

ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO DE LA QUEBRADA PADRE DE JESÚS, DESDE LA VEREDA FÁTIMA HASTA SU CANALIZACIÓN EN LA AVENIDA CIRCUNVALAR DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

The physical and chemical study of the Padre de Jesús broken from the sidewalk Fátima to channeling circunvalar on the avenue of the city of Bogotá

Omar Francisco Patiño Silva^{1} e Ismael Osorio Baquero^{2†}*

¹ Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, ² Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”

Correspondencia: * ofpatinos@udistrital.edu.co † iosoriob@udistrital.edu.co

Recibido: 5 de septiembre de 2011 Aceptado: 3 de noviembre de 2011

Resumen

Esta investigación comprendió el estudio físico-químico de la quebrada Padre de Jesús, ubicada en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá, buscando definir sus características particulares como consecuencia de la intervención y ocupación antrópica, con resultados mayormente negativos como la tala indiscriminada del bosque, la plantación de árboles exóticos y la contaminación del cuerpo de agua por el vertimiento directo de las aguas residuales domésticas, al igual que aquellas producto de los cuidados de animales domésticos.

La depuración de este tipo de impactos involucra procesos y operaciones muy diferentes a los convencionales, aplicados para intervenir los efluentes de origen doméstico; para este caso en particular se realizó la caracterización abiótica sobre el clima, el suelo y el agua.

La investigación se llevó a cabo durante un periodo consecutivo de doce semanas, tiempo en el cual se recolectó la información necesaria, iniciando por los aforos y la toma de muestras de agua, tanto en el nacimiento de la quebrada como en la parte baja de la misma, sobre la avenida Circunvalar, antes de su canalización.

Las muestras tomadas se analizaron en el Laboratorio de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, arrojando valores propios de pH, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, grasa y aceites, sólidos totales, zinc y cobre. El resultado es aceptable para la demanda bioquímica de oxígeno.

Palabras clave: intervención antrópica, impactos, análisis físico-químico, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos.

Abstract

This research included the study of the rivulet chemical physical Padre de Jesus, located in the eastern hills of the city of Bogotá, due to its particular characteristics due to the intervention and human occupation, with mostly negative results as the indiscriminate felling of forest, planting of exotic trees and pollution by dumping waste water and domestic animal consumption.

The clearance of such impacts involves very different processes and operations to conventional, applied to intervene effluents from domestic, for the above characterization was performed abiotic: climate, soil and water.

The research was conducted over a consecutive period of twelve weeks, gathering the necessary information as the performance gauging and sampling of water, both at birth and at the bottom of the gorge in its pipeline.

The samples were analyzed in the engineering laboratory at the National University of Colombia, located in the city of Bogotá, parameters determined were pH, dissolved oxygen, BOD5, COD, total suspended solids, settleable solids, grease and oils, total solids, zinc, copper. The result is acceptable to the biochemical oxygen demand.

Key words: Human intervention, impacts, physical and chemical analysis, dissolved oxygen, suspended solids.

Introducción

La quebrada Padre de Jesús se encuentra ubicada en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá, en la zona determinada como rural-alto de la localidad de Santafé (Alcaldía Local, 1996), en la cuenca del río Fucha, donde residen actualmente más de cien mil habitantes distribuidos en sectores urbanos y rurales que sumados llegan a ocupar cerca de cinco mil hectáreas, razón por la cual es de gran importancia la caracterización del recorrido de la quebrada, encontrando que durante el mismo, hasta llegar a la avenida Circunvalar, atraviesa por diferentes predios que tienen, de acuerdo con el plan de ordenamiento territorial para Bogotá (POT), un uso y destino económico que debe ser respetado y contextualizado dentro del territorio.

Con la caracterización biótica y abiótica del cauce de la quebrada Padre de Jesús se pretende estudiar el estado ambiental de la microcuenca debido a la expansión poblacional que ha intensificado el desarrollo de problemáticas ambientales como la contaminación con aguas residuales, generando un impacto directo y permanente denominado “contaminación hídrica”, pues cada actividad antrópica produce residuos, desechos biológicos y químicos que principalmente se vierten a las quebradas y los ríos. Para evaluar la calidad del agua de la quebrada se plantea tomar dos muestras, una en la parte alta en su estado natural y la otra en la parte baja, antes de su canalización.

Este trabajo muestra la evaluación de actividades generadas por la población en el área de estudio, que ha llevado a la degradación y transformación de un ámbito natural como es la quebrada Padre de Jesús.

Teniendo en cuenta los factores e impactos más relevantes, se propone hallar las conclusiones pertinentes, proponer soluciones y recomendaciones que conduzcan a reducir, mitigar y prevenir dichos impactos desarrollando programas y actividades tendientes a mejorar las condiciones ambientales

en pro de rescatar y mejorar este espacio hídrico símbolo de la naturaleza perdida, donde la comunidad y los entes gubernamentales están comprometidos a contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes aledaños a dicha quebrada.

Antecedentes

La quebrada Padre de Jesús, localizada en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá (localidad de Santafé), en la cuenca del río Fucha, nace a una altura aproximada de 2898 msnm, con coordenadas geográficas: latitud 4°35'31.97" norte y longitud 74°03'32.98" W¹, muy cerca de la vía que de esta ciudad conduce a la población de Choachí, Cundinamarca; su ubicación hace parte del sistema orográfico constituido por los cerros orientales de Bogotá. Las aguas de esta quebrada se canalizan en el sistema de alcantarillado en predios del conjunto residencial Jiménez de Quesada, a una altura aproximada de 2675 msnm, después de un recorrido de aproximado 1 km a partir de su nacimiento.

La sabana de Bogotá se encuentra ubicada en la parte alta de la vertiente occidental de la cordillera Oriental de Colombia. La localidad de Santafé se ubica al suroriente de Bogotá; se extiende sobre las estribaciones montañosas que se levantan progresivamente sobre el eje principal de la cordillera Oriental, con una extensión de 4.476.00 hectáreas que equivalen al 5,7% del área total urbanizada de la ciudad, lo que la lleva a ocupar el quinto lugar de extensión entre las veinte localidades de Bogotá.

¹ Coordenadas geográficas tomadas con navegador Garmin, precisión 10 m.

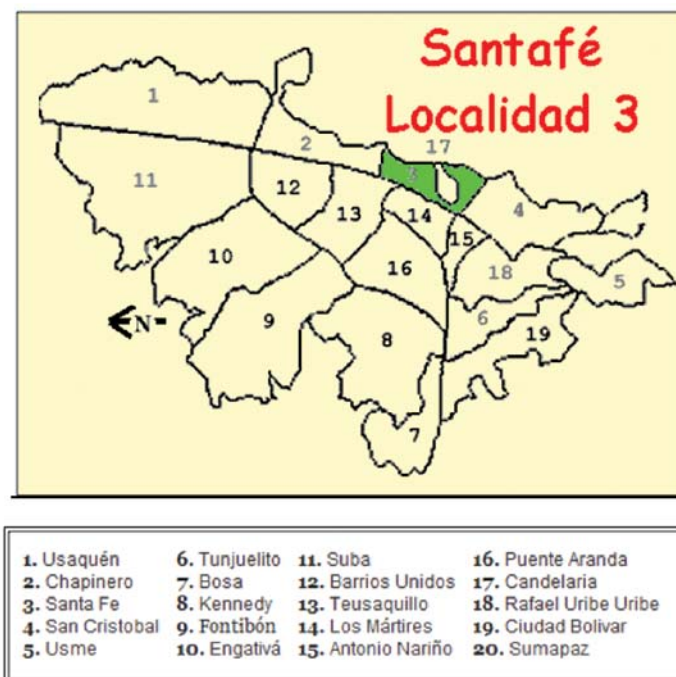


Figura 1. Ubicación localidad de Santafé

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2009).

Del total de hectáreas de la localidad, 662.05 se clasifican en suelo urbano y 3.813.95 corresponden al suelo rural, el total del suelo rural pertenece a la estructura ecológica de la ciudad, pues hace parte de los cerros orientales de Bogotá. En esta zona de la localidad se puede observar un sistema hídrico conformado por tres corrientes principales como son los ríos Arzobispo, San Agustín y San Francisco, donde vierten sus aguas las quebradas Santo Domingo, las Brujas, Roosevelt y Padre de Jesús.

Hidrografía

La localidad de Santafé se encuentra entre las cuencas de los ríos San Francisco y San Agustín (con 1598 ha), al norte ocupa gran parte de la cuenca del río Arzobispo (con 477 ha) y la sur parte de la cuenca del San Cristóbal (2646 ha), la recorren igualmente las quebradas San Dionisio Norte y Manzanares, y los canales de la Perseverancia; los ríos Arzobispo y San Francisco forman parte de sus límites, además del embalse del Arzobispo. La zona está bañada por la subcuenca del río Teusacá, cuyas aguas corren en sentido sur-norte, desde su nacimiento en la laguna El Verjón, ubicada en la vereda El Verjón Alto; cuenta con las siguientes

quebradas tributarias: Verjón, La Esperanza, Tembladores, Montañuela, Tagual, Honda, El Barro, Farias, El Barrito y La Centella, más gran cantidad de nacimientos y quebradas de menor importancia, de las cuales los habitantes toman el agua para uso doméstico. Parte de la cuenca alta de la subcuenca del río Juan Amarillo pertenece a la localidad y de ella son afluentes el río San Francisco y el río Arzobispo (DAMA, 2003).

A su vez, la microcuenca del río San Francisco, cuyo río nace en la cuchilla El Boquerón, corre en sentido oriente-occidente y sus aguas son canalizadas al entrar en el área urbana de Bogotá; su principal afluente es la quebrada El Salitre y algunos drenajes directos no identificados, varios de ellos identificados sobre este afluente pertenecen las quebradas Santo Domingo, Las Brujas, Roosevelt y Padre Jesús y al río San Agustín, al cual vierten sus aguas las quebradas Manzanares, San Dionisio, El Chorrerón, El Soche y Santa Isabel. Igualmente, se identifican zonas de nacimientos, captación, recarga y un cordón de condensación o bosque de niebla, en las partes altas por encima de los 3200 msnm.

Orografía

La localidad de Santafé abarca desde los cerros orientales, que corresponden estructuralmente al anticlinal de Bogotá, hasta el plano fluvial-lacustre en su parte occidental. Para diferenciar las características geomorfológicas se han identificado varias unidades con base en topografía tectónica, litología, formaciones superficiales y suelos.

Se identificaron las restricciones a la ocupación de acuerdo con las condiciones de las siete diferentes unidades geomorfológicas:

- Área inclinada (4° a 28° de pendiente) constituida por arcilla y areniscas, diferencialmente meteorizada; localmente es inestable por su baja cohesión y fácil compresibilidad.
- Área con pendiente mayor a 12°; presenta una litología arcillosa alterada, y suelos residuales blandos y altamente friables, muy afectados por deslizamientos y flujos de lodo.
- Áreas con pendientes de 12° a 48° de inclinación compuestas por materiales coluvio-aluviales depositados por la gravedad y generados a partir de la degradación de los cerros. La red de drenaje de los ríos Arzobispo, San Francisco y San Agustín ha transportado materiales en sus cauces en los cuales se encuentran las quebradas Padre de Jesús y Roosevelt, depositándolos en la parte baja de sus cerros (Alcaldía Local, 1996).
- Áreas con pendientes entre 12° y 40° grados, compuestas por material de roca arcillolita fracturada con una permeabilidad baja y una alteración fuerte en algunos puntos, lo que indica una estabilidad relativa.

Localización poblacional

Se ha podido establecer que la población asentada en el área de influencia de la quebrada Padre de Jesús está conformada aproximadamente por unas 106 familias, así: en la zona alta de la quebrada se identifican cinco familias integradas en su mayoría por cuatro personas entre los 15 y los 35 años, estas familias son descendientes directos de los primeros habitantes de la zona, es decir, son asentamientos que han estado allí desde hace más de 80 años.

Es una población con una calidad de vida baja, ya que debido a la situación de sus predios no cuentan con servicio de acueducto ni de alcantarillado, por lo cual toman el agua sin tratamiento para el consumo doméstico de la parte alta de la quebrada por medio de mangueras; no cuentan con pozo séptico y los vertimientos de las aguas residuales se depositan directamente a la quebrada Padre de Jesús. Cabe anotar que sus viviendas están ubicadas a menos de 100 m del cuerpo de aguas².

Tabla 1. Ubicación de las familias

| Zona de la quebrada | Número de familias |
|---------------------|--------------------|
| Alta | 5 |
| Media | 1 |
| Baja | 100 o más |
| Total | 106 o más |

Fuente: autores.

En esta zona las viviendas están construidas en materiales sólidos, como bloque y concreto, los techos son en teja de asbesto cemento, las puertas de acceso a las casas son metálicas y tienen aproximadamente unos 80 m cuadrados de área construida, son construcciones típicas de zonas semiurbanas, de una sola planta.

En algunas viviendas los baños están ubicados en la parte externa y sus aguas son arrojadas a la quebrada, así como las que salen del resto de la casa, en especial de las cocinas. Una de las pobladoras de la parte alta manifiesta que en época de lluvias el caudal de la quebrada crece y se presentan inundaciones en las casas. La mayoría de las mujeres están dedicadas a las actividades del hogar y al cuidado de gallinas, cerdos y reces, mientras que los hombres se ocupan como obreros en actividades de construcción de obras, los más jóvenes estudian en los colegios de la localidad.

Los habitantes de esta zona tienen clara la existencia de la quebrada, reconocen su importancia como fuente hídrica en la medida que se benefician de ella para tomar aguas de la parte más alta por medio de mangueras, la cual es usada para su consumo. Sin embargo, no existe sentido de protección en las zonas donde ya no toman el agua; situación que se evidencia al observar que los desechos que

² Encuesta realizada en junio de 2009.

salen de las casas y de las actividades pecuarias que realizan son descargados a la quebrada en forma directa.

En la zona media de la quebrada está ubicada una familia (dedicada a la crianza de cerdos y reses), así como también las instalaciones de la sede Vivero de la Universidad Distrital, la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Conif) y la Universidad Externado de Colombia (las universidades y la Conif no están generando afectación negativa). Por esta zona pasa la avenida Circunvalar hacia el sur y la vía que comunica a Bogotá con la población de Choachí y que sirve de vía de acceso a los pobladores de la parte alta de la quebrada.

En la parte baja de la quebrada entra al sistema de alcantarillado, zona donde está ubicado el conjunto residencial Jiménez de Quesada³.

Marco teórico

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos —aguas residuales—, es esencialmente el agua que desecha la comunidad una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Desde el punto de vista de las fuentes de generación, se puede definir el agua residual como la combinación de residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas a los que puedan agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales⁴.

Si se permite la acumulación y el estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes, a este hecho cabe añadir la frecuente presencia en el agua residual bruta de numerosos microorganismos patógenos y causantes de diferentes enfermedades que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar presentes en ciertos residuos industriales. También suele contener nutrientes que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas e incluir compuestos tóxicos.

Metodología

La metodología propuesta para el estudio físico-químico de la quebrada Padre de Jesús, desde su nacimiento hasta su canalización en la avenida Circunvalar de la Ciudad de Bogotá, se realizó en cuatro fases, así:

FASE 1: Reconocimiento de la zona

En la primera fase se realizó la investigación y el diagnóstico de los elementos para tener en cuenta en la caracterización de la quebrada Padre de Jesús, esto incluye recorridos iniciales de reconocimiento y contacto con los pobladores para determinar la situación real actual de la Zona por caracterizar.

FASE 2: Consulta y selección fuentes secundarias

En esta fase se consultaron diferentes fuentes de información secundaria, como bibliotecas, instituciones públicas y privadas, páginas de Internet, entre otras.

FASE 3: Realización de aforos de caudal (Q)

Procedimiento para la realización de los aforos: método volumétrico

La medición del caudal se realizó de forma manual utilizando un cronómetro y un recipiente aforado (balde). El procedimiento que se siguió fue tomar un volumen de muestra cualquiera (V) y medir el tiempo transcurrido (t) desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal (Q) en ese instante de tiempo. Se debe tener un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo, ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante en que el recipiente se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella. Se deben realizar varias mediciones y calcular el promedio (Basán, 2008).

El caudal se calcula como: $Q = V / t$

Donde:

Q = caudal, en L/seg.

V = volumen, en L.

T = tiempo, en seg.

³ Plano Topográfico, Ismael B. Osorio.

⁴ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo2.pdf

Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que sale por la descarga. Entre sus desventajas se cuenta que

la mayoría de veces es necesario adecuar el sitio de aforo para evitar pérdida de muestra en el momento de aforar; también se deben evitar represamientos que permitan la acumulación de sólidos y grasas.



Figura 2. Aforo 1. Parte baja de la quebrada

Latitud: 4° 35'31.97" N; longitud: 74°03'32.98W"; Cota: 2898 msnm.



Figura 3. Aforo 2. Parte alta de la quebrada

Latitud: 4°35'53.06" N; longitud: 74°03'56.90" W; Cota: 2675 msnm

Cálculo de los caudales (Q)

Tabla 2. Aforo 1 (parte alta)

| Volumen (l) | Tiempo (sg) | | | | | | Caudal (Q) | |
|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|------------|------------|--|
| | Toma 1 | Toma 2 | Toma 3 | Toma 4 | Toma 5 | Prom. Seg. | l/sg | |
| 1 | X | 27 | 9,3 | 14,2 | 20,1 | 17,7 | 0,06 | |
| 2 | 60 | 48 | 13,3 | 32,1 | 41,6 | 39,0 | 0,05 | |
| 3 | 90 | 72 | 35,3 | 48,4 | 57,2 | 60,6 | 0,05 | |
| 4 | 110 | 88 | 47,8 | 62,1 | 73,3 | 76,2 | 0,05 | |
| 5 | 122,5 | 112,2 | 56 | 78 | 89,6 | 91,7 | 0,05 | |
| Q(Prom) | | | | | | | 0,05 | |

Fecha: julio 24 de 2009. Altura: 2839 msnm. Temperatura: 10,0 °C. Hora: I = 11:20 a.m. Aforo: Ismael Osorio

Tabla 3. Aforo 2 (parte baja)

| Volumen (l) | Tiempo (s) | | | | | | Caudal (Q) | |
|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|---------|------------|--|
| | Toma 1 | Toma 2 | Toma 3 | Toma 4 | Toma 5 | Prom. s | l/s | |
| 5 | 8 | 11 | 12 | 14,09 | 14,94 | 12,0 | 0,42 | |
| 10 | 20 | 22 | 24 | 29,44 | X | 23,9 | 0,42 | |
| Q(Prom) | | | | | | | 0,42 | |

Fecha: julio 24 de 2009. Altura: 2618 msnm. Temperatura: 14,0 °C. Hora: I = 1:05 p.m. Aforo: Ismael Osorio.

Tabla 4. Valores totales mensuales de precipitación (mm)

| Fecha de proceso: 2009/07/27. Estación: 2120558 Venado Oro-Vivero | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Latitud 04°35' N Bogotá D.C. Fecha-Instalación 1965-ago | | | | | | | | | | | | |
| Longitud 74°03' W. Entidad 01 Ideam. Municipio: Bogotá | | | | | | | | | | | | |
| Elevación 2725 msnm. Regional 11 Bogotá. Corriente: Bogotá | | | | | | | | | | | | |
| Año | En | Fe | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
| 1990 | 58,2 | * | 72,4 | 150 | 166,1 | | 47,4 | 54,3 | 31,0 | 181 | * | 24,7 |
| 1991 | 87,4 | 51,5 | 162,7 | 72,5 | 90,6 | 38,8 | 76,5 | 122,5 | 51,1 | 31,9 | * | |
| 1992 | | | * | 110 | 42,6 | 65,2 | 109,3 | 67,7 | * | 41 | 218,0 | 78,5 |
| 1993 | 83,2 | * | | | 121,3 | | | | | 91,2 | 170,4 | 44,6 |
| 1994 | 184 | 69,5 | 53,2 | 63,3 | 152,3 | 65,5 | 107,4 | 90,3 | 40,8 | 101 | 115,9 | 28,4 |
| 1995 | 20,4 | 94,2 | 115,8 | 134 | 123,9 | 88,6 | 39,9 | 64,1 | 37,5 | 75,2 | 108,1 | 148,1 |
| 1996 | 49,6 | * | 154,1 | 77,2 | 137,6 | 45,4 | 116,6 | 56,9 | 34,4 | 142 | 121,5 | 92,5 |
| 1997 | 396 | 15,9 | 55 | 60,6 | 58,3 | 77,4 | 120 | 58,1 | 43,6 | 81,8 | 93,7 | 6,1 |
| 1998 | 24,9 | 68,1 | 141,8 | 137 | 235,8 | 68,1 | 88,7 | 68,8 | 51,5 | 106 | 123,4 | 131,6 |
| 1999 | 137 | 132 | 183,4 | 90,9 | 57,5 | 100,3 | 33,3 | 58,4 | 69,6 | 165 | 159,4 | 105,3 |
| 2000 | 102 | 166 | 131,7 | 127 | * | | | | | 109 | 61,3 | 17,5 |
| 2001 | 16,1 | 94,2 | 161,6 | 36,9 | 74 | 76,5 | 62,4 | 55,8 | 82,5 | 58,8 | 118,5 | 89,0 |
| 2002 | 62,4 | 33,3 | 108,1 | 193 | 177,2 | 152,5 | 52,8 | 76,3 | 82,8 | 95,7 | 63,7 | 129,9 |
| 2003 | 16,6 | 64,8 | 124,6 | 124 | 38 | 67 | 65,3 | 52,2 | 91,6 | 228 | 184,3 | 57,0 |
| 2004 | 31,8 | 179 | 56,5 | 172 | 104,7 | 139,1 | 47 | 81,2 | 45,1 | 87 | 193,1 | 54,9 |
| 2005 | 49,5 | 50,7 | 33,5 | 93,2 | 274,8 | 39,3 | 36,3 | 36,5 | | | | |
| 2007 | | | | | | | | | | | * | 180,2 |
| 2008 | 35,4 | 108 | 141 | 90,4 | 207,4 | 89 | 84,5 | 97,5 | 59,1 | 95,2 | 245,6 | 178,0 |
| 2009 | 134 | 126 | 151,1 | 129 | | | | | | | | |
| Medios | 87,5 | 89,5 | 115,4 | 110 | 128,9 | 79,5 | 72,5 | 69,4 | 55,4 | 106 | 141 | 85,4 |
| Máximos | 396 | 179 | 183,4 | 193 | 274,8 | 152,5 | 120 | 122,5 | 91,6 | 228 | 246 | 180 |
| Mínimos | 16,1 | 15,9 | 33,5 | 36,9 | 38 | 38,8 | 33,3 | 36,5 | 31 | 31,9 | 61,3 | 6,1 |

Fuente: Ideam, Bogotá.

Precipitación máxima en 24 horas

Para la determinación de los caudales se analizaron los registros de precipitación máxima en 24 horas de la estación hidrológica Venado de Oro-Vivero localizada cerca de la zona de caracterización. Con esta información se determinó la precipitación máxima en 24 horas de la zona por caracterizar para 10 y 19 años de periodo de retorno (tabla 5).

Tabla 5. Precipitación por tiempo de retorno

| Tr. (años) | Precipitación (mm) |
|-------------------|---------------------------|
| 10 | 85 |
| 19 | 91 |

Fuente: Ideam, Bogotá.

Modelación del caudal

La modelación se efectúa básicamente utilizando la información de precipitación y las características físicas de la microcuenca, tales como geometría, área, pendiente, tipo de suelo, vegetación y longitud del cauce⁵.

Las características de la cuenca, utilizadas en la modelación, son las siguientes:

Área de la cuenca: 226.000 m²

Longitud aproximada del cauce: 1200 m

Número de curva (CN): 90

Con los datos anteriores, y utilizando el modelo de lluvia-escorrentía Visualhec, se obtuvieron las hidrógrafas de salida de la cuenca para 10 y 19 años de periodo de retorno (tabla 6).

Tabla 6. Hidrógrafas de salida por tiempo de retorno

| Tr(años) | Caudal(m ³ /s) |
|----------|---------------------------|
| 10 | 4,3 |
| 19 | 4,7 |

Fuente: Ideam, Bogotá.

FASE 4: Caracterización abiótica

Clima: periodos de lluvia y condiciones secas; temperatura de 15 °C; precipitación media anual: 1050 mm en el límite oriental y 1000 mm en el extremo suroccidental; temperatura promedio de 13 °C; humedad relativa del 73% en los meses secos (EAAB, AÑO).

Precipitación: el régimen es bimodal, por presentar dos periodos de verano intercalados con periodos de invierno. Los periodos de precipitaciones más altos son de abril a mayo y octubre a noviembre, y los de verano están comprendidos entre los meses de diciembre a marzo y de junio a septiembre.

Temperatura: las temperaturas medias anuales varían desde los 10 °C, sobre la cota 2900 msnm a los 14,0 °C, sobre la cota 2700 msnm.

Humedad relativa: presenta un régimen casi uniforme a lo largo del año, entre el 75 y el 80%, con un valor medio anual de 78%; su valor más alto es en el mes de julio, con 87%.

Brillo solar: tiene un valor promedio de 107 horas, siendo el mes de diciembre el que presenta un mayor valor, con 130,2 horas, y el mes de abril el menor, con 85,9 horas.

Velocidad del viento: es relativamente baja, con un valor promedio de 1,7 m/s; su régimen es de tipo mono modal, observándose el valor más alto en el mes de julio, con un registro de 1,9 m/s.

Zonas de vida: de acuerdo con la clasificación climática, la zona caracterizada se ubica dentro del bosque seco premontano (bs-pM) y provincia subhúmeda (Holdridge, 1979).

Suelo: la geología de los cerros orientales se caracteriza por la presencia de rocas de origen marino y continental, cuyas edades oscilan entre el Cretáceo y el Paleogeno y por depósitos poco consolidados del Pleistoceno al reciente. El Cretáceo está representado, de base a techo, por la formación Chipaque (Ksch) y por el grupo Guadalupe. El Paleogeno está representado por la parte superior de la formación Guaduas (TKgu), la formación Cacho (Tpc) y la formación Bogotá (Tpbi, Tpbs). A partir del contacto de la formación de Guaduas con la de Cacho se hacen presentes discordancias que indican el inicio del levantamiento de la cordillera Oriental de Colombia; discordantemente sobre las rocas del Cretáceo y el Paleogeno aparecen importantes depósitos cuaternarios que incluyen depósitos torrenciales y otros no consolidados.

Debido a las condiciones morfológicas y de disposición estructural de las rocas que conforman los cerros orientales, esta zona se convierte en un área importante para la recarga de acuíferos que son explotados mediante pozos en la parte plana de la ciudad de Bogotá, específicamente son importantes los cerros de Guadalupe y Monserrate, y las zonas de piedemonte, al igual que sus áreas circundantes, como las zonas de mayor potencial de infiltración (200 a 300 mm/año).

⁵ Modelo Visual Hec.

Los cerros orientales de Bogotá presentan un mosaico de suelos que, si bien no todos califican como *andisoles* o *andosoles*, contienen una proporción variable de materiales minerales amorfos relacionados con la presencia de cenizas volcánicas. Se encuentran en los paisajes de montaña, sobre glaciares de acumulación coluviales, aluviales, fluvio glacial-torrenciales, también sobre laderas estructurales y vallecitos altos, así como en los paisajes de colinas bajas y en los de la planicie.

En la quebrada Padre de Jesús afloran arenitas y arcillositas de la formación de Guaduas, rocas sedimentarias con edades que van desde el Cretácico superior-Paleoceno hasta el reciente, pertenecientes a esta misma formación y a depósitos cuaternarios de origen coluvial. La formación de Guaduas es netamente arcillosa por lo que la morfología es de valles suaves y lomas con poca inclinación.

La quebrada Padre de Jesús está localizada sobre la formación de Bogotá, la cual está construida por una secuencia de arcillas abigarradas (grises, violáceas, moradas y rojas), que forman a veces capas gruesas separadas por bandas de arenisca arcillosa blanda; se encuentran dos horizontes de areniscas denominados infra-cacho y supra-cacho, el primero de grano grueso y ferruginoso, y el segundo de grano fino y libre de hierro. La unidad se divide en dos conjuntos: el inferior, con espesor de 620 m, formado por la alternancia de areniscas y arcillolitas, y el superior, predominantemente arcilloso con espesor mayor a 1000 m. El contacto inferior con la formación cacho es normal y con la formación de regadera es discordante.

La geología estructural corresponde al flanco normal del anticlinal de Guadalupe que ha permanecido sin perturbaciones tectónicas en medio de zonas que presentan una inversión de estratos por la presencia de fallas.

Agua: toma de muestras de agua para su respectivo análisis (total dos). El Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional suministró los recipientes (tres por muestra) para realizar el muestreo en los sitios determinados en la inspección inicial, estableciéndose el tipo de muestra simple (figura 7).

Resultados

Los resultados del análisis de los parámetros físico-químicos se organizaron en la tabla 7 y se realizaron comparaciones con la legislación vigente en Bogotá, en el año 2009 (tabla 7).



a) Parte alta de la quebrada;



b) parte baja de la quebrada;



c) entrega a canalización

Figura 7. Ubicación de la toma de muestras

Fuente: autores.

Tabla 7. Análisis de resultados de los parámetros físico-químicos

| Parámetro | Unidades | Resultado (calidad del agua en la parte alta de la quebrada Padre Jesús) | Decreto 1594 de 1984 art. 31, 45 | Análisis |
|------------------|----------|---|--|---|
| Ph | Unidad | 7,6 | 6,5-9,0 | Se encuentra dentro del rango establecido en el decreto, el cual es favorable para la biota del cuerpo de agua. |
| Oxígeno disuelto | mg/L | 7,1 | 5,0 | El resultado se encuentra por encima de lo recomendado por el decreto, lo se considera como calidad del agua buena; oxígeno disuelto > 5 mg/L; demanda bioquímica de oxígeno < 20 mg/L |
| DBO5 | mg/L | < 2,0 | | Es indicador de un agua poco contaminada por materia orgánica biodegradable: 5 a 50 mg/L |
| DQO | mg/L | 11 | | El valor de la concentración de materia orgánica es indicador de poca contaminación en el cuerpo de agua. |
| SST | mg/L | < 5,0 | | No hay presencia de una alta concentración de partículas en suspensión que puedan afectar también la calidad del agua, por consiguiente no disminuye la cantidad de luz que atraviesa el cuerpo de agua y en consecuencia tampoco interfiere en los procesos de fotosíntesis. |
| SS | mg/L | 0,0 | | Existen pocos sólidos que se sedimentan en el cuerpo de agua. |
| Grasas y aceites | mg/L | < 2,0 | 0,01 | No existe presencia de una concentración alta de aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.), las cuales son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. |
| ST | mg/L | < 5,0 | | |
| Zinc | mg/L | 0,02 | 0,01 | Está ligeramente por encima del límite establecido en el decreto, no hay rastro de contaminación de este metal en el cuerpo de agua, debido a que no hay industria cercana generadora de este contaminante. |
| Ph | Unidad | 7,3 | 6,5-9,0 | Se encuentra dentro del rango establecido en el decreto, el cual es favorable para la biota del cuerpo de agua. |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 6,5 | 5,0 | El resultado se encuentra por encima de lo recomendado por el decreto, lo se considera como calidad del agua buena; oxígeno disuelto > 5 mg/L; demanda bioquímica de oxígeno: < 20 mg/L |
| DBO5 | mg/L | 9,0 | | Es indicador de agua poco contaminada por materia orgánica biodegradable: 5 a 50 mg/L |
| DQO | mg/L | 45 | | El valor de la concentración de materia orgánica es indicador de poca contaminación en el cuerpo de agua. |
| SST | mg/L | 54 | | No hay presencia de una alta concentración de partículas en suspensión que puedan afectar también la calidad del agua, por consiguiente no disminuye la cantidad de luz que atraviesa el cuerpo de agua y en consecuencia tampoco interfiere en los procesos de fotosíntesis. |
| SS | mg/L | 0,7 | | Existen pocos sólidos que se sedimentan en el cuerpo de agua. |

| Parámetro | Unidades | Resultado (calidad del agua en la parte alta de la quebrada Padre Jesús) | Decreto 1594 de 1984 art. 31, 45 | Análisis |
|---------------------|----------|---|--|---|
| Grasas y Aceites | mg/L | < 2,0 | 0,01 | No existe presencia de una concentración alta de aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.), las cuales son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. |
| ST | mg/L | 164 | | |
| Zinc | mg/L | 0,02 | 0,01 | Está ligeramente por encima del límite establecido en el decreto, no hay rastro de contaminación de este metal en el cuerpo de agua debido a que no hay industria cercana generadora de este contaminante. |
| Cobre | mg/L | < 0,05 | 0,1 | Está muy por debajo del límite establecido en el decreto, no hay rastro de contaminación de este metal en el cuerpo de agua debido a que no hay industria cercana generadora de este contaminante. |

Conclusiones

La quebrada Padre de Jesús es un cauce con un régimen de caudal torrencial, debido a la alta pendiente, por el cual fluyen sus aguas; dichas características ocasionan agrietamientos en los bordes del cauce, en algunos tramos no hay cauces definidos y varios drenajes no se entregan correctamente a la quebrada, siendo necesario canalizar de forma urgente dichas aguas para evitar desbordamientos.

La quebrada presenta procesos de inestabilidad causados por el abandono institucional con el deficiente manejo de las aguas lluvias y de los afluentes generados por los asentamientos humanos ubicados en la parte alta de la microcuenca.

La quebrada muestra contaminación y disminución en su cauce por la presencia de residuos orgánicos provenientes de los predios, derivados de las actividades productivas y habitacionales que se desarrollan en la zona. Dicha contaminación es originada por el inadecuado o inexistente tratamiento de las aguas servidas, por la baba animal, las heces y la orina que se vierten al drenaje.

Los suelos de la quebrada tienen serias limitaciones físico-químicas que han impedido el desarrollo óptimo de los individuos de porte arbustivo; los problemas sanitarios

que algunos presentan y su inclinación en dirección de la pendiente permite prever su volcamiento.

Recomendaciones

Para recuperar, conservar y preservar el drenaje natural de la quebrada Padre de Jesús se recomienda:

- Dar a conocer a la autoridad distrital pertinente la necesidad de estabilizar y controlar la erosión de las áreas aledañas a la quebrada mediante la realización de obras de contención que causen un bajo impacto ambiental.
- Comunicar a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá la necesidad de controlar la franja de 15 m de ancho o ronda hidráulica como una área o zona de manejo y preservación ambiental libre de otro tipo de actividades.
- Construir zanjas de coronación con sus respectivos descoles, para manejar las aguas superficiales evitando la erosión y la remoción en masa de las laderas del cauce.
- Reforestar los taludes con especies nativas de poco porte, con el fin de evitar deslizamientos a causa de las grandes pendientes de ladera.
- Prohibir las construcciones de estructuras civiles, edificaciones, vías, parqueaderos y senderos a lo largo de la ronda hidráulica del cauce de la quebrada.

- Realizar limpiezas continuas del canal retirando todos los materiales que obstruyen el flujo normal del agua, minimizando el arrastre de materiales hacia la parte baja de la quebrada.
- Realizar una propuesta de reubicación de las familias que se encuentran en los bordes del cuerpo de agua, de tal manera que se les garantice al menos la prestación de los servicios públicos básicos.
- Programar, con ayuda de la Universidad Distrital, cursos de conocimiento básico ambiental de tal forma que los habitantes del sector se concienticen sobre la necesidad de preservar los recursos naturales y, en especial, de disminuir la contaminación de la quebrada.
- Promover la capacitación de estas personas con programas de educación no formal, incentivando el cambio de la actividad económica actual hacia otra de mejor retribución económica.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía Local de Santa Fe (1996). *Diagnóstico local de la localidad de Santafé*. Bogotá.
- EAAB (2006). *Informe ejecutivo quebrada Padre de Jesús*.
- Funiber (2009). *Texto guía. Análisis y caracterización de las aguas*. España
- Ideam (2001). *Demanda química de oxígeno*. Bogotá.
- Lansing, M. (1999). *Microbiología*. Madrid: McGraw-Hill.
- Letterman, D. L. (2002). *Calidad y tratamiento del agua, manual de suministro de agua comunitaria*. Madrid: McGraw-Hill
- Roldán, G. (1989). *Manual de limnología*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Romero, J. A. (2009). *Calidad del agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Torrallba, O. (1975). *Control, calidad y tratamiento de agua*. Madrid: Instituto de estudios de Administración local.
- Basán, M. (2008). *Manejo de Aguas en Campos ganaderos*. Santiago del Estero: INTA-EEA.