



APLICACIÓN DE LOS SIG EN EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

Autor

Daniel Felipe Bohórquez Moreno

**Facultad de Ingenierías y Arquitectura – Programa
Ingeniería Civil**

Junio de 2023



APLICACIÓN DE LOS SIG EN EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

Autor

Daniel Felipe Bohórquez Moreno

Asesor

Oscar Johany Hernández

MONOGRAFIA PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Facultad de Ingenierías y Arquitectura – Programa Ingeniería Civil

Agosto de 2023



AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, todo poderoso, por permitirme haber llegado hasta aquí, para culminar mis estudios universitarios.

Igualmente le doy gracias a la universidad de pamplona y todos sus docentes, por formarme con respeto y buena educación como un futuro ingeniero civil.

Agradezco a mis padres y toda mi familia que han sido un pilar importante en este sueño, quienes han estado día y noche apoyándome para poder cumplir mis metas, en especial agradezco a mi tía Vitelma Arias, que, aunque ya no esté en este mundo, estuvo presente en toda mi trayectoria por la universidad de pamplona y me impulso a iniciar esta carrera profesional con mucho amor y sacrificio, estaré inmensamente agradecido por ayudarme y siempre creer en mí.



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 División de la cuenca	8
Tabla 2 Relación de la metodología	30



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tecnologías que se asocian con un SIG	13
Figura 2 Base de datos sistema.....	15
Figura 3 IG, por medio de un DG	16
Figura 4 Mapeo Cartográfico	18
Figura 5 Variables del Mapeo	19
Figura 6 Mapa geomorfológico	20



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Esquema de Interacción	4
Ilustración 2 Clasificación RN	5
Ilustración 3 Partes de la cuenca Hidrográfica	7
Ilustración 4 Subcuencas y microcuencas	8
Ilustración 5 clasificación fuentes de agua.....	11
Ilustración 6 Curva Hipsométrica.....	12
Ilustración 7 SIG integrado	21
Ilustración 8 Contexto toma decisiones.....	23
Ilustración 9 Estructura de ArcGIS	25
Ilustración 10 Delineación del uso del Agua Archidro	26
Ilustración 11 Salida con Symap	27
Ilustración 12 Diagrama AVR.....	28
Ilustración 13 modelo digital del terreno	32
Ilustración 14 Modelo digital de elevación de la cuenca del rio Mogi Guacu-SP	32
Ilustración 15 Uso de suelo y Red hídrica.....	33
Ilustración 16 Mapa de suelos	33



INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Tiempo de concentración.....	9
Ecuación 2 K_c	10
Ecuación 3 Factor de forma.....	10
Ecuación 4 Densidad del drenaje	11



INDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	10
RESUMEN.....	2
CAPITULO I. ASPECTOS BASICOS SOBRE CUENCAS HIDROGRAFICAS.....	3
1.1. ¿Qué es una Cuenca Hidrográfica?	3
1.2. ¿Cuáles son los elementos básicos de una Cuenca Hidrográfica?.....	4
1.3. Partes de la Cuenca Hidrográfica	6
1.4. División de la Cuenca Hidrográfica	7
CAPITULO II. CARACTERISTICAS FISICAS DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA	8
2.1. Zona para drenar	9
2.2. Media Pendiente.	9
2.3. Concentración.....	9
2.4. Coeficiente de compacidad	9
2.5. Factor de Forma	10
2.6. Orden de las corrientes de agua	11
2.7. Densidad del drenaje.....	11
2.8. Curva Hipsométrica	12
CAPITULO III. SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS	13
3.1. ¿Qué es un SIG?	13
3.2. Sistema de Gestión de Base de Datos	14
3.3. Información Geográfica.....	15



CAPITULO IV. HIDROLOGIA Y EL SIG.....	16
4.1. SIG y su aplicación en la Hidrología.....	16
4.2. Uso del SIG	17
4.3. Clasificación Hidrológica de los Suelos	20
CAPITULO V. SISTEMA DE INFORMACIONES GEOGRAFICAS	21
5.1. Historia de los SIG	24
CAPITULO VI. SOFTWARE DEL SIG	25
6.1. ArcGIS.....	25
6.2. ARCHYDRO	26
CAPITULO VII. TIPOS DE METODOS DE APLICACIÓN DEL SIG.....	28
7.1. Evaluaciones.....	29
CAPITULO VIII. APLICACIÓN DEL SIG A CUENCAS HIDROGRAFICAS	30
CONCLUSIONES.....	34
REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS.....	36



INTRODUCCION

Para el desarrollo de una comunidad, el agua es un recurso fundamental, debido a su uso, permite que la economía se desarrolle y se base en diferentes medios como la industria, la agropecuaria, la generación de energía, etc. Aquellas actividades que se enfocan en la generación de aguas ya sean residuales, industriales o agropecuarias cumplen una función importante que contribuye a la contaminación de la misma, la cual puede ocasionar daños a las cuencas hidrográficas y afectar el bienestar del ser humano, por lo que se es necesario mantener el ecosistema y las cuencas en niveles de solubilidad realmente buenos (Liu, y otros, 2020).

Una cavidad hidrográfica, es el espacio en la superficie terrestre donde las precipitaciones son recogidas y canalizadas en una dirección específica debido a las características del terreno (M, 2021), "Por lo tanto, esto habilita la capacidad de cuantificar la cantidad de agua disponible, esta se convierte en una unidad para gestionar el abastecimiento del agua (M, 2021). Ejecutándose como “unidad básica del análisis ambiental, que permite evaluar y conocer los componentes y procesos distintos de las interacciones que allí pasan” (Braz, Pinto, Chavez, & Oliveira, 2020) tomando como objetivo la planificación del medio ambiente y del territorio.

Existen diversos aspectos que se tratan dentro de una cuenca hidrográfica, los cuales hablan de la hidrología superficial, subterránea, la vegetación, la fauna, el paisaje, la geología, entre otros, debido a estos factores se hace necesario integrar un sistema informático que le permita abordar el análisis de la naturaleza, y los datos de su estructura e información geográfica o espacial, desarrollando métodos o procedimientos aplicados para graficar, y comunicarse a nivel espacial, conocidamente como la geografía informática (Juarez, 2020).



Por ello, se integran sistemas de información geográfica más conocidos como SIG, el cual tras ser un conjunto de subsistemas interactivos que se orientan hacia la realización de capturas y organización de la información que se da georreferenciada, suministra elementos para que se pueda tomar una decisión (Saenz Saavedra, 1992). Permitiendo que se evolucione en el análisis de las disciplinas múltiples, haciéndose indispensable la aplicación de los SIG en sistema de cavidades hidrográficas.

RESUMEN

Los sistemas de Información Geográfica, son aplicados a cavidades hidrológicas, como herramienta para determinar sus características fisiográficas, ya sean superficies, pendientes, red de drenajes, formas entre otras cosas, por ello las variables como perdidas de suelo, planeación, gestión hidráulicas, transporte de sedimentos y contaminantes, modelación hidráulica, gestión hidráulica, realización de modelos para determinar las áreas donde existe posibilidad de inundación y sequias, cambios de clima, cambios de uso de suelo, entre otros. Por lo que este trabajo tiene la meta de presentar las herramientas que permite que se lleva a cabo el SIG, y como se puede mitigar o prevenir, implementando las estimaciones de precisión para evitar problemas.

Palabras Clave: Características Fisiográficas, Inundación, Cambio Climático, Desastres Naturales.

ABSTRACT

The Geographic Information systems are applied to hydrological basins, as a tool for the determination of physiographic characteristics, be they surfaces, slopes, drainage network, forms among other things, for this reason variables such as soil loss, planning, hydraulic management, sediment and contaminant transport, hydraulic modeling, hydraulic management, modeling to determine areas where there is a possibility of flooding and drought, climate changes, land use changes, among others. For this reason, the present work has the purpose of presenting the tools that allow the GIS to be carried out, and how it can be mitigated or prevented, implementing precision estimates to avoid problems.



Keywords: Physiographic Characteristics, Flooding, Climate Change, Natural Disasters.

CAPITULO I. ASPECTOS BASICOS SOBRE CUENCAS HIDROGRAFICAS

1.1. ¿Qué es una Cuenca Hidrográfica?

Se describe como la región geográfica o el territorio unificado que está marcado por una división topográfica, la cual recoge las lluvias y canaliza el agua de escorrentía hacia un punto central conocido como el “rio principal”.

"Otra idea que adquirimos es que se trata de un sistema receptivo a corrientes, impactos y trayectorias que trascienden límites; en otras palabras, puede intercambiar y recibir, dado que la cuenca fluvial es una parte integral de la tierra."

En la figura 7, se da a conocer un esquema el cual muestra las interacciones de los diferentes elementos que se encuentran en una cavidad fluvial, como sistema hidrográfico (Vasquez V , y otros, 2016).

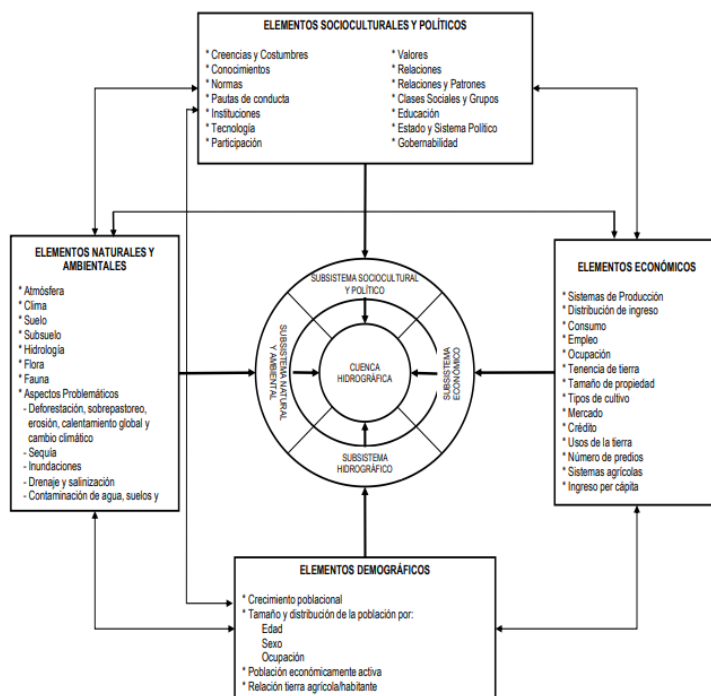


Ilustración 1 Esquema de Interacción

Fuente: (Vasquez V , y otros, 2016)

1.2. ¿Cuáles son los elementos básicos de una Cuenca Hidrográfica?

- a) **Recursos Naturales:** Los componentes existentes en la naturaleza son susceptibles para el uso y aprovechamiento de los humanos, satisfaciendo sus necesidades y generando sobre si mismos valor actual y potencial en el mercado. En la ilustración 2, se muestran todos los componentes de una cuenca y como se pueden agrupar.

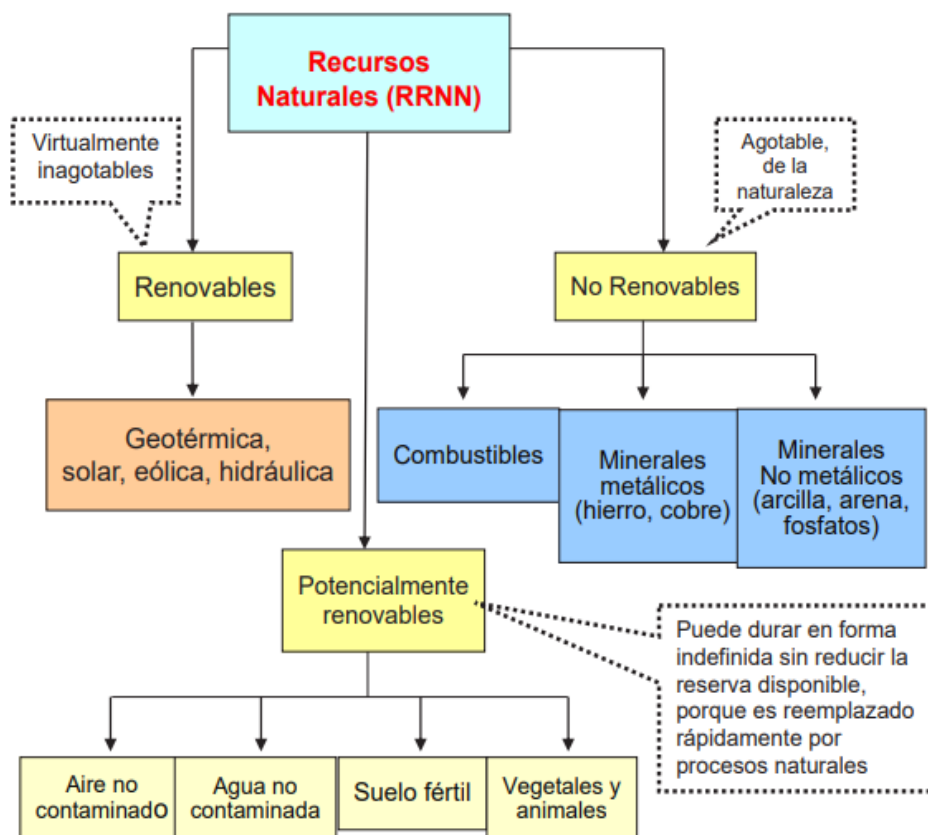


Ilustración 2 Clasificación RN

Fuente: (Vasquez V , y otros, 2016)

- b) **Elementos Antropogénicos:** Son aquellos elementos que son elaborados, contruidos o ejecutados por el hombre, entre los cuales se destaca, vertimientos, instalaciones, la actividad minera, la actividad industrial, entre oreos, así como los elementos que se deben tener en cuenta como costumbres, creencias, intelectuales, la tecnología y demás que se dispongan.
- c) **Elementos Institucionales:** Aspectos antrópicos los cuales se destacan las organizaciones institucionales, marcos normativos y legales, entre otros.



- d) **Aspectos Gubernamentales:** En este aspecto, un elemento crucial para su adecuada gestión, considerado para la planificación ponderada del área y los recursos naturales presentes en la cuenca fluvial, a través de decisiones de índole política.

1.3. Partes de la Cuenca Hidrográfica

Las cavidades hidrográficas tienen de tres partes, las cuales son:

- a) **Partes altas:** Comprende aquellas altitudes que superen los 3.000 mts sobre el nivel del mar, hasta los 6.500 metros sobre el nivel del mar, en estas partes es se concentra la mayor cantidad del agua el cual se puede formar en lluvia o nevados, debido a las precipitaciones pluviales abundantes e intensas; aquí se pueden apreciar lagos, lagunas con mayor flujo, ubicándose los campesinos los cuales son los que desarrollan el autoconsumo, para generar economía y subsistencia, pero a su vez se encuentra un gran potencial de minería. También se les conoce como “cabecera de cuenta”, ya que son las zonas las cuales tienen mayor accesibilidad y calidad de agua. Son parte de la preservación y de la protección para abastecer agua en las demás zonas de la cuenca (Vasquez V , y otros, 2016).
- b) **Partes medias:** Son aquellas que se encuentran delimitadas desde los 800 hasta los 3.000 metros sobre el nivel del mar, aquí nacen los valles interandinos, los cuales se caracterizan por el clima variado y bueno, por la función de las partes en las cuales se encuentra relacionado el escurrimiento del agua, formando parte de las pequeñas poblaciones que rodean, estas se caracterizan porque la gran actividad económica que abarcan (Vasquez V , y otros, 2016).
- c) **Partes bajas:** Su altitud llega hasta los 800 metros sobre el nivel del mar, donde se aprecian los grandes valles costeros, aquí se desarrolla una intensa actividad agropecuaria, encontrándose también aquellas ciudades consumidoras ya sea de gran o mediano tamaño, en este lugar se localizan los proyectos de riego que cuentan con sistemas de almacenamiento de agua significativos. Las aguas subterráneas en esta área poseen un potencial considerable. (Vasquez V , y otros, 2016).

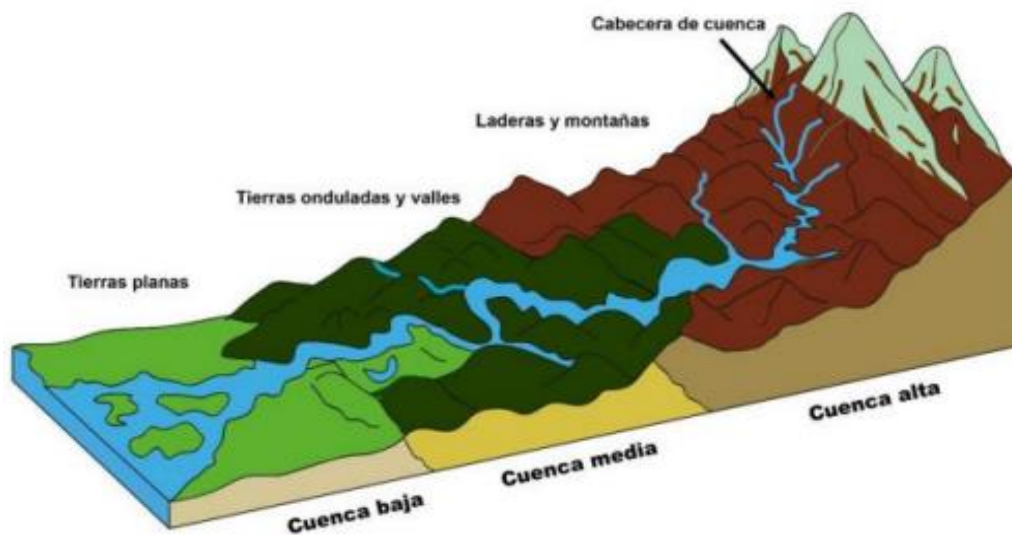


Ilustración 3 Partes de la cuenca Hidrográfica

(Vasquez V , y otros, 2016)

1.4. División de la Cuenca Hidrográfica

Unidad Hidrográfica	Área (Miles de has)
Cuenca	Mayor a 50
Subcuenca	5-50
Microcuenca	Menor a 50



Tabla 1 División de la cuenca

Fuente: (Vasquez V , y otros, 2016)



Ilustración 4 Subcuencas y microcuencas

Fuente: (Vasquez V , y otros, 2016)

CAPITULO II. CARACTERISTICAS FISICAS DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA

Se basa en la dependencia morfológica, tipo de suelo, capa vegetal, geología, entre otras cosas que vinculen a los elementos físicos los cuales se encuentren proporcionados a la forma más conveniente para conocer como varia el espacio del régimen en el cual se encuentra la Hidrología (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).



2.1. Zona para drenar

Es la proyección horizontal en la cual se incluye la división topográfica (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).

2.2. Media Pendiente.

Diferencia de la elevación total del lecho del cual divide al rio por su longitud entre puntos (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).

2.3. Concentración

Aquí se observa el lapso temporal requerido desde el inicio de la lluvia hasta que la cuenca pueda aportar al tramo de flujo que está bajo análisis, es decir es el tiempo en el que el agua que viene de extremos mayores llegue a la cuenca de la misma forma en la que se da la salida (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).

$$T_c = \frac{0.02 * L^{0.77}}{S^{0.886}}$$

Ecuación 1 Tiempo de concentración

Fuente: (Saenz, 1999)

2.4. Coeficiente de compacidad

Comparación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo que posee un área equivalente a la de la cuenca. (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).



$$K_c = \frac{0.28 P}{A^{1/2}}$$

Ecuación 2 Kc

Fuente: (Saenz, 1999)

Donde:

P= Perímetro en Km

A= Área en Km al cuadrado

Cuanto más desigual sea la forma de la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Si la cuenca es de forma circular, su coeficiente será el mínimo posible o igual a uno. Esto implica que existe una mayor probabilidad de que las mediciones de las crecidas se acerquen a la unidad cuando ese número tienda a aproximarse a uno. (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).

2.5. Factor de Forma

Su relación se encuentra basada entre el ancho medio y la longitud axial que tiene la cavidad, en donde la última se mide siguiendo el curso del agua desde lo más lejos de la desembocadura hasta llegar a su epigrafe. Y el primero se obtiene por medio de la división del área de su longitud.

$$K_f = \frac{B}{L}$$

$$B = \frac{A}{L}$$

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Ecuación 3 Factor de forma



Fuente: (Saenz Saavedra, 1992)

Donde:

B= Ancho medio en Kilómetros

L= Longitud axial en Kilómetros

A= Área de drenaje en kilómetros cuadrados

2.6. Orden de las corrientes de agua

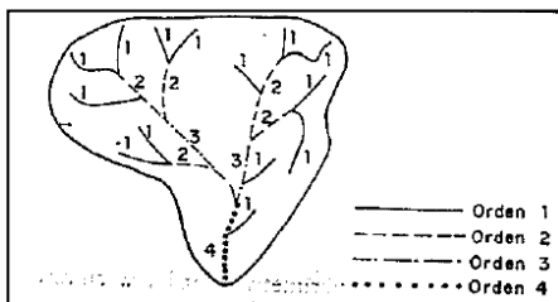


Ilustración 5 clasificación fuentes de agua

Fuente: (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011)

2.7. Densidad del drenaje

Se relaciona la longitud total de los cursos en los que va el agua de la cavidad y el total de su área (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).

$$D_d = \frac{L}{A}, EN KM/KM^2$$

Ecuación 4 Densidad del drenaje



Fuente: (Saenz, 1999)

Donde:

L= Longitud total de las corrientes de agua en Km

A= Área Total de la cuenca en Km cuadrado

2.8. Curva Hipsométrica

Es lo que representa gráficamente al relieve de la cuenca, representado la variabilidad de elevación de los diferentes terrenos que la abarcan con relación al nivel del mar (Cairoza Diaz & Oliveros Acosta , 2011).

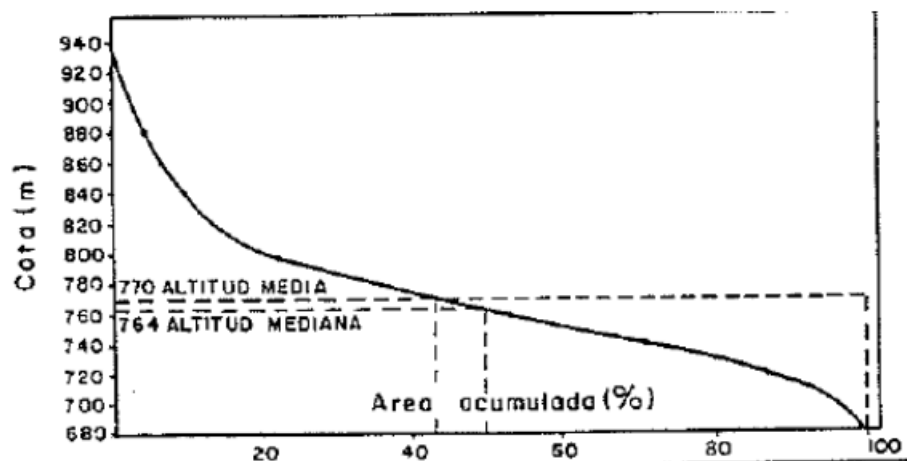


Ilustración 6 Curva Hipsométrica

Fuente: (Saenz, 1999)



CAPITULO III. SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS

3.1. ¿Qué es un SIG?

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una plataforma que genera, gestiona, evalúa y cartografía diversos datos. Vincula estos datos a un mapa que integra información de ubicación y detalles sobre la disposición de elementos, junto con datos descriptivos que caracterizan estos elementos. Esto establece una fundamentación para la cartografía y el análisis, aplicados en campos científicos y en casi todas las ramas industriales. Facilita la comprensión de pautas, interconexiones y contextos geográficos. (ESRI, 2023).

Una de las definiciones más clásicas se encuentra dada por: “Informatización del el cual tienen un propósito general para su respectivo manejo (captación, almacenamiento, consulta, análisis y representación) de información localizada geográficamente” (Rhind, 1981).



Figura 1 Tecnologías que se asocian con un SIG

Fuente: (Cordoba, 2016)



3.2. Sistema de Gestión de Base de Datos

La base de datos, es un conjunto que cumple con criterios a la hora de dar informe de los datos, contando con lo siguiente:

- No redundancia, los datos deben de ser almacenados una sola vez, sin importar que estos sean utilizados para diferentes aplicaciones.
- Son independientes, y deben organizarse estructuralmente de la aplicación a la que se utiliza para tratarlos.
- Deben de tener concurrencia, ya que diferentes usuarios obtienen acceso de manera simultánea sin interferencias.

Este sistema usa lenguajes como el SQL, que es conceptual para gestionar o administrar los datos, validaciones y/o consultas. El administrador, se encarga de que el sistema se encuentre organizado, dando accesibilidad. Crea diferentes aplicaciones e interfaces para los usuarios (Cordoba, 2016).

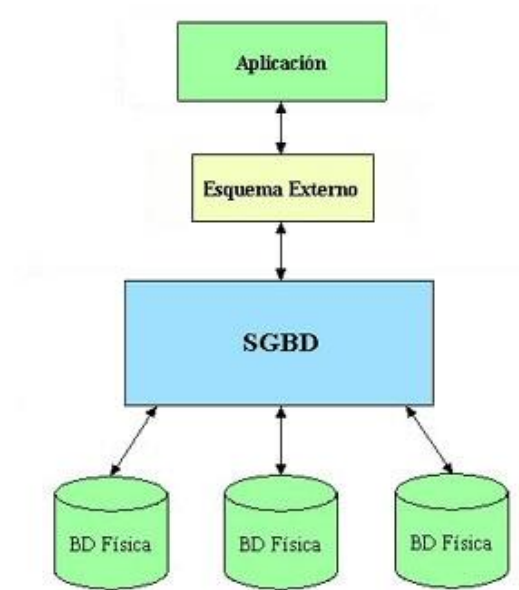


Figura 2 Base de datos sistema

Fuente: (Luismido's Wiki , 2019)

3.3. Información Geográfica

Los datos geográficos, son aquellos que se referencia geográficamente sobre la superficie terrestre, por ello la información geográfica se encuentra relacionada con estos, ya que representa la realidad que se encuentra en el territorio, con un objetivo en específico (Cordoba, 2016).



Figura 3 IG, por medio de un DG

Fuente: (Cordoba, 2016)

CAPITULO IV. HIDROLOGIA Y EL SIG

4.1. SIG y su aplicación en la Hidrología

Los Sistemas de Información Geográfica, son una herramienta básica, en la cual, gracias a las diferentes posibilidades existentes con el propósito de almacenar, administrar y análisis de información espacial de manera exacta, permite que se considera como una de las bases en la tecnología para que se puedan tomar decisiones en los campos como: geoestadística, geomarketing, ordenar el territorio, medio ambiente, entre otros (Polo, 2019).

Tras el conocimiento de lo que se dispone y de cómo se distribuye los recursos hídricos, se es necesario llevar una adecuada planeación y gestión, interviene en casos importantes como los estudios de inundaciones o gestionamiento de sequías. Realizar un estudio de este tipo es bastante complejo, por eso los SIG, permiten que esto se lleve a cabo para realizar un análisis y una evaluación (Polo, 2019).



El sistema de información geográfica, se encuentra fundamentado como se mencionó anteriormente, por ello se tiene que con la información obtenida se puede:

- Realizar una planificación.
- Realizar una gestión.
- Realizar estudios sobre inundaciones.
- Poder controlar las masas de agua superficiales.

Por lo cual se crea una base de datos, que permita generar mapas que se relacionen a nivel estatal, local o regional, con el desarrollo de tablas que asignen y re clasifiquen, permitiendo un desarrollo rápido o actualizando, para que se genere un modelo o contar con escenarios de análisis (Paradas, 2017).

4.2. Uso del SIG

Para desarrollar y aplica métodos de los modelos cartográficos, se estiman las distribuciones espaciales de las cuervas en las cuencas que no se encuentran aforadas. Tras combinarse el estudio con esta se desarrolla el modelo el cual le permite las siguientes distribuciones (Paradas, 2017):

- Uso del suelo: Se da por la tipología de la zona en la cual se encuentra realizando el estudio, este se clasifica en grupos y su denominación es del mismo (Paradas, 2017).
- Grupo Hidrológico
- Cobertura de vegetación: Se apoya en imágenes satelitales y se reclasifican en clases con dos mapas y numero primos para obtener un resultado que garantice su entrada doble. Al igual debe de contar con un ip de vegetación el cual clasifique las zonas (Paradas, 2017).
- Condición de Hidrología
- Pendiente del terreno

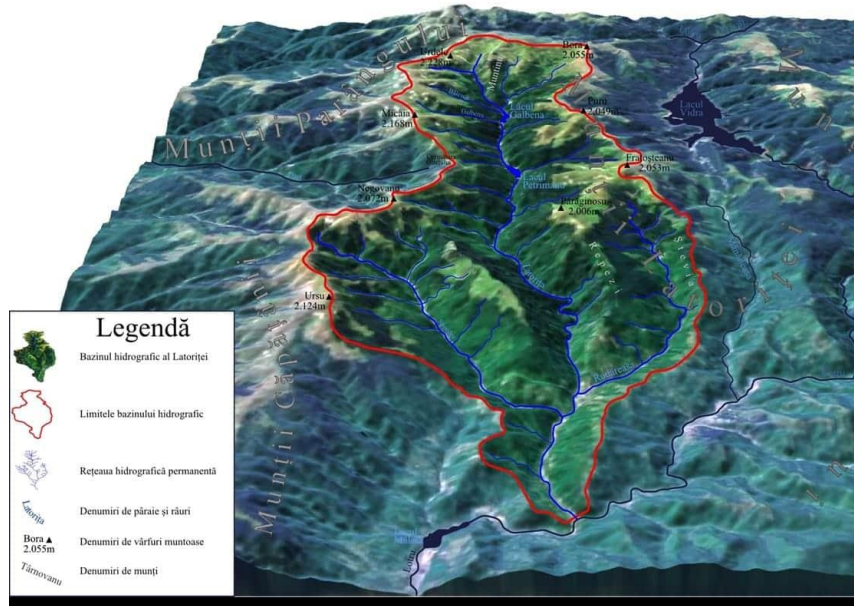


Figura 4 Mapeo Cartográfico

Fuente: (Paradas, 2017)

Después de contar con las variables que se aplican en el “álgebra de mapas” obtenidas en la operación que se realiza, se obtienen variables que se encuentran representadas a través de (Paradas, 2017):

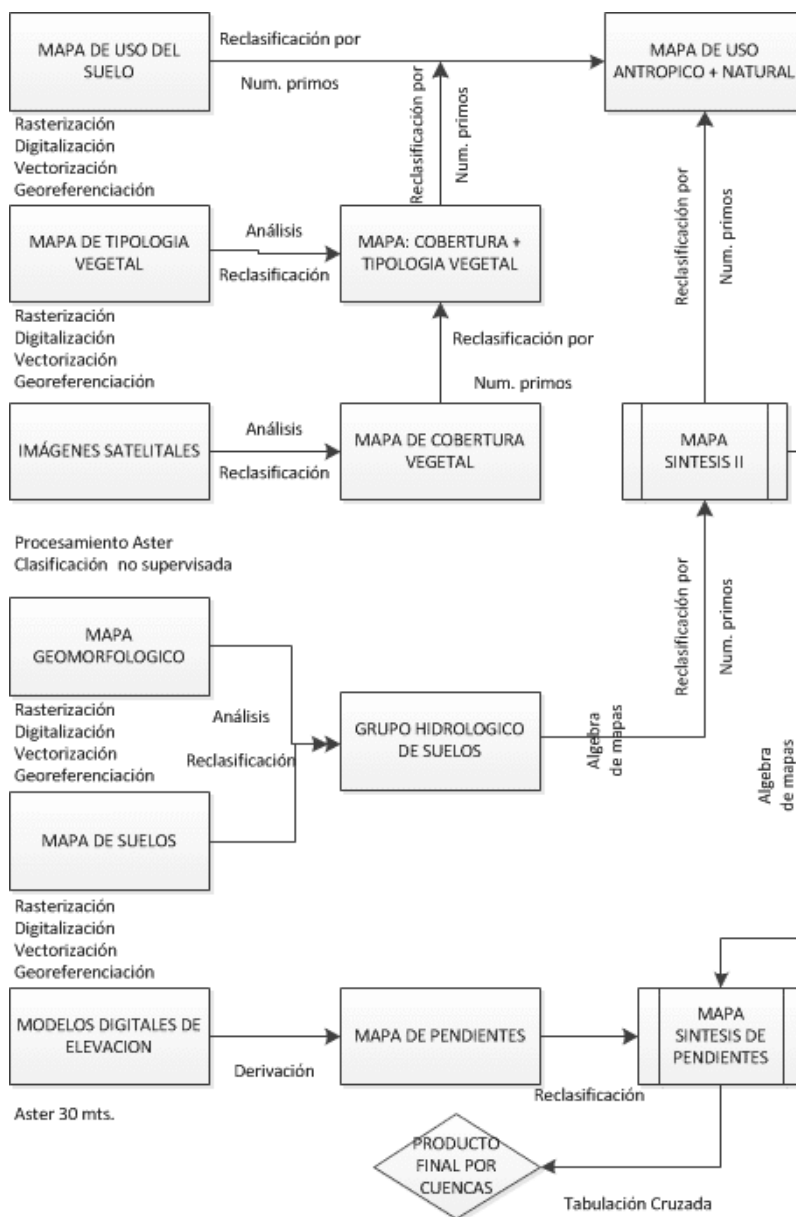


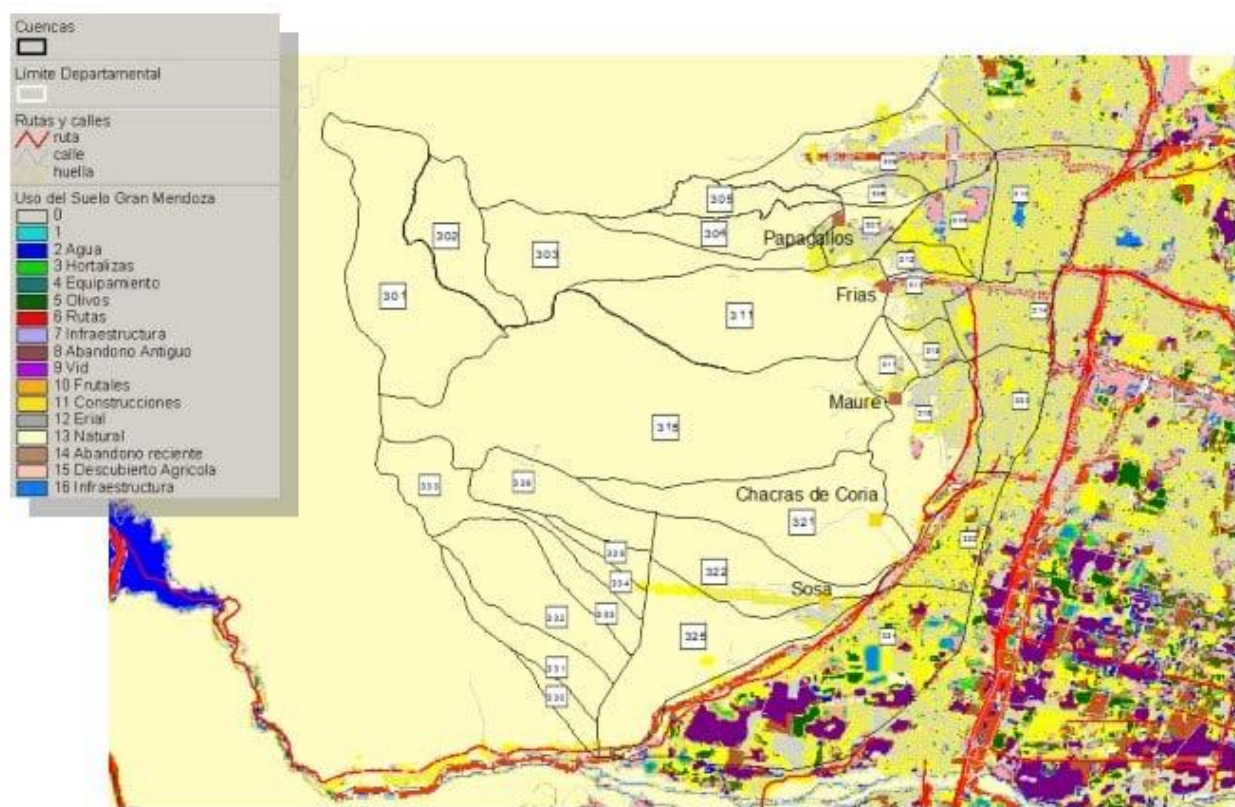
Figura 5 Variables del Mapeo

Fuente: (Paradas, 2017)



4.3. Clasificación Hidrológica de los Suelos

La clasificación sobre el potencial de escurrimiento se hace mediante la capacidad de retención que tiene de drenaje el suelo, esto efectuado por medio de mapas geomorfológicos y tipos de suelos, como el que podemos observar en la Figura 6.



F 6 Mapa geomorfológico

Fuente: (Paradas, 2017)



CAPITULO V. SISTEMA DE INFORMACIONES GEOGRAFICAS

La reciente historia de la transmisión de la técnica en áreas de información es bastante amplia, ya que, se incorpora un microcomputador en todos los sectores comerciales de investigaciones por parte del gobierno, entre otras, en contraste de la acogida de tecnología de la indagación para el recurso natural ha sido un poco más lenta. Esto se le retribuye burocráticamente a la inercia, obstrucción en cambio, falta de disposición de personal y equipos. (Hutchinson & J, 1993).

El Sistema de Información Geográfica es definido por Burrough como el “poderoso conjunto de herramientas para el respectivo almacenamiento, recolección, recuperación, transformación y exhibición de los datos espaciales que se encuentran dispuestos al mundo real”, el SIG, se apoya en el medio digital, por lo cual necesita de la informática, existiendo una base de datos que se encuentren georreferenciados y que lleve un control de errores (Burrough, 1986).

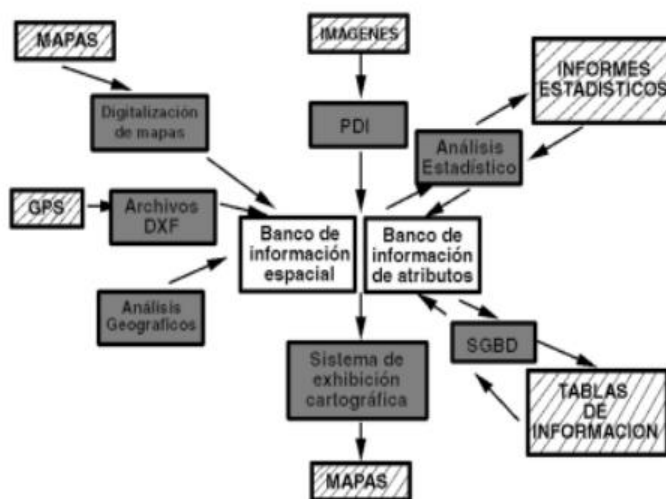


Ilustración 7 SIG integrado

Fuente: (EASTMAN, 1983)



Para poder desarrollar este tipo de acciones, es esencial disponer de una entrada y una salida que sean compatibles con los distintos formatos utilizados por el Sistema de Información Geográfica (SIG). De esta forma, los componentes que conforman el SIG se categorizan en:

- **Sistema de entrada de Datos:** Plataformas destinadas al procesamiento de imágenes de manera digital, sistemas que permiten la ubicación global, conversión de mapas a formato digital, hojas de cálculo electrónicas y análisis estadístico de datos.
- **Sistema de almacenamiento de datos:** Mapas digitales, datos alfanuméricos.
- **Sistema de análisis de datos:** Operaciones algebraicas, análisis estadístico, sistema de gestión de banco de datos.
- **Sistema de salida de datos:** Salida de mapas a una pantalla, impresora y archivos digitales.

El SIG, se considera una de las principales herramientas que analizan los sistemas, ya que el almacenamiento, manipulación, tratamiento de los datos, se aplican a modelos y procesamiento de series temporales donde se visualiza escenarios a nivel futuro (Grigg, 1996).

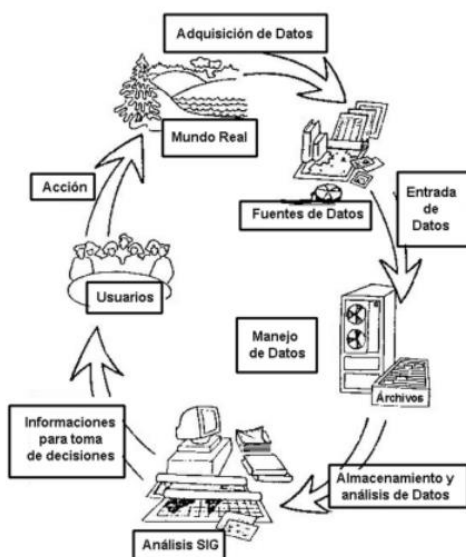


Ilustración 8 Contexto toma decisiones

Fuente: (Aronoff, 1989)

Integrar el modelo ambiente y el sistema de información geográfica, es un gran crecimiento para aquellos que se encuentran científicamente en los procesos que se llevan geológicamente en conjunto con el medio ambiente. Expandiendo cada investigación que se basara en el “SIG”, finalizando los años ochenta, se evidencia un nuevo interés por este partiendo de aquellos estudios del ambiente y el medio dando gran avance a investigaciones que se vincularon al mismo (A, 1994).

Este sistema depende de la forma en como interactúe el decisor y el analista, ya que estos son quienes interpretan los valores arrojados, poniendo en marcha la experiencia, por medio de discusiones. Justamente las comunidades y representantes sintetizan y analizan, la información y la decisión los cuales pueden afectarlos tanto a ellos como al medio que los rodea. Así los sistemas de información geográfica se caracterizan por ser el soporte para que se llegue a tomar una decisión.

Utilizando la planificación metodológica de manera participativa, de manera participativa, se aplica al desarrollo que se pueda sustentar, incluyendo al medio ambiente para tener conjuntamente una relación con el ser humano, y las comunidades, en los cuales se destaca la dimensión del espacio y tiempo, se destaca



a la “cuenca hidrográfica” como básica unidad para planificar la actividad y el servicio. En contexto, los efectos e influencias pueden ejecutarse en cualquier tipo de proyecto, para analizar el punto de vista desde la parte que será ubicado (Instituto Economía, 1997).

5.1. Historia de los SIG

Tras las últimas décadas para ser mas exactos cinco, el sistema de información geográfica evoluciona desde la ciencia. Empezando por ser un elemento rudimentario para llegar a ser una de las plataformas más grandes y comprensibles (Esri, 2023).

- **Comienzo del “SIG” – Año 1960:** Da lugar al nacimiento de computadores y conceptos como la “geografía cuantitativa y computacional”, sus inicios incluyen investigaciones importantes por parte de la comunidad estudiantil. Luego en el centro nacional de la información y análisis de la geografía se formaliza la indagación para temas claves, impulsando a la revolución cuantitativa (Esri, 2023).
- **Primer Sistema de Información – Año 1963:** Se empieza por la planificación y desarrollo del Sistema en Canadá, dando resultado al primer sistema computarizado en el mundo. Aquí Tomilson imagina la utilización de computadores que reúna todas las estadísticas del recurso natural de todo a su alrededor este pionero diseño el sistema automatizado para computadoras logrando almacenar y procesar los grandes volúmenes de datos (Esri, 2023).
- **Nacimiento del Laboratorio en “Harvard” – 1965:** Fisher crea uno de los primeros softwares para mapeo en la “Universidad North Western”, el cual, se conoce como “SYMAP”. Después de un año crea el laboratorio para gráficos a través de la computación creando así los mapas y laboratorios (Esri, 2023).
- **ESRI, Fundación – 1969:** Uno de los miembros del laboratorio y su esposa fundaron el “Instituto de investigaciones de sistemas ambientales”, aplicaban un mapeo de manera computarizada y realizaban un análisis d espacio ayudando a planificadores de territorio y aquellos que



administraban los frutos que ofrece la tierra, para tener información y así poder tomar decisiones, demostrando que se puede desarrollar muchos métodos (Esri, 2023).

CAPITULO VI. SOFTWARE DEL SIG

6.1. ArcGIS

Se trata de una serie completa de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica que opera utilizando motores que recopilan información alfanumérica y gráfica de carácter geográfico. Su alcance abarca desde el respaldo en la planificación de negocios específicos hasta la evaluación de la distribución de enfermedades en un entorno urbano. Su estructura se ha diseñado de tal manera que brinda herramientas para sistemas inteligentes de información geográfica.

Estos brindan herramientas efectivas y rápidas para que se pueda analizar la información de manera que se permitan realizar la evaluación de los factores relacionados con el ciclo del agua de manera ágil (Oceanography Web , s.f.).

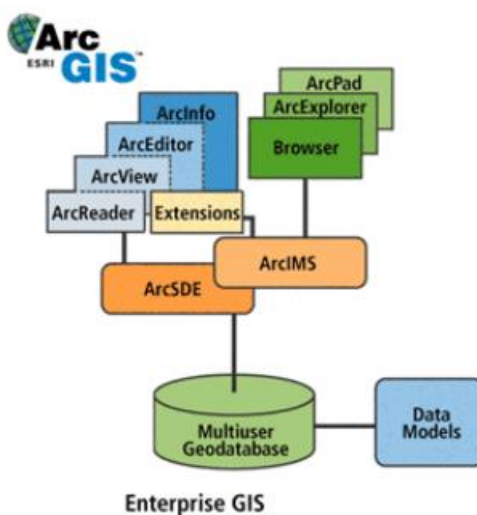


Ilustración 9 Estructura de ArcGIS



Fuente: (Oceanography Web , s.f.)

6.2. ARCHYDRO

Modelo de datos geoespacial y temporal el cual se utiliza para las aplicaciones de recursos de agua que opera y prepara los datos para que se genere la simulación hidrológica. Fue desarrollado por el “Centro de Investigaciones en Recursos del Agua” de la Universidad de Texas, en Austin.

Este funciona y utiliza componente de la herramienta “Spatial Analyst de ArcGis”. Analiza el modelo digital de elevación y permite que se estimen valores de las variables hidrológicas la cuales irán aumentando la efectividad y la precisión del estudio, con respecto a otros métodos (Velez, 2005).

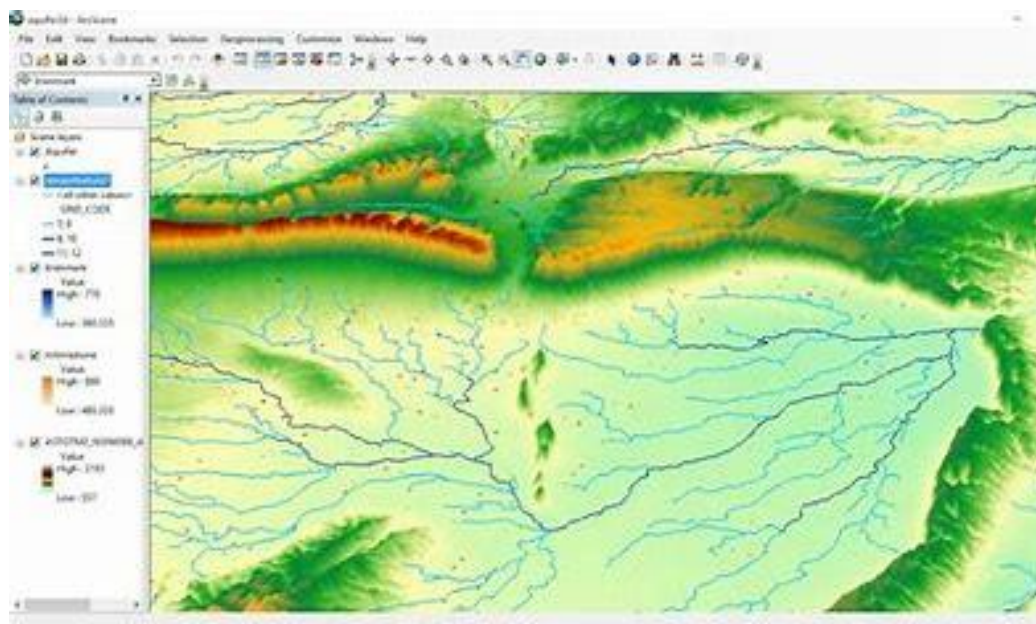


Ilustración 10 Delineación del uso del Agua Archidro

Fuente: (Bing , s.f.)



6.3. Synagraphic Mapping Technique

Es una técnica sinagráfica que elabora mapas, fue desarrollada por geógrafos y técnicos de la universidad de Harvard, era capaz de representar información espacial por medio de genera miento de gráficos por ordenador, siendo el conjunto de programas que realizaba combinación de números y letras alfanuméricas con salidas de impresión en línea. Combinando estas mismas, se imprimían en escalas de grises y representaban las “coropaletas o isopoletas”, era un elemento rustico, pero rápido para evolucionar.

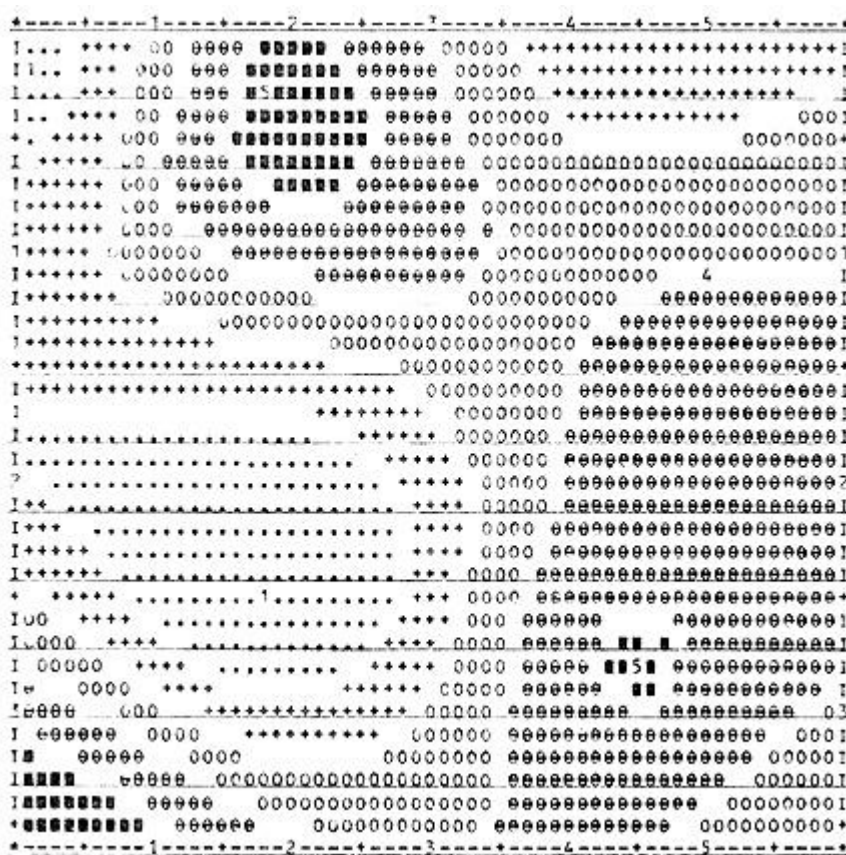


Ilustración 11 Salida con Symap

Fuente: (Cartoteca, 2006)



CAPITULO VII. TIPOS DE METODOS DE APLICACIÓN DEL SIG

La metodología para seguir a realiza el modelo es la que se muestra en la ilustración 11. Aplicándose de forma espacial.

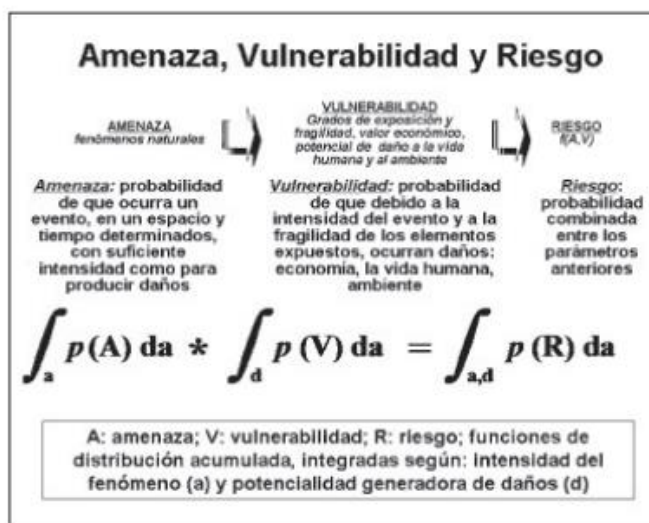


Ilustración 12 Diagrama AVR

Fuente: (Amenaza, vulnerabilidad y riesgo)

- **Riesgo:** Probabilidad de pérdida en los ingresos, debido a las amenazas o peligros que existen en la naturaleza ya sea de forma inducida o no. Se consideran las probabilidades de amenaza o las causas, del mismo modo el impacto espacial y el grado de exposición o vulnerabilidad (Diccionario de la Lengua Española , 1974).
- **Amenaza:** El nivel de ocurrencia de una situación se basa en la frecuencia histórica, para llegar a tomar decisiones, se hacen según la información que se considere que pueda estar disponible y que haga referencia a la probabilidad de maneta subjetiva (Diccionario de la Lengua Española , 1974).



- **Vulnerabilidad:** Es el valor del daño que se considera potencial para el ser humano y medio ambiente, se asocia a la probabilidad de aquel evento intenso y la fragilidad de aquello que se expone, la ocurrencia de daños en lo económico, social y ambiental (Diccionario de la Lengua Española , 1974).

7.1. Evaluaciones

Para llevar el modelo se requieren diferentes evaluaciones sobre los elementos que lo componen

- **Evaluaciones de Amenazas Naturales:** Su base de datos se fundamenta en ubicaciones potenciales y la intensidad de los eventos naturales o riesgos, así como en la probabilidad de que ocurran en un período y área específicos. Estas estimaciones se cimentan en datos científicos disponibles sobre factores como las características del suelo, registros climáticos y otros aspectos relevantes. (Amenaza, vulnerabilidad y riesgo).
- **Evaluaciones de Vulnerabilidad:** Estiman el grado que se tiene de daños que pueden causar la ocurrencia de los eventos que tengan severidad, incluye a la poblaciones, instalaciones y recursos físicos, lugares públicos entre otros. Incluye el trazo de mapas, análisis sectoriales (Amenaza, vulnerabilidad y riesgo).
- **Evaluaciones Riesgo:** Analiza las amenazas y vulnerabilidad del área integrada en el análisis y la estimación de las pedidas, después de evaluado se planifica todo lo necesario para la implementación de medidas de mitigación.
- **Reducción de la Vulnerabilidad:** Tras las amenazas naturales se pueden reducir de manera sustancial, tras introducir medidas de mitigación y no estructurales, planificando el manejo de cuencas hidrográficas que se incorporen al sistema de riesgos, manejando lo ambiental y espacial



para que se efectuó una mejora en la toma, en cuanto a la determinación del grado de vulnerabilidad en el ámbito ambiental de manera integradora y completa.

AMENAZAS		*	VULNERABILIDAD	=RIESGO
1. Naturales			Biofísica	
1.1.	Geodinámica Interna		Natural, Económica	
1.2.	Hidrometeorológicas		Cultural	
1.3.	Geodinámica Externa		Planificación de Uso	
2. Inducidas	Actividad humana		Interstitucional	
3. Antrópicas	Actividad Humana		Legal	

Tabla 2 Relación de la metodología

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VIII. APLICACIÓN DEL SIG A CUENCAS HIDROGRAFICAS

El incremento de las ciudades, manufactura y otras zonas irrigadas ha llevado a que el agua se transformará en un recurso limitado en el entorno, con respecto a calidad y cantidad. Esto llevo a crear



una lucha entre beneficiarios del medio hídrico, por medio del gabinete federal y otros mandatarios estatales para la inspección de su uso (al, 1998)

Rebouças (1997) indica que el asunto de los recursos hídricos instruye los principios como: acogimiento de las cuencas hidrográficas como una herramienta físico- territorial de planeación para el manejo de diferentes usos del agua, identificación de un recurso natural y de gran interés económico. En el modelo de crecimiento global sostenible, el recurso del agua potable es identificado como un componente ambiental socioeconómico y de mucha importancia para el mercado mundial.

Un caso evidente de la aplicación de los SIG se observa en el territorio de Sao Paulo según la ley 7663/91, donde se ha adoptado una cavidad hidrográfica como un área geográfica para la planificación y gestión. Aquí, a través de diversos comités conformados por representantes gubernamentales y miembros de la sociedad civil, se llevan a cabo planes para la utilización, preservación, protección, gestión y recuperación de los recursos hídricos

La Comisión de Cuencas Hidrográficas se encargan de discutir el despliegue y la implementación. De la tecnología SIG para ayudar en planificación, gestión, diagnóstico ambiental, análisis de impacto y monitorización de la cuenca hidrográfica.

Debido a su cualidad de congregar a la población de "usuarios", "beneficiarios" y entidades reguladoras de una cavidad hidrográfica, los Comités de Cuencas son espacios idóneos donde se abordan la introducción y aplicación de tecnología SIG con el propósito de asistir en la planificación, gestión, analizando el entorno físico, evaluaciones de impacto y supervisión de la cavidad hidrográfica.

En las siguientes imágenes se presenta ejemplos de aplicación de SIG:



Ilustración 13 modelo digital del terreno

Fuente: (Rocha, 2000)

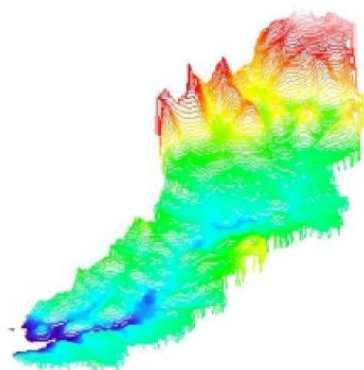


Ilustración 14 Modelo digital de elevación

Fuente: (Rocha, 2000)

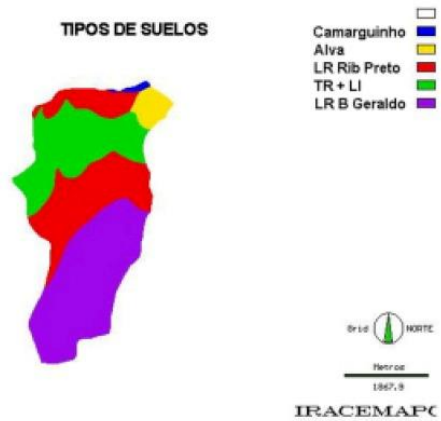


Ilustración 16 Mapa de suelos

Fuente: (Rocha, 2000)

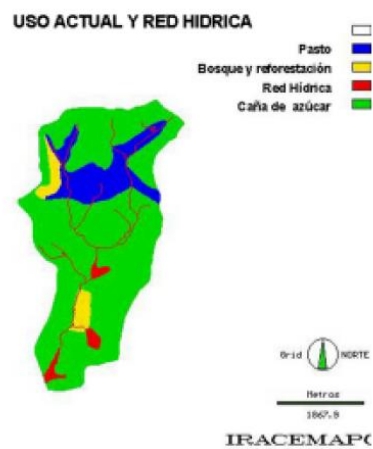


Ilustración 15 Uso de suelo y Red hídrica

Fuente: (Rocha, 2000)



(Roch)

CONCLUSIONES

- El SIG, en la geomorfología de las cuencas, establecen modelos digitales los cuales permiten establecer qué tipo de herramienta se debe de implementar para que se lleve a cabo la estimación de características de las cuencas en un tiempo menor, siendo más preciso, claro y detallado.
- Evaluando las condiciones normales del desarrollo de los cálculos que se estiman en las operaciones, se requiere una gran inversión de tiempo y trabajo en equipo, ya que el SIG, hace que estas tareas sean más rápidas y de mejor exactitud.
- Se establece el uso de herramientas informáticas y el conocimiento hacia nuevas áreas de fotogrametría digital, la cual permite de que se tengan toda la información de la investigación, clara, concisa y detallada para desarrollar los proyectos.
- Tras enfocarse sistémicamente para la planificación que se realiza de manera integrada, se implica principalmente a los utensilios brindados por la tecnología para que se integre y procesen elevadas cantidades de datos, que tienen un tema en específico de esta forma se suporta para llevar un proceso para tomar decisiones al respecto.
- Integrar información de las cuencas hidrográficas reúna de manera diversa a las corporaciones, formando una gran cantidad de personas que se benefician o usan los datos administrados siendo los típicos casos donde el sistema de información geográfica se incluya como el soporte para analizar y planificar.



- La metodología de incorporación de las variables, referente a los riesgos para manejar las “cuencas hidrográficas” ayuda a que se tomen mejores decisiones para beneficiar el ambiente, dando paso a que se analicen los riesgos que pueden convertirse en procedimientos para que se realicen planes de manejo en los mismos y se consideren modelos para realizar las zonificaciones territoriales, en lugares viables para la ejecución del plan.



REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS

- A, B. A. (1994). *Estudo da erosão na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha - Município de Iracemápolis, utilizando um sistema de informação geográfica*.
- al, C. e. (1998).
- Amenaza, vulnerabilidad y riesgo . (s.f.). *Revista Geografica de America central* .
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: a managment perspective* . Ottawa, Canada : WDL Publications .
- Bing . (s.f.). Obtenido de <https://th.bing.com/th/id/OIP.u3RVXN5nwSTiVjvcgUvp4wHaEK?w=303&h=180&c=7&r=0&o=5&dpr=1.3&pid=1.7>
- Braz, A., Pinto, P., Chavez, A., & Oliveira, I. (2020). Manejo Integrado de cuencas hidrograficas: posibles y avances en los analisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografia, Revista Colombiana de Geografia*, 69-85.
- Burrough, P. A. (1986). Oxford .
- Cairoza Diaz , J., & Oliveros Acosta , J. (2011). *Repositorio Utb* . Obtenido de <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/2342/0062676.pdf?sequence=1>
- Cartoteca, L. (Febrero de 2006). *Blog sobre mapas, geografia y visualizacion de datos*. Obtenido de <https://alpoma.net/carto/?p=119>
- Cordoba, T. M. (2016). *Hidrologia Avanzada II, Modulo I: Aplicacion de los SIG en el manejo de Cuencas Hidrograficas*.
- Diccionario de la Lengua Española* . (1974). Decimonovena edicion .
- EASTMAN. (1983). *Apaptacion SIG* .
- Esri. (2023). *Aeroterra* . Obtenido de <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/historia-de-gis>
- ESRI. (2023). *What is GIS?* Obtenido de Esri: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>
- Grigg, N. (1996). New York : McGraw-Hill Book Co .



Hutchinson, C., & J, T. (1993).

Instituto Economia, U. E. (1997). Planejamento urbano: utilização de Sistemas de Informação Geográfica - SIG na avaliação socioeconômica e ecológica - um estudo de caso. In Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas sp.

Juarez, U. A. (2020). *Geoinformatica*. Obtenido de [http://www3.uacj.mx/SC/Paginas/La-Geoinform%C3%A1tica-es.aspx#:~:text=La%20Geoinform%](http://www3.uacj.mx/SC/Paginas/La-Geoinform%C3%A1tica-es.aspx#:~:text=La%20Geoinform%20)

Liu, B. C., M-H., W. W., T-L. Tseng, Sun, Y., Chiang, A., & Chiang, P-C. (2020). Establishment and implementation of green infrastructure practice for healthy watershed management: Challenges and perspectives. *Water-Energy. Nexus*, 3.

Luismido's Wiki . (2019). Obtenido de <http://luismido.wikidot.com/bases-de-datos-relacionales>

M, A. (2021). A critical review on scale concept in GIS-based watershed management studies. *Spatial Information Research*. 29 (3).

Oceanography Web . (s.f.). Obtenido de <http://sal.ocean.washington.edu/tutorials/arcgis/intro/arcgis1.html>

Paradas, J. (26 de Abril de 2017). *Geoinnova*. Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/sig-aplicados-a-la-hidrologia/>

Polo, R. B. (27 de Junio de 2019). *Igua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/rebeca-benayas-polo/sistemas-informacion-geografica-y-aplicaciones-hidrologia-0>

Rhind. (1981). *Sistema de Informacion Geografica* .

Roch, J. V. (s.f.). *Curso Internacional de aspectos geologicos de proteccion ambiental* . Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/context-sig.pdf>

Rocha, J. V. (2000). Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/context-sig.pdf>

Saenz Saavedra, N. (1992). Los Sistemas de Infomacion Geografica (SIG) una herramienta poderosa para la toma de Decisiones. *Ingenieria e Investigacion*, 28, 31-40.

Saenz, G. M. (1999). *Hidrologia en la Ingenieria* .

Vasquez V , A., Mejia M, A., Faustino M , J., Teran A , R., Vasquez R , I., Castro A , A., & Tapia M, M. (2016). *Manejo y Gestion de Cuencas Hidrograficas* . Obtenido de Fondo Editorial : <https://fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/CUENCAS-HIDROGRAFICAS.pdf>



Velez, R. R. (2005). ARCHYDRO.