiliza para analizar la red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir del cálculo de valores numéricos. Dentro de este contexto, es importante señalar que las mediciones deben ser realizadas sobre un mapa con suficiente información hidrográfica y topográfica.

La morfometría particular de cada cuenca hidrográfica es proporcional con la posibilidad de cosecha hídrica, ante eventos climáticos, y con la generación de una respuesta a los mismos, como ser la esorrentía superficial, expresada en términos de caudales, la incidencia en el transporte de sedimentos y nutrientes a lo largo de los ecosistemas que la integran. (Gaspari, 2012)

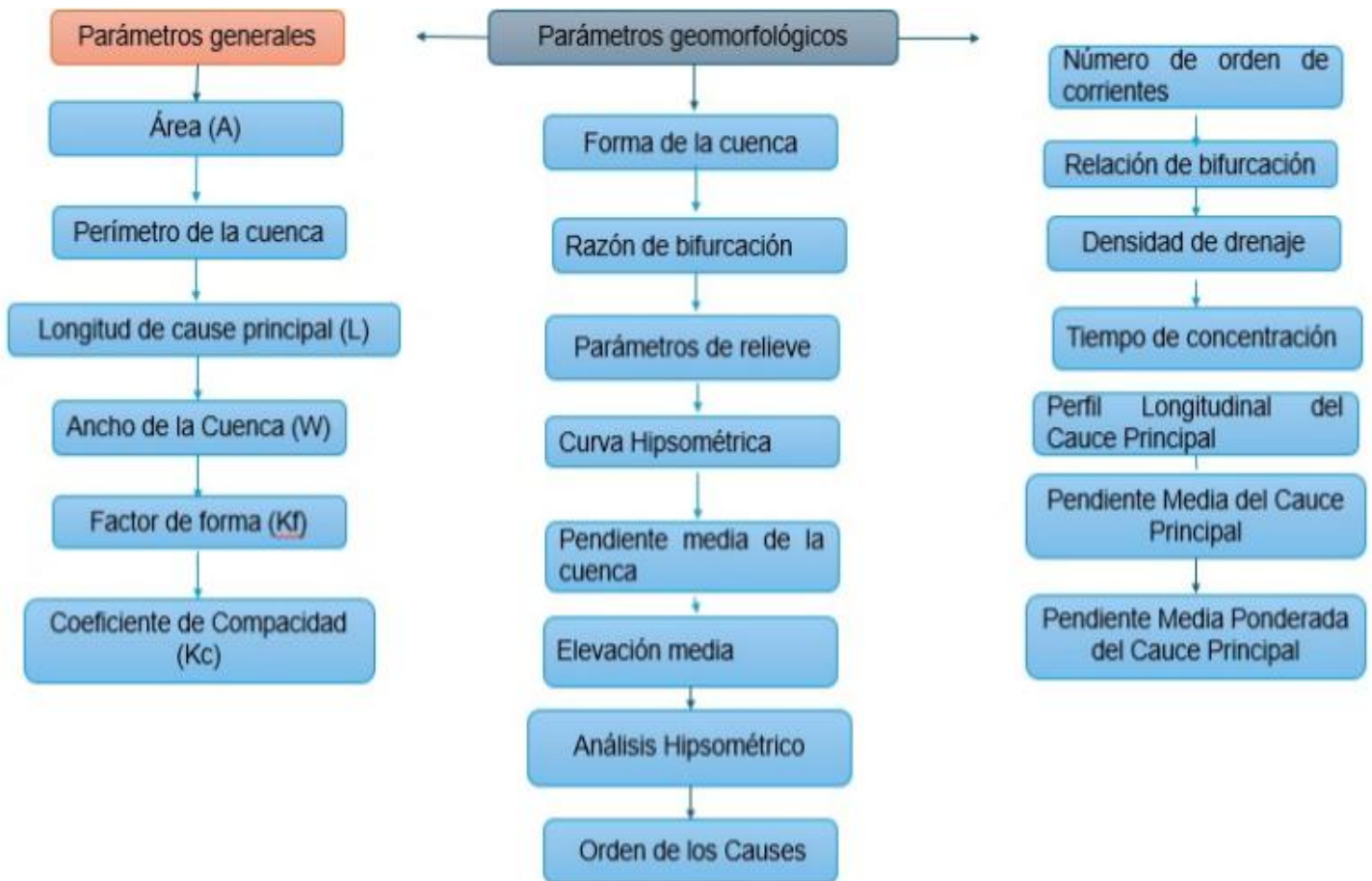
La Morfometría de Cuencas resulta de gran utilidad permitiendo determinar la semejanza de los flujos de diferentes tamaños (Ruiz, 2001) su fin radica en aplicar los resultados de los modelos elaborados en pequeña escala a prototipos de gran escala y hacer los comparativos necesarios (Chow et al., 1994)

4.3 Parámetros asociados a la forma de la cuenca:

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas, en particular, las cuencas de igual área pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes. Parece claro que existe una fuerte componente probabilística en la determinación de una cuenca mediante sus parámetros y las características de la red de drenaje. Por esta razón se han buscado relaciones de similitud geométrica entre las características medias de una cuenca y de su red de canales con esas de otras cuencas.

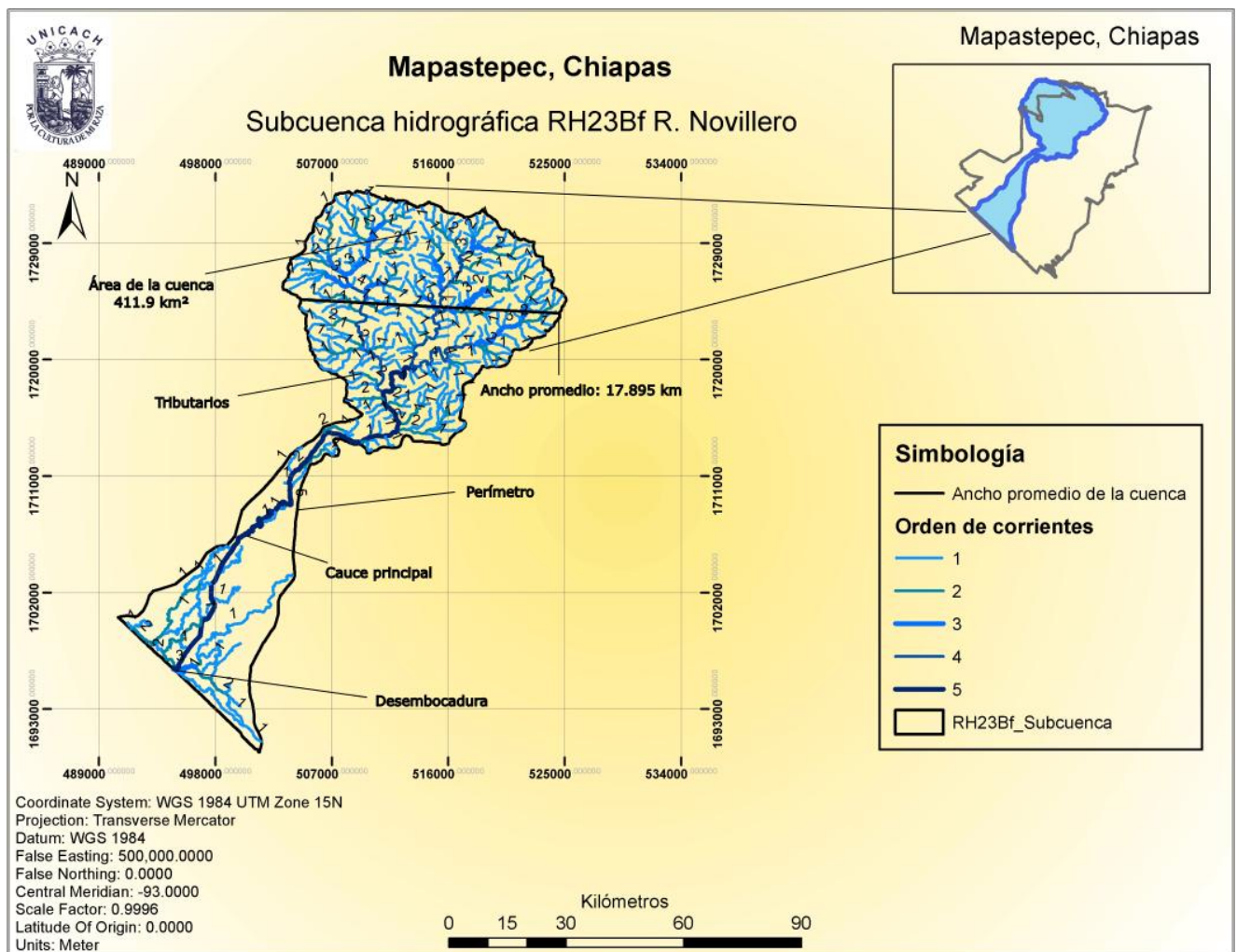
La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente. La medición de los factores de forma de una cuenca se realiza por medio de una metodología que permite cubrir dos objetivos. El primero, es que permite comparar la forma de la cuenca con figuras geométricas conocidas; el segundo, es que permite comparar los resultados de las mediciones, los cuales son adimensionales, con los obtenidos en otras cuencas en las que se puede tener mayor información histórica de su comportamiento hidrológico.

4.4 Esquema de Parámetros geomorfológicos



CAPITULO 5. RESULTADOS

5.1	Área total de la cuenca	km ²	411.9
5.2	Perímetro de la cuenca	km	144.28
5.3	Longitud de río principal	km	41.98746
Centroides	Este X	m	508905.562175
	Norte Y	m	1716656.78286
5.4	Ancho promedio de la cuenca	km	17.895
5.5	Coefficiente de compacidad	-	2.00
5.6	Factor de forma	-	0.234
	Radio de Circularidad	km	0.2487



Mapa 06: Subcuenca hidrográfica RH23Bf R. Novillero

Elaboración propia

5.6 Factor de Forma de Horton (Kf)

Kf: A/L^2

Kf: 411.9 Km² / 1762.9467 km

Kf: 0.234

Temenos una Cuenca alargada

Coeficiente de gravelius

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Kc: Coeficiente de compacidad

P: 144.28 km

Á: 411.9 km²

Kc: 1.991

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 ó más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Resultado de factor de forma: 1.991 nos indica que tenemos oval-oblonga a rectangular

5.7 Razón de Elongación (Re).

Lc: 41.987462 km

Raiz A: 20.29532

Formula: $1.128 \sqrt{A/L_c}$

$$1.128 \sqrt{\frac{20.29532}{41.98746}}$$

$$1.128 \sqrt{0.4834} = 0.5452$$

Re: 0.5452

5.8 Relación de bifurcación (Rb)

$$Rb: \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

N. orden	Nu	Bifurcación
1	203	2.40
2	145	15.50
3	10	3.00
4	5	2.67
5	3	0.00
Promedio		4.71

5.9 Cálculo de la Densidad de Drenaje

Densidad de Drenaje:

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

L = Longitud del cauce principal: 41.98746 km

Longitud de cauces aportantes: 615.02 km

Li = Longitud total de ríos: 657.01

A = Área de la Cuenca: 411.90 km²

Dd: 1.60

5.10 Tiempo de concentración (Tc)

Tc: es el tiempo de concentración (horas).

L: longitud del cauce (km)

H: es la diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (pies).

L: 41.98746 km

L³: 74021.65

H: 2400 m

Tc: 74021.65 /2400 m

Tc: (30.8423) (0.87)

Tc: 26.832^0.385

Tc: 3.548

Tc: (horas): 3.5484

Tc (min): 212.906

$$T_c = \left(0.87 \frac{L_c^3}{H} \right)^{0.385}$$

5.11 Cálculo de la Extensión media del Escurrimiento Superficial (Es):

Extensión media del Escurrimiento Superficial: $Es = A/4Li$

Es = 0.157

5.12 Cálculo de la Frecuencia de los Ríos:

Frecuencia de los Ríos: $Fr = N^{\circ} \text{cauces}/A$

Nº cauces: 366

Fr: 0.889

5.13 Cálculo de la Altitud Media Simple:

Altitud Media Simple:
$$H_{ms} = \frac{(c_M + c_m)}{2}$$

Donde:

CM: Cota o altitud más alta de la cuenca

Cm: Cota o altitud más baja de la cuenca

CM: 2600

Cm 200

Hms = 1400 msnm

5.14 Pendiente Media del Cauce Principal

$$S_m = H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}} / L_c$$

Hmáx: 2600

Hmín: 200

Lc: 41.98746

Sm: 57.1599

Longitud del cause

Perfil Longitudinal del Cauce Principal

Hd: 2400

Longitud del cauce principal: 41.98746

Hd/L

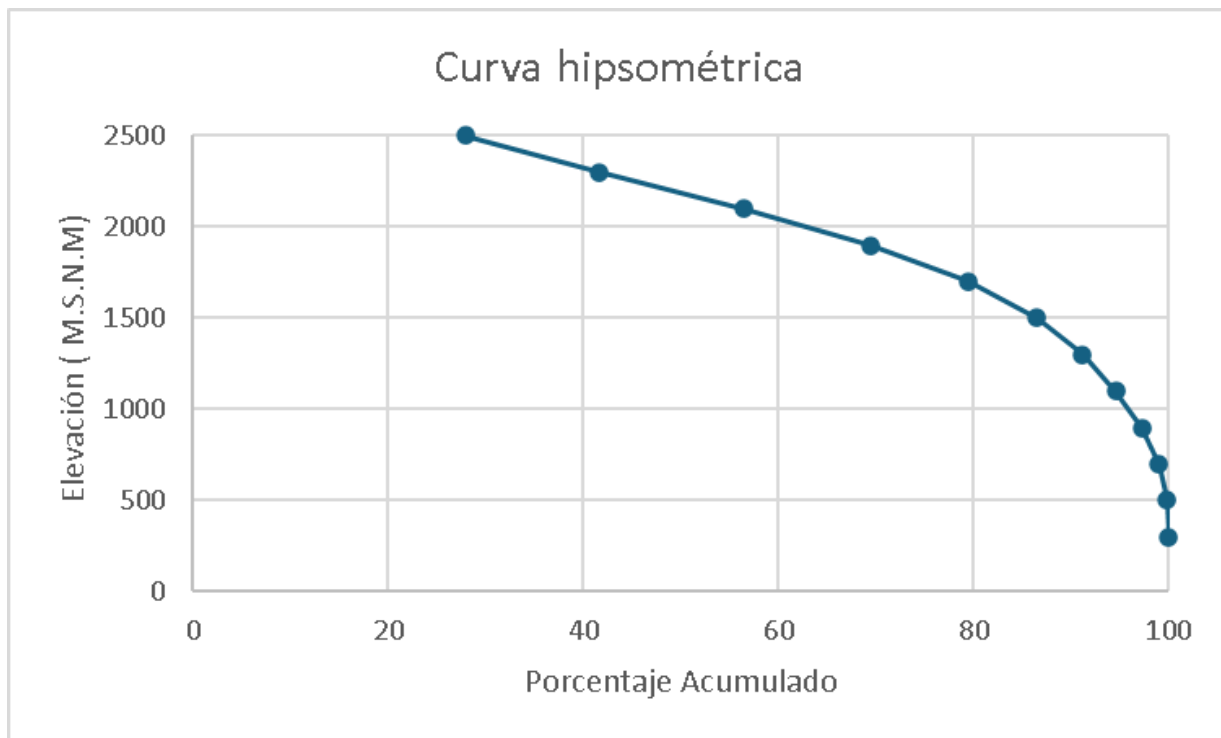
Perfil del cauce: 5715.992346

5.15 Curva hipsométrica

Intervalo entre curvas de nivel	Cota intermedia	Áreas en (Km2)	Área/Área total(%)	Porcentaje acumulado	ai*ci
2600-2400	2500	188223.9801	27.926	27.926	470559950
2400-2200	2300	91918.91126	13.637	41.563	211413496
2200-2000	2100	100602.8305	14.926	56.489	211265944
2000-1800	1900	86863.70765	12.887	69.377	165041045
1800-1600	1700	67422.49304	10.003	79.380	114618238
1600-1400	1500	48099.27555	7.136	86.516	72148913.3
1400-1200	1300	31459.71123	4.667	91.183	40897624.6
1200-1000	1100	22880.83429	3.395	94.578	25168917.7
1000-800	900	17889.62959	2.654	97.232	16100666.6
800-600	700	12002.20897	1.781	99.013	8401546.28
600-400	500	5562.171045	0.825	99.838	2781085.52
400-200	300	1090.649336	0.162	100.000	327194.801

Tabla: Datos para la elaboración de curva hipsométrica

Área total: 674016.4025



Como resultado obtenemos una curva tipo A lo cual refleja una subcuenca con gran potencial erosivo fase de juventud

6. CONCLUSIÓN

Basado en los métodos de análisis geomorfológico mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicado a la Subcuencas del Rio Novillero del Municipio de Mapastepec, Chiapas, la determinación de los parámetros morfométricos de la subcuenca del río Novillero permite concluir lo siguiente:

El uso de SIG y Modelos Digitales de Elevación (MDE) es fundamental para obtener parámetros morfométricos (área, perímetro, pendiente, forma, red de drenaje) de manera rápida y precisa, reduciendo la subjetividad y el error humano en comparación con métodos manuales.

Comportamiento Hidrológico-Geomorfológico de La subcuenca, al pertenecer a la región hidrológica "Costa de Chiapas" (RH23), presenta ríos cortos con pendientes abruptas en su parte alta (Sierra Madre de Chiapas) y extensas planicies en su parte baja, lo que condiciona un régimen hidrológico rápido y propenso a crecidas anuales.

La Vulnerabilidad y Riesgo en el análisis geométrico confirma que la subcuenca posee características propensas a inundaciones recurrentes, exacerbadas por la topografía, siendo crítico el estudio de la subcuenca alta para entender los procesos de azolvamiento en las zonas bajas, situación recurrente en la región

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, D. (2023, October 30). *Cuenca hidrográfica: qué es, partes y cómo se forma*. Geoenciclopedia.com; Geoenciclopedia.com.
https://www.geoenciclopedia.com/cuenca-hidrografica-que-es-partes-y-como-se-forma-763.html#anchor_2
2. Alonso (s/f) Qué es y cómo crear un shapefile con ArcGIS, QGIS y gvSIG. Recuperado de: <https://mappinggis.com/2014/12/como-crear-un-shapefile-con-arcgis-qgis-y-gvsig/>
3. Becerra, A. (9 de enero de 2009). blogger.com . obtenido de <https://estadosoconusco.blogspot.com/2009/01/mapastepec.html>
4. Campos Aranda, D. (1992). Procesos del Ciclo Hidrológico. San Luis de Potosí: Editorial Universitaria Potosina.
5. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Mapastepec, Chiapas clave geoestadística 07051
6. Cotler, Galindo, et al., 2013 Cuadernos de divulgación ambiental Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Primera edición
7. Florez, D. (2015). ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN NATIVA: SIERRA CHICA DE, 41(2), 427– 444. <https://doi.org/10.18172/cig.2710>
8. Garcia, P. (2021, August 11). *¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?* Geoinnova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/>
9. Gaspari, F; Senisterra, G; Denegri, G; Delgado, M; Besteiro, S; Rodríguez, A. 2012. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Bueno Aires, Argentina. Paper. Buenos Aires, Argentina, Asociación de Universidades Grupo

Montevideo. Consultado 13 sep. 2020. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/25777/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

10. GERMÁN MONSALVE SÁENZ. 1999. Hidrología en la ingeniería.

Ibañez Asensio, S.; Moreno Ramón, H.; Gisbert Blanquer, JM. (2011). Morfología de las cuencas hidrológicas. <http://hdl.handle.net/10251/10782>

11. INEGI. (2010a). Documento técnico descriptivo de la red hidrográfica escala 1:50 000. Edición 2.0. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/PDF/Doc.pdf.

12. INEGI. (2010b). Compendio de información geográfica municipal 2010 Mapastepec Chiapas. Mexico Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07051.pdf

13. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Guía para la interpretación de cartografía : edafología : escala 1:250 000 : serie III / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México : INEGI, c2014. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825076221.pdf

14. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 01 de agosto de 2019. ¿Qué es una cuenca? Gobierno de México <https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369>.

15. Mata, F. J. S., & González, D. M. S. (2011). Estudio hidrogeomorfológico y análisis sedimentológico de la sección alta de la cuenca del río aranjuez hydrogeomorphological studyy and sedimentological analysis in the upper section of the aranjuez river basin. Revista Geográfica de América Central, 1–43. Retrieved from www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/download/3675/3530

16. Morales (2019) Caracterización hidrogeológica y geomorfológica de la cuenca y embalse del parque natural la nitrrera.
17. Mora P., Bonifaz, López-Martínez. (2016) Unidades geomorfológicas de la cuenca del Río Grande de Comitán, Lagos de Montebello, Chiapas-México.
18. NCGIA. Introduction to Gis, Santa Barbara, Cal. National Center for Geographic Information and Analysis/University of California, Vol 1, pp.1-3, 1990.
19. Navarro (2018) Geomorfología de la cuenca hidrográfica de Mulegé, Baja California Sur, México como factor de riesgo a inundaciones.
20. Ordoñez J. 2011. ¿Qué es una cuenca? Cartilla Técnica. Sociedad Geográfica de Lima. Primera edición
21. Piñeiro Toro, D. A. (2015). PROCESOS HIDROGEOLÓGICOS EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA DE TARAPACÁ: ANÁLISIS DE LAS RELACIONES SEDIMENTOLÓGICAS CON EL ABANICO ALUVIAL. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137682/Procesos-hidrogeologicos-en-lacuenca-de-la-Quebrada-de-Tarapaca.pdf?sequence=1>
22. Rodriguez, R; Huaman, F. 2016. Clasisificación de cuencas, subcuencas y microcuencas según sus parametros geomorfologicos en la Región Cajamarca. Proyecto de Investigación. Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca.
23. Satranski F. (2011) Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Mapastepec 2011 recuperado de https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr_07051_AR_MAPASTEPEC.pdf
24. Springal R. (s/f p.02.) Hidrología. Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería recuperado de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/13497/HID>

ROLOGIA%20%28PRIMERA%20PARTE%29-.pdf?sequence=1