

# EL METABOLISMO URBANO EN LA DISTRIBUCIÓN DEL CICLO HÍDRICO Y DE LA SUPERFICIE DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ

**Laura Carolina Rodríguez Hernández, Laura Yolima Solano Jiménez.**

Programa de ingeniería civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia  
Bogotá D.C., Colombia

*ABSTRACT: The purpose of the following project is to analyse the precedents regarding exploitation of hydric sources in Zipaquirá. This analysis takes into account all basins which supply the hydric sources. The exploitation basin resources are studied in order to optimize their use and suggest a solution which mitigates the impact caused by the wrong management of them. This research is based on the urban metabolism parameters which focuses on finding an equilibrium between the natural environment and civil development. The urban metabolism uses civil development as a control method for the lack of distribution in the hydric cycles and for the superficial soil exploitation.*

*Resumen:* La investigación presentada a continuación busca analizar los antecedentes de explotación de las fuentes hídricas del municipio de Zipaquirá, teniendo en cuenta las cuencas que lo abastecen, además de indagar y examinar sobre la explotación de los recursos de la superficie del suelo de la misma con el objetivo de optimizar el uso de los recursos y plantear una solución para mitigar el impacto que ha causado el mal manejo de estos. Lo anterior en base a lo propuesto por los parámetros del metabolismo urbano, el cual se centra en buscar un equilibrio entre el entorno natural y el desarrollo civil, utilizando este como medio de control para la deficiencia en la distribución de los ciclos hídricos y para la explotación superficial del suelo.

*Palabras claves:* ciclo hidrológico, cuenca, escorrentía, impermeable, infiltración, metabolismo urbano, permeable.

## ***I. INTRODUCCIÓN***

Durante siglos de evolución el hombre ha utilizado los recursos que proporciona la biosfera para su beneficio, desarrollo y supervivencia, dichos recursos, propios de la hidrósfera (agua) la litosfera (tierra) y la atmosfera (aire) los cuales comprenden los elementos fundamentales para la correcta adaptación y la preservación de la especie humana. No obstante, el aprovechamiento de los recursos naturales, con el paso del tiempo se ha convertido más en una explotación desenfrenada en lugar de ser un simple beneficio y es así como el hombre ha destruido a su paso con el clima ambiental y ha roto este equilibrio, factores como: la contaminación, el deterioro de la capa de ozono, el agotamiento de los recursos hídricos, de fauna y flora entre otros, son producto de este desenfreno.

Es por esto que durante las últimas décadas (1990 en adelante) se ha retomado y trabajado sobre el concepto que hoy es conocido como “metabolismo urbano” el cual se entiende como el equilibrio que debe existir entre el ecosistema y el desarrollo urbano, basado en el intercambio de materia, energía, e información entre los asentamientos y el ambiente natural. Dicho principio a su vez determina y busca equilibrar las exigencias de materias primas que el hombre requiere y el impacto que la utilización de estas tiene para el ecosistema, con el fin de lograr un aprovechamiento sano de los recursos, evitando el máximo el

impacto ambiental y beneficiando también el desarrollo de la vida cotidiana.

Es importante resaltar que cualquier territorio apto para la explotación de recursos debe considerar en primera instancia las políticas del sostenimiento ambiental para la correcta utilización del medio, con base en esto el presente estudio analizarán los antecedentes de la explotación de los recursos de la superficie del suelo del municipio de Zipaquirá y el manejo de los ciclos hídricos en el mismo, con el fin de optimizar el uso de los recursos y plantear una solución para mitigar el impacto que ha sido causado por el mal manejo de estos, tomando en cuenta que el desarrollo desproporcionado de los cascos urbanos y de las zonas industriales han sido los principales desencantes de dichas afectaciones .

## ***II. METODOLOGIA.***

Como primera medida para el desarrollo del proyecto fue necesario delimitar el territorio del municipio el cual cuenta con una superficie de 198530394,71 m<sup>2</sup> seguidamente de acuerdo con el P.O.T. de este se realizaron los cálculos de las coberturas por áreas de acuerdo a su uso: zona industrial, zona residencial, zona rural, zona vial y zona central para los años: 1998, 2001 y 2013, además de establecer las áreas permeables e impermeables, lo anterior teniendo en cuenta el tipo de zona. Posteriormente, para realizar el estudio del ciclo

hidrológico referente a precipitaciones y caudales fue necesario recurrir a la información hidrometeorológica del municipio la cual se encuentra adjunta en la página oficial de la C.A.R. Con los datos obtenidos fue posible dividir la superficie del municipio de acuerdo a sus dos principales cuencas ( cuenca de Río frío: estación de Ventalarga y cuenca de Río negro: estación Zipaquirá) extrayendo de las tablas los datos de las precipitaciones y caudales para cada cuenca y año, Cabe resaltar que las precipitaciones debieron ser adaptadas a medición volumétrica, debido a que estas fueron obtenidas en el formato original en mm. Finalmente el caudal fue utilizado para determinar el volumen de agua por cuenca.

Luego de realizar dichos estudios, se procedió a investigar sobre los diferentes modelos de infiltración con el objetivo de determinar el más apropiado para las características y requerimientos del municipio, tomando como referencia artículos anexos en “Natural Resources Conservation Service soilse”; adicionalmente se extrajo información de “SWMM, modelo de gestión de aguas pluviales” y del libro “hidrología en la ingeniería”. Escogiendo finalmente el modelo de numero de curva como opción para determinar a infiltración y la escorrentía.

#### **4.1. DIAGNOSTICO EN EL CAMBIO DE LOS MODELOS DE DESARROLLO PLANES DE**

### **ORDENAMIENTO O USOS DE SUELO EN EL MUNICIPIO.**

El municipio se divide en zona rural y zonas urbana, con respecto a la zona urbana del municipio se delimita por cuatro áreas, la primera corresponde a la tradicional cabecera, en el cual se encuentra ubicado el centro histórico del y sector comercial; la segunda se encuentra Villas del Rosario donde encontramos zonas de viviendas; la tercera se encuentra la Paz-Santa Isabel en la que encontramos toda la zona industrial que al paso de los años se ha expandido llegando al punto de tomar áreas que estaban previstas para uso agrícola en la entrada del municipio; por ultimo encontramos el sector de Barandillas en el que se tienen usos de suelos en agricultura, vivienda, industria.

Para el suelo de expansión en el municipio se encuentran áreas destinadas delimitadas en: Algarra-San Rafael uso de vivienda; la fraguita para uso de vivienda de interés social.

En la zona rural se tienen todos los usos que corresponden agrícolas, pecuarios, forestales, minero, agroindustriales. Se encuentran también centros poblados rurales en los que se tienen sistemas estructurales,

servicios públicos, vías, espacios públicos. Los centros poblados se establecen como caseríos con veinte o más viviendas.

En esta zona también se encuentra el uso suburbano en el que se

denominan las áreas que mezclan el uso del suelo (campo y vivienda).

#### 4.2. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS PRESENTES EN EL MUNICIPIO.

La ramificación de la cordillera occidental, da nacimiento a importantes quebradas de apacible caudal. Al este, es poco rica la hidrografía por ser esta la parte plana del municipio y la más seca.

Principales Ríos de Zipaquirá:

- I. Al norte: El río Neusa, el cual nace en el Páramo de Guerrero y atraviesa la Vereda de Riofrío con dirección nordeste. Al sur: El Río Frío
- II. Al oriente: El río Tibitó Al occidente: El Juratena La parte plana del municipio la riegan los ríos Neusa y Tibitó (que después se llama Funza o Bogotá).

Quebradas:

- I. Al norte: Alizal, Versalles, Quiroga, Pescadero, La Calera, Los Coclés y el Tejar.
- II. Al oriente: Quebrada Honda, Del Mortiño, Los Laureles, (La Fuente), Chitagá, La Amarilla, La Toma y Susagua.
- III. Al Occidente: Pantano largo, El Carrizal, Rodamontal, la Arteza, El Rionegro o Tosagua, llamado

en su nacimiento La Tibia y El Tejar o Uricia.

- IV. Al sur: El Hornillo, El Gavilán o Chitagua, Aguaclara, Guabal, la Colorada y el Salitre.

En el documento se menciona el río negro el cual es abastecido por diferentes quebradas, pero lastimosamente a través del tiempo por el uso inadecuado por parte de la comunidad este se ha convertido en un canal de paso de aguas contaminadas, ya que es un río que pasa por el sector del casco urbano del municipio.

### III. FIGURAS Y TABLAS

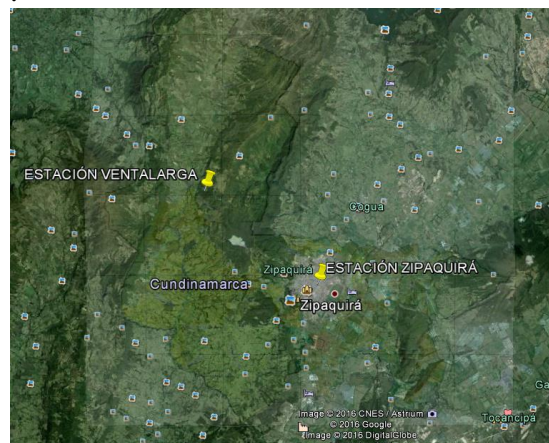


FIGURA 1. municipio de Zipaquirá

CUE NCA	ZONAS	1998	2001	2013	2016	TOTAL
RIO NEGRO	1 ZONA INDUSTRIAL	0,774	1,113	1,806	2,748	11
	2 ZONA CENTRO ADOQUINADA	0,012	6,916	10,768	10,768	222
	3 ZONA VIVIENDA	3,485	6,142	8,548	11,443	49
	4 ZONA VIAL	1,936	2,619	4,069	6,997	27
	5 OTROS	93,792	83,209	74,809	68,044	91
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>400</b>
RIO FRIO	6 VEREDA PARAMO DE GUERRERO	40,7	40,7	40,7	40,7	163
	7 VEREDA EMPALIZADO	3,2	3,2	3,2	3,2	13

8	VEREDA VENTA LARGA	14,1	14,1	14,1	14,1	56
9	VEREDA SAN ISIDRO	12,3	12,3	12,3	12,3	49
10	VEREDA RIO FRIO	6,2	6,2	6,2	6,2	25
11	VEREDA BARRO BLANCO	14,1	14,1	14,1	14,1	56
12	VEREDA SAN JORGE	9,4	9,4	9,4	9,4	38
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>400</b>

**TABLA 1.** Porcentaje de áreas ocupadas por cuencas.

CUENCA	% DE PEMEABILIDAD	
	AREA PERMEABLE	AREA IMPERMEABLE
RIO NEGRO	0,5	1,58
	7,53	3,23
	9,87	2,45
	0,2	6,56
	68,26	5,65
<b>TOTAL</b>	<b>86,36</b>	<b>19,47</b>
RIO FRIO	28,56	11,2
	1,3	0,4
	10,32	2,58
	9,17	2,89
	4,5	1,7
	8,58	1,24
<b>TOTAL</b>	<b>70,03</b>	<b>22,8</b>

**TABLA 2.** Porcentaje de permeabilidad

CUENCA	% PRECIPITACION		
	1998	2001	2013
RIO NEGRO	47,2181192	20,4332841	32,3485968
RIO FRIO	35,5378486	24,7410359	39,7211155

**TABLA 3.** Porcentaje de precipitación

CUENCA	% INFILTRACION			% ESCORRENTIA		
	1998	2001	2013	1998	2001	2013
RIO NEGRO	27,211	0,416	12,339	20,007	20,017	20,010
	27,191	0,365	12,308	20,027	20,068	20,041
	27,247	0,504	12,392	19,971	19,929	19,957
	27,191	0,365	12,308	20,027	20,068	20,041
	27,255	0,524	12,404	19,963	19,909	19,945
RIO FRIO	21,211	10,395	25,399	14,327	14,346	14,322
	21,236	10,432	25,421	14,301	14,309	14,300
	21,241	10,438	25,425	14,297	14,303	14,296
	21,241	10,438	25,425	14,297	14,303	14,296
	21,236	10,432	25,421	14,301	14,309	14,300
	21,300	10,526	25,478	14,238	14,215	14,243
	21,300	10,526	25,478	14,238	14,215	14,243

**TABLA 4.** Porcentaje de infiltración y escorrentía.

#### IV. REFERENCIAS BLIOGRÁFICAS.

**Agency), EPA ( Environmental Protection. 2005.** SWMM. [En línea] 2005. [Citado el: 27 de abril de 2016.]  
file:///C:/Users/Personal/Downloads/Manual\_SWMM5vE%20(1).pdf.

**Agriculture, United States Department of. 2013.** Natural Resources Conservation Service. [En línea] 2013. [Citado el: 15 de marzo de 2016.]  
[http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/maps/?cid=nrcs142p2\\_053589](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/maps/?cid=nrcs142p2_053589).

**Alcaldia de Bogota, Secretaria de Ambiente. 2011.** SISTEMA URBANOS DE DRENAJE. [En línea] 2011. [Citado el: 27 de abril de 2016.]  
<http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73754/Sistema+Urbanos+de+Drenaje+Sostenible>.

**Alcaldia municipal de Zipaquirá. 2015.** sitio oficial de Zipaquirá en Cundinamarca, Colombia. [En línea] 2015. [Citado el: 20 de noviembre de 2015.] [http://www.zipaquirá-cundinamarca.gov.co/documentos\\_municipio.o.shtml?apc=bfx-1-&r=Medio%20Ambiente](http://www.zipaquirá-cundinamarca.gov.co/documentos_municipio.o.shtml?apc=bfx-1-&r=Medio%20Ambiente).

**Alcaldia Municipal de Zipaquirá, secretaria de Planeacion. 2013.** *Mapa de areas de actividad del suelo.* Zipaquirá : s.n., 2013.

**Alvarez, Cristian Julian Diaz. 2011.** Metabolismo de la ciudad de bogota. Una herramienta para el analisis de la sostenibilidad ambiental urbana. [En línea] 2011. [Citado el: 22 de febrero de 2016.]  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/4991/>.

**Alvarez, Cristian Julian Diaz. 2011.** Metabolismo de la ciudad de bogota. Una herramienta para el analisis de la

sostenibilidad ambiental urbana. [En línea] 2011.  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/4991/>.

**2010.** blogspot. [En línea] 2010.  
<http://metabolismourbanopmfs1.blogspot.com.co/>.

**E.S.P, Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá. 2015.** EAAAZ. [En línea] 2015.  
[http://eaaaz.com.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108&Itemid=486](http://eaaaz.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=486).

—. **2015.** EAAAZ. [En línea] 2015. [Citado el: 15 de noviembre de 2015.]  
[http://eaaaz.com.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=109&Itemid=487](http://eaaaz.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=109&Itemid=487).

**Montserrat , Ferrér, Rodríguez, Joaquín y Estrela, Teodoro. 1995.** GENERACIÓN AUTOMÁTICA DEL NÚMERO DE CURVA CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. [En línea] diciembre de 1995. [Citado el: 25 de abril de 2016.]  
<http://www.ingenieriadelagua.com/2004/download/2-4%5Carticle3.pdf>. 4.

**PASTRANA, SERGIO ANDRÉS LAVAO. 2014.** APLICACIÓN DE LA TEORÍA DEL NÚMERO DE CURVA (CN) A UNA CUENCA. *bitstream.* [En línea] julio de 2014. [Citado el: 23 de abril de 2016.]  
<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13331/1/Trabajo%20de%20Grado%20Sergio%20Lavao.pdf>.

**Sáenz, Germán Monzalve. 1999.** *Hidrología en la Ingeniería.* Bogota : Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999.

**Secretaria de Planeacion, Municipio de Zipaquirá. 2013.** *Mapa de Areas de Actividad*

*en Suelo Urbano y de Expansion Urbana.*  
Zipaquirá : s.n., 2013.

—. **2003.** *Mapa de Detalles de suelos.*  
Zipaquirá : s.n., 2003.

**Secretaria de Planeacion, Municipio De Zipaquirá. 2003.** *Mapa de Detalles del Suelo de Proteccion .* Zipaquirá : s.n., 2003.

—. **2003.** *Mapa Sintesis Estructura Urbana.*  
Zipaquirá : s.n., 2003.

*Soil Quality Indicators: Infiltration. Sheet, Soil Quality Information. 1998.* 1998, USDA Natural Resouces Conservation Service, págs. 1-2.

*The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design.*  
**Kennedy, c, Pincetl, S y Bunje, P. 2011.** 2011, Environmental Pollution, págs. 1964-1973.

**Zipaquira, Alcaldia municipal de. 2015.** sitio oficial de Zipaquira en Cundinamarca, Colombia. [En línea] 2015. [Citado el: 29 de febrero de 2016.] [http://www.zipaquira-cundinamarca.gov.co/documentos\\_municipio.shtml?apc=bfx-1-&r=Medio%20Ambiente](http://www.zipaquira-cundinamarca.gov.co/documentos_municipio.shtml?apc=bfx-1-&r=Medio%20Ambiente).

## 1. **CONCLUSIONES.**

- En base a los resultados obtenidos referentes a los cálculos de las áreas es posible afirmar que en el municipio se han construido zonas industriales en lugares no aptos para el desarrollo de estas, acaparando espacios destinados para otro tipo de uso como: industria de baja producción, urbanizaciones y campos agrícolas.

Lo anterior es sustentado con base a los porcentajes obtenidos los cuales muestran un valor de cobertura de área del 2,748% para la zona industrial esto muestra que se está excediendo el límite en un 0,942% ya que la zona industrias debería ocupar el 1,806% del área de cobertura.

- De acuerdo a lo registrado y analizado en el POT del municipio se puede concluir que el desarrollo y la expansión del territorio no ha sido acorde a lo propuesto en este documento, en especial en las zonas de expansión calificadas en el desarrollo del trabajo como otras, las cuales muestran porcentajes desiguales en distribución de hectáreas con valores de: 93,792% para el año 1998, 83,209% año 2001, 74,809% año 2013 actual mente se tiene un 68,944%.
- En relación a los resultados óptenos correspondientes a las zonas de vivienda es posible concluir que estas han tenido un incremento positivo y un buen manejo de los territorios aptos para las construcciones de estas, las cifras mostraron que actualmente esta área ocupa un valor total del 11,443% estando está prevista para ocupar un 12,47% del territorio del municipio.
- Luego de realizar el análisis de las cuencas es posible afirmar que la correspondiente a rio frio es la principal abastecedora de agua del

municipio, dado que esta se encuentra en el territorio rural del municipio en contraste, la cuenca de río negro ha tenido un mal manejo y poco control, dado esta contiene agentes contaminantes producto de los desechos del casco urbano.

- Al revisar los estudios de las zonas se encontró que el POT del municipio no son muy pocas las reformas que se han hecho al paso del tiempo.
- Luego de realizar los estudios referentes al ciclo hidrológico fue posible concluir que el municipio tiene un plan adecuado para la infiltración con respecto al área rural (paramo veredas etc.) sin embargo, el ciclo hidrológico en la parte urbana ha sido deficiente por el mal uso de las cunecas y quebradas que pasan en el municipio siendo estas aguas contaminadas.
- Finalmente es posible afirmar que una solución viable para mitigar el impacto ambiental generado por el mal manejo del ciclo hidrológico es la implementación de pavimentos ecológicos, de muros vegetales plantados, sistema Green Living Technologies, sistema de paneles modulares y techos verdes, todo lo anterior con el objetivo de recuperar el ciclo natural del agua