

1. HIDROLOGÍA

El municipio de Málaga cuenta con una red hídrica perteneciente a la Subcuenca del Río Servitá, el cual fluye en dirección norte - sur y recibe los aportes de varias quebradas que fluyen en dirección Sureste.(ver mapa No. 4 de Microcuencas). La mediana pluviosidad del municipio permite que todos los drenajes que conforman la red hídrica tengan flujos constantes e intermitentes.

SUBCUENCA DEL RÍO SERVITÁ

El Río Servitá nace en el páramo de San Turbán, en límites de los departamentos de Santander y Norte de Santander. Es límite entre los municipios de Málaga y Enciso, hacia el río confluyen todas las quebradas y cañadas del municipio. El río Servitá se une con el Río Chicamocha, el cual constituye la gran subcuenca del río Chicamocha, que entrega sus aguas a la cuenca del Río Sogamoso y éste a su vez entrega sus aguas a la Gran Cuenca del Río Magdalena.

Dentro del área municipal la subcuenca es alimentada por todos los drenajes que atraviesan el municipio de occidente a oriente, los cuales forman tres microcuencas (ver mapa No. 5 de Microcuencas).

El agua del Río Servitá es utilizada para actividades agropecuarias e hidroeléctrica y no apta para consumo humano debida a la alta contaminación que presenta, ya que a lo largo de su recorrido recibe desechos y aguas negras de los municipios del Cerrito, Concepción, Málaga, Enciso y San José de Miranda.

2.1 MICROCUENCA DE LA QUEBRADA EL TÉRMINO (MQT).

Nace en el extremo norte de la Vereda Pantano Grande a 3.400 m.s.n.m., desciende con rumbo suroriente hasta su desembocadura en el río Servitá a 1800 m.s.n.m., al norte de la vereda Calichal. A lo largo de su recorrido abarca una Longitud de 7.3 Kilómetros; la microcuenca ocupa una extensión de 1.069,78 Hectáreas que corresponden a un 18,77% del territorio del municipio. Los principales afluentes de la Quebrada El Término son la Quebrada Las Flores y Colorada y la cañada Potreritos, las cuales tienen dirección Oeste- Este; la Quebrada El Término constituye el límite natural entre los municipios de Málaga y Concepción.

2.2 MICROCUENCA DE LA QUEBRADA AGUA BLANCA (MQA).

Esta Quebrada nace al noroccidente de la vereda Pescadero a una altura de 3020 m.s.n.m. y desemboca en el Río Servitá a 1700 m.s.n.m. Presenta un área de drenaje de 2.338,90 Hectáreas, a lo largo de su recorrido la quebrada tiene una longitud de 6,8 Kms. Sus principales afluentes son la Quebrada Seca y la cañada Pantano Hondo, recorriendo territorios de la veredas Pescaderito, Pescadero, Buenavista, Barzal, siendo límite veredal entre ésta última y la vereda Calichal. El uso principal del agua es para uso doméstico, agricultura y ganadería.

2.3 MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA MAGNOLIA (MQM).

Esta microcuenca se forma de la unión de las Quebrada La Magnolia y La Seca, ambas quebradas nacen al occidente del municipio, a 3000 m.s.n.m en las veredas Buenavista y San Luis respectivamente; La Magnolia corre en dirección sureste y La Seca en dirección Oeste – Este, uniéndose en territorio del casco urbano sobre los 2170 m.s.n.m., la quebrada continua con dirección al oriente hasta el río Servitá, donde desemboca a 1550 m.s.n.m. La quebrada La Magnolia atraviesa el sector sur del casco urbano, donde recibe el nombre de quebrada Chorrerón o Malagueña, uniéndose a la quebrada Seca en la margen izquierda de la vía a Capitanejo (carrera 6B).

La microcuenca tiene una extensión de 1.345,67 Hectáreas que ocupan un 23,66% del territorio municipal, abarcando tierras de las veredas Buenavista, San Luis, Guásimo (sector Guásimo bajo y pequeño sector de Guásimo), Pescaderito (pequeñas áreas de los sectores Pescaderito y Pantano Hondo) y el casco urbano; la microcuenca abastece los acueductos veredales de Agua Fria, Morario y Las Flores; tiene un patrón de drenaje lineal-subparalelo.

2.4 DRENAJES DIRECTOS (D)

Existen 4 drenajes directos al río Servitá, que son pequeñas cañadas (Ojo de Agua y Hierbabuena) y pequeño sector de las Quebradas El Espinal y Chorrerón o Malagueña, localizados en territorios de las Veredas Tierra Blanca, Barzal, Guásimo (sector Tablón), Calichal, los cuales corren en

dirección Oeste - Este y ocupan una superficie de 944,55 Hectáreas, es decir un 16,57% del territorio municipal.

Tabla 1 Microcuencas (Sin drenajes directos)

QUEBRADA	NACIMIENTO m.s.n.m	ÁREA Ha	LONGITUD Kms.	DESEMBOCADURA m.s.n.m
El Término	Vereda Pantano Grande a 3.400	1.069,78	7,3	Río Servitá a 1800
Agua Blanca	Vereda Pescadero a 3020	2.338,90	6,8	Río Servitá a 1700
La Magnolia	Vereda Buenavista a 3.000	1.345,67	7,6	Río Servitá a 1550

Fuente: Estudio

2.5 MORFOMETRÍA

La morfometría se define como las formas de un sistema, cuenca hidrográfica, con todos sus elementos, es también una característica cuantitativa de diferentes rasgos propios de la superficie que se hace con diferentes números o índices numéricos.

2.5.1 Área. Es la superficie del plano cerrado dentro de la divisoria de aguas, que afecta los flujos mínimos, crecidas y corrientes medias.

2.5.2 Perímetro. El Perímetro es la medición de la línea envolvente del área.

2.5.3 Longitud Axial. Es la distancia entre la desembocadura de la Microcuenca y el punto más lejano de la microcuenca. Es también conocida como el eje de la microcuenca.

2.5.4 Ancho Promedio. Resulta de dividir el área de la microcuenca por su longitud axial

$$\text{Ancho promedio} = \frac{\text{Area}}{\text{Longitud Axial}}$$

2.5.5 Forma. Índice que es utilizado para el diagnóstico de avenidas. Se establece mediante cuatro índices, a saber: Factor Forma, Coeficiente de Compacidad, de Alargamiento y de Homogeneidad.

2.5.5.1 Factor Forma : Índice morfométrico que expresa la relación entre el ancho promedio y la longitud axial de la microcuenca.

$$F_f = \frac{\text{Ancho promedio}}{\text{Longitud axial}}$$

2.5.5.2 Coeficiente de compacidad (Kc). Es el índice que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo de área equivalente a su superficie. Está relacionado con tiempos de concentración e indican la susceptibilidad a crecidas. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$K_c = \frac{0,28 \times P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K_c : Coeficiente de compacidad

P : Perímetro

A : Área

2.5.5.3 Índice de Alargamiento : Obtenido relacionando la longitud más grande de la microcuenca con el ancho mayor, medido perpendicularmente a la dimensión anterior.

$$I_a = \frac{L}{I}$$

Donde :

I_a : Índice de Alargamiento

L : Longitud máxima de la cuenca

I : Ancho Máximo (tomado perpendicularmente a la dirección anterior)

2.5.5.4 Índice de Homogeneidad : Obtenido relacionando el área de la cuenca con la de un rectángulo que tiene por eje mayor la longitud máxima de la cuenca y por eje o lado el ancho máximo de la cuenca.

$$I_h = \frac{S}{S_z}$$

Donde :

I_h : Índice de Homogeneidad

S : Area de la cuenca

S_z : Superficie del Rectángulo con dimensiones :

L = Longitud de la cuenca

P = Ancho Máximo de la cuenca

2.5.6 Densidad de drenaje (Dd). Está definida en la relación de la longitud total de todos los drenajes de la cuenca y el área de la cuenca.

$$Dd = \frac{\text{Longitud Total (Km)}}{\text{Area total (Km}^2\text{)}}$$

Con este índice se puede determinar la disponibilidad de agua o “textura de drenaje”, poder de la erosión de la red, control geológico y potencialidad del mismo.

2.5.7 Pendiente (Pm). Está relacionada con el nacimiento del agua en la cuenca, ya que afecta directamente la escorrentía, el agua del suelo nivel freático y la infiltración. Desde el punto de vista físico, depende en alto grado la zonificación de áreas para uso y manejo.

Se utiliza la siguiente fórmula, para cada una de la microcuencas:

$$Pm = \frac{\text{Cota nacimiento – Cota desembocadura}}{\text{Longitud total}}$$

2.5.8 Orden. Definida como la primer ley de Horton, denominada ley de número de orden o ley de orden de afluentes. “Este sistema de numeración de cauces debe hacerse ascendentemente, de los arroyos que no reciben ningún tributario los cuales se codificarán con el número 1 hasta el cauce principal que será el de mayor orden. Cuando dos afluentes del mismo orden confluyen formarán uno de orden superior. Cuando dos afluentes de diferente orden confluyen el orden no variará”.

2.5.9 Elevaciones o Altitud de la microcuenca. Se han establecido dos (2) métodos principales para la determinación del valor de las altitudes de la microcuenca.

2.5.9.1 Elevación Media: Es el factor físico que facilita el análisis del movimiento del agua en una cuenca, ya que la altitud está directamente relacionada con la precipitación y la temperatura. La altitud media se obtiene midiendo en el mapa de microcuencas el área abarcada de pares sucesivos de curvas de nivel, es decir, se determina el área entre una curva de nivel y la siguiente. Una vez medidas todas las superficies entre las diversas curvas de nivel se emplea la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\sum a \times e}{A}$$

Donde

E = Elevación media

\sum = Sumatoria

a = Área entre un par de curvas de nivel dado

e = Rango entre curvas de nivel

A = Área de la microcuenca

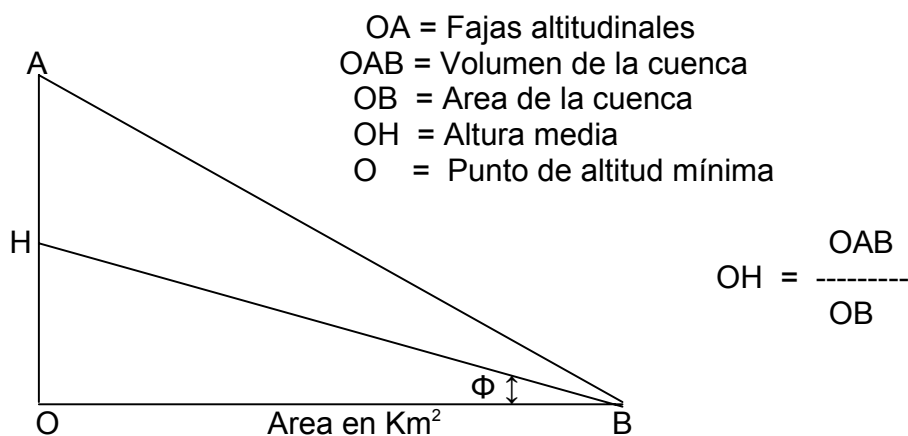
2.5.9.2 Mediana de Altitud : Determinada por medio de una curva hipsométrica, la cual se obtiene de la siguiente manera : En un sistema de coordenadas, en el eje de las abscisas se coloca el porcentaje de área acumulada en cada isohipsa (curva de nivel), o las longitudes proporcionales a las superficies acumuladas proyectadas entre isohipsas consecutivas y en las

ordenadas, se coloca la altitud de cada una de las isohipsas o fajas altitudinales. En la mitad del eje de las abscisas se levanta una perpendicular que corta la línea de perfil de la microcuenca en un punto X, a partir de ese punto se traza una línea paralela al eje de las abscisas que corta el eje coordenado en el punto Y, el valor que se lee en el punto Y es el valor de la MEDIANA DE ALTITUD de la Microcuenca.

2.5.10 Altura media

La altura media es un factor que contribuye a evaluar las características del relieve y su relación con la erosión. Se calcula teóricamente dividiendo el volumen total del relieve de la cuenca por la superficie proyectada de esta.

Para calcular la altura media de la cuenca, primero se establece su curva hipsográfica, que se presenta a continuación



2.5.11 Relieve Interno. El relieve de la cuenca se define mediante tres índices denominados:

- Coeficiente de masividad
- Coeficiente Orográficos
- Índice de pasividad

El coeficiente de masividad es el cociente de la división de la altura media de este relieve por su superficie proyectada, este cociente da el valor de la tangente del ángulo Φ ; es decir, $Tg \Phi =$ Coeficiente de pasividad.

El coeficiente orográfico es la combinación que se efectúa entre la altura media de las cuencas y su coeficiente de pasividad, se expresa por:

$$Co = H \times Tg \Phi$$

Este coeficiente combina las dos variables esenciales del relieve: su altura, que influye sobre la energía potencial del agua, y su pendiente la cual ejerce una acción sobre la escorrentía cuyo efecto completa las producidas por las precipitaciones.

El índice de pasividad relaciona el porcentaje de superficie de curva situado por encima de una altitud dada y el porcentaje de altitud situado por encima de un nivel de base escogido.

2.5.12 Orientación de la Cuenca

La orientación de la cuenca determina la cantidad de sol que recibe durante el día y el ángulo de los rayos solares sobre la misma.

Las cuencas con orientación N-S son aquellas donde el cauce principal corre hacia el norte o hacia el sur, no reciben insolación uniforme en las dos

vertientes durante todo el día; las cuencas con orientación E-W son aquellas donde el cauce principal corre hacia el este o el oeste, reciben insolación en las dos vertientes durante todo el día.

2.5.13 Erosividad. La degradación del suelo se calculo por medio de la siguiente expresión :

$$E = 2.65 \times \log (P^2/P) + 0.46 \times \log x \tan\alpha - 1.56$$

Donde :

E : Erosión de suelo o degradación específica

Log : Logaritmo

P^2 : Participación del mes de máxima pluviosidad

P : Altura media de las precipitaciones anuales

H : Altura media de la cuenca

$\tan\alpha$: Coeficiente de Masividad

2.5.14 Índices Hidrológicos. Son los índices que indican la disponibilidad de agua, se expresan mediante el índice de densidad de drenaje (ID), el índice de frecuencia de drenaje (IR) e índice de disponibilidad de agua (IJ).

- **El índice de densidad de drenaje (ID).** Relaciona la longitud de todos los ríos de una cuenca con su superficie.

$$ID = LT/A$$

Siendo LT Longitud total de los ríos en kilómetros y A= área de la microcuenca en Km². Este índice representa cuántos kilómetros de río hay en promedio por cada km² en las microcuencas.

- **El índice de ríos o de frecuencia de drenaje (IR).** Llamado índice de Horton, el cual relaciona el número total de drenajes de primer orden en una cuenca con su superficie.

$$IR = Nr / A$$

Donde

Nr = Número de drenajes de primer orden

A = Área de la microcuenca en Km²

Mostrando este índice cuántos drenajes de primer orden en promedio hay en un Km² de microcuenca.

- **Índice de Disponibilidad de agua (IJ).** Relaciona la densidad de drenaje con la frecuencia de los mismos en el área de una microcuenca, estableciendo su potencialidad de agua. Este índice se establece mediante la siguiente relación:

$$IJ = \frac{3 \times I'D + I'R}{4}$$

Siendo

I'D % = $(ID/\Sigma ID) \times 100$ = Índice de drenaje sobre la sumatoria de todos los índices de drenaje por cien.

I'R % = $(IR/\Sigma IR) \times 100$ = Índice de frecuencia sobre la sumatoria de todos los índices de frecuencia por cien.

Los resultados de estos índices se presentan en forma ordenada en la tabla No. 4 El total del Municipio cuenta con 66,32 Km² de área, con 43.8 kms de

longitud de drenaje en las microcuencas y 71 Kms de longitud de drenajes directos. Las Microcuencas con mayor disponibilidad de agua son Las Cabras, Las Guimes y La Flecha. En general todas las veredas tienen buena disponibilidad de aguas.

2.5.15 Clasificación de los sistemas de drenaje . Se realizó con base en la clasificación de sistemas de drenaje de Schumm, el cual da el orden número Uno al escurrimiento menor, o sea, aquel que no pasa de ser tributario o talweg elemental. El de segundo orden se forma de la unión de los afluentes de primer orden. En la confluencia de los cursos de segundo orden, comienza uno de Tercer orden, que puede él mismo tener otros afluentes de segundo y tercer orden, etc.

EL DRENAJE PRINCIPAL DE LA MICROCUENCA TIENE EL ORDEN MAS ELEVADO.

2.5.15.1 Relación de Confluencia : Es la relación del número total de drenajes de un cierto orden, a la de drenajes de orden inmediatamente superior. Se calculó utilizando las siguientes fórmulas.

$$Rb = \frac{Nx}{Nx - 1} \qquad N = \frac{rb \times S - 1}{rb - 1}$$

Donde :

rb : Relación de Confluencias N : Número total de drenajes

S : Orden Talweg

Longitudes Medias : Relación que existe entre la longitud media de un drenaje de un orden dado y la de los drenajes del orden inmediatamente inferior, calculada con la formula :

$$rl = \frac{lx}{lx - 1}$$

Donde :

Lx : Longitud media de los drenajes de orden X

rL : Relación de su longitud

A continuación se presentan los principales aspectos morfométricos de las tres Microcuencas del municipio.

ASPECTOS MORFOMETRICOS	GRAN SUBCUENCA DEL RIO CHICAMOCHA		
	SUBCUENCA DEL RIO SERVITÁ		
	Microcuenca Q. El Término	Microcuenca Q. Agua Blanca	Microcuenca Q. La Magnolia
Area (Hectáreas)	1.069,78	2.338,90	1.345,67
Perímetro (Kms)	18,1	23,3	24,3
Longitud Axial (Km)	6,3	6,47	7,3
Ancho Promedio (Km)	1,73	4,61	2,31
Factor Forma	0,27	0,71	0,32
Coefficiente de Compacidad	1,55	1,20	1,67
Indice de Alargamiento	3,02	1,44	2,89
Indice de Homogeneidad	0,78	0,88	0,51
Elevación Media	191,70	187,97	186,36
Mediana de Altitud	2580	2410	2310
Pendiente	36%	25,53%	24,61%

	GRAN SUBCUENCA DEL RIO CHICAMOCHA		
	SUBCUENCA DEL RIO SERVITÁ		
ASPECTOS MORFOMETRICOS	Microcuenca Q. El Término	Microcuenca Q. Agua Blanca	Microcuenca Q. La Magnolia
Altura Media (Mt)	800	900	837,5
Coefficiente de Masividad	0,2371	0,0808	0,1369
Erosividad	0,94	1,134	1,03
Orientación	Oeste - Este	Oeste - Este	Oeste – Este
Relación de Confluencia	4	3,14	4,13
Longitudes Medias	0,76	5,75	2,24
Densidad de Drenaje	1,87	1,65	1,96