Caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia.

Physico-chemical and microbiological characterization of Soacha River water Cundinamarca, Colombia.

Caracterização microbiológica físico-químicas da água de Rio Soacha, Cundinamarca, Colombia.

Gustavo Forero Acosta

Licenciado en Quimica y Biologia, Magister en Biología

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente-ECAPMA.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

gustavo.forero@unad.edu.co

Resumen

Esta investigación caracterizo física, química y microbiológicamente las aguas del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. La metodología consistió en realizar varios recorridos por toda la subcuenca del río desde la parte alta en la vereda Hungría, hasta la parte baja de la vereda Bosatama, donde desemboca en el río Bogotá; se identificaron y localizaron los tipos y puntos de vertido agrícolas, pecuarios, industriales y domiciliarios; durante los recorridos se realizaron varios talleres de conciencia ambiental con la comunidad allí presente. Posteriormente se tomaron un total de 60 muestras de agua en los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2012; 20 de la parte alta, 20 de la parte media y 20 de la parte baja de la subcuenca y se realizaron los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos *in situ* y en laboratorio; los cuales permitieron caracterizar la contaminación del agua del río Soacha. Los resultados obtenidos muestran que las aguas de este río contienen altos índices de contaminación de fósforo, nitrógeno y coliformes, así como una baja concentración de oxígeno disuelto en la parte media y baja de la subcuenca, principalmente; lo cual pone en evidente riesgo la vida de los animales y personas que allí habitan.

Palabras clave: contaminación, Soacha, subcuenca, evaluación ambiental integral

Abstract

This research analyzed the properties of the water from the Soacha River, Cundinamarca, Colombia, its physicochemical and microbiological properties were investigated. The methodology consisted of performing various tours throughout the sub-basin of the river from Hungría laneto Bosatama lane where Soacha River flows into the Bogota River; livestock, agricultural, industrial and residential discharge points were identified; during the tours several workshops regarding environmental topics were conducted with the community of the area. Subsequently a total of 60 water samples during the period from September, to November 2012; 20 samples were taken from the top of the sub-basin 20 from the middle and 20 from the lower part physical, chemical and microbiological analysis were carried out both *in situ* and in laboratory; which allowed to identify the contamination of water from Soacha River. The results obtained showed that the waters of this river contain high levels of contamination of phosphorus, nitrogen and coliforms, as well as a low concentration

of dissolved oxygen in the middle and low of the subbasin, which revealed clearly that the animals and humans who live near the river are in serious risk.

Key-words: pollution, Soacha, subbasin, integrated environmental assessment

Resumo

Nesta pesquisa se caracterizou física, química e microbiológicamente as águas do rio Soacha em Cundinamarca, Colômbia. A metodología consitiu em percorrer a subcuenca do rio desde a zona alta no povoado Hungria até a zona baixa do povoado Bosatama. Foram identificados e localizados os tipos e pontos de vertimentos agrícolas, pecuários, industriales e domiciliários, sendo que durante os deslocamentos, se realizaram vários seminários de conciencia ambiental com a comunidade presente. Posteriormente se tomaram um total de 60 amostras de água nos meses de Septembro, Otubro e Novembro de 2012 assim: 20 amostras da zona alta, 20 da zona media e 20 amostras da zona baixa da subcuenca. Foram realizadas as análises físicas, químicas e microbiológicas in situ e no laboratório, as quais possibilitaram caracterizar a poluição da água do rio Soacha. Os resultados obtidos mostram que as águas deste rio contêm altos índices de poluição de fósforo, nitrogênio e coliformes, bem como baixa concentração de oxigênio dissolvido na zona media e baixa da subcuenca, principalmente. Isto põe em evidente risco a vida dos animais e pessoas habitan na região.

Palavras-chave: poluição, Soacha, sub-bacia, avaliação ambiental integrada

Introducción

En la sociedad actual, la conservación de la naturaleza se ha convertido en una preocupación ciudadana y de los poderes públicos; inquietud que se ve reflejada en las políticas públicas y los proyectos de desarrollo a nivel nacional y mundial, los cuales otorgan cada vez más una mayor importancia a los conceptos de desarrollo sostenible, protección de la biodiversidad y manejo de la contaminación (CAR, 2007).

En este sentido, la conservación de los recursos naturales cobra importancia como disciplina que aporta y da respuesta a los problemas relacionados con la explotación económica incontrolada de los recursos naturales, la desaparición de especies de flora y fauna, la degradación de espacios naturales y el incremento en los niveles de contaminación de los recursos hídricos. Frente a este último aspecto, el desconocimiento sobre la importancia y el uso racional de los recursos naturales, la práctica de procesos productivos inadecuados por parte de la comunidad, sumado a la posible formulación de políticas ambientales inadecuadas, es presumiblemente la causa de los críticos problemas de contaminación que aqueja al recurso hídrico. Así mismo, los grandes avances en la industria científica y tecnológica han generado el surgimiento de un sinnúmero de compuestos químicos y biológicos, la mayoría de estos con altos índices de toxicidad que repercuten de manera significativa en la salud humana, vegetal y animal (Bester, 2007).

Los productos químicos presentes en el agua contienen un elevado número de productos químicos antropogénicos, es decir, aquellos productos que son sintetizados o producidos indirectamente por actividades humanas. A manera de ejemplo se pueden citar los subproductos generados durante la desinfección del agua potable, así como los productos naturales, es decir aquellos que son creados por procesos fisicoquímicos o biológicos naturales; por ejemplo el geosmin, que es un alcohol bicíclico que lo producen ciertas algas y que le da una sabor desagradable al agua (Christian, 2004). Los contaminantes de tipo antropogénico

se han dispersado ampliamente en el ambiente y están afectando seriamente las propiedades fisicoquímicas de las aguas superficiales y subterráneas. Esto básicamente ha sido resultado de las altas emisiones industriales, la ineficiente disposición de residuos sólidos, los derrames accidentales, la aplicación incontrolada de pesticidas, herbicidas, fungicidas y nutrientes en la agricultura, la disposición en el suelo de los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales y las actividades domiciliarias que incluyen, la excreción y la disposición natural de una amplia gama de productos químicos, como los Productos Farmacéuticos y de Higiene Personal PPCPs) denominados patógenos emergentes (Candela, 2007).

Se ha podido demostrar que la vida acuática es la que mayor riesgo presenta por el alto grado de sustancias derivadas de los PPCPs que son arrojadas de manera incontrolada a las diferentes fuentes hídricas (ríos, lagos, lagunas, quebradas, océanos, etc.). Varios estudios indican que los antidepresivos alteran los niveles de esperma y los patrones de desove de los animales acuáticos. Otros estudios han sugerido que los peces expuestos a estrógenos han deformado de manera considerable sus sistemas reproductivos. El número de compuestos químicos orgánicos distintos, que se podría hipotéticamente sintetizar e incluir en el universo químico conocido, se considera una cifra aproximada de unas 1060 estructuras distintas, que son posibles con un total de simplemente 30 átomos de carbono, nitrógeno, oxígeno o azufre, esto sin considerar el espectro posible si incluimos a los halógenos y el fósforo. Claramente se observa que no hay límites para los posibles tipos de productos químicos orgánicos que pueden ser sintetizados de manera natural y/o artificial (Simonich, 2000)

Otro tipo de sustancias contaminantes presentes en aguas residuales son las conocidas como contaminantes emergentes, este tipo de contaminantes son en la mayoría de los casos contaminantes no regulados, como ejemplo de este tipo de contaminantes se pueden mencionar los surfactantes, productos farmacéuticos, productos para el cuidado personal, aditivos de la gasolina, retardantes de fuego, antisépticos, aditivos industriales, esteroides, hormonas y los subproductos empleados para la desinfección del agua. Una de las características fundamentales de esos contaminantes es que no necesitan persistir en el ambiente para causar efectos nocivos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se pueden compensar por su introducción continua en el ambiente (Barceló, 2003). Así mismo y sin duda alguna el uso de sustancias químicas y biológicas en las actividades agrícolas, tales como pesticidas, fungicidas, fertilizantes y algunos nutrientes han mostrado altos índices de contaminación de aguas subterráneas y superficiales; varias de estas sustancias o compuestos son empleados de manera no controlada en la agricultura y en la erradicación de cultivos ilícitos y su grado de afección puede ser catastrófico para el ser humano y para los animales que son expuestos a éstos, tal es el caso de los nitritos de los purines, los cuales son capaces de producir metahemoglobulinemia en el recién nacido (síndrome del niño azul) (Sancha, 2002).

Las heces fecales producidas en las actividades domiciliarias, también representan un foco de contaminación y afectan de manera considerable la calidad microbiológica del agua; para analizar este parámetro se ha utilizado la detección de diferentes grupos de microrganismos indicadores de contaminación fecal, bacterianos, virales y *Clostridium perfringens*, especialmente empleado como indicador bacteriano para detección o presencia de quistes de protozoos. La utilización de estos indicadores se ha basado en el tipo de calidad de agua deseada y el uso de ésta (Tallon & Magajna, 2005). La selección y utilización del tipo de indicador se basa en el cumplimiento de varios criterios, entre los que sobresalen los propuestos por Yates (2007).

Por otra parte, también se ha encontrado que las aguas superficiales y subterráneas comúnmente se contaminan por la presencia de restos fitosanitarios de abonos y productos de uso agrícola y materia orgánica como resultado de las

explotaciones ganaderas; así mismo, cabe mencionar también la elevada cantidad de residuos químicos vertidos a las fuentes hídricas, producto de las actividades domésticas cuya carga de contaminantes está asociada a la presencia de residuos fisiológicos, residuos provenientes del lavado de ropas, de limpieza doméstica, de preparación de alimentos, del lavado de calles y avenidas y al uso de materiales peligrosos y tóxicos similares a los industriales como es el caso de los disolventes, aceites, pinturas, ácidos, bases, tensoactivos, aditivos, conservantes, preservantes, etc. (Sánchez, Peñaroja, Olivera & Nadal, 2007). La actividad industrial y minera también incorpora grandes cantidades de productos y subproductos químicos que son arrojados o vertidos de manera irresponsable a las fuentes hídricas incrementando aún más el problema de contaminación acuífera. Es de resaltar que las industrias que más afectan el ambiente son: textilera (tinturas), curtido de pieles (por el uso y vertimiento de metales como cromo, mercurio, arsénico, níquel, cadmio, cobre y plomo, entre otros), papelerías, minera, refinado de petróleo, petroquímica, siderometalúrgicas, el tratamiento de superficies, las fábricas de concentrados y de producción de alimentos. El agua residual tiene una alta influencia en el medio donde sea vertida, para evaluar el tipo de contaminantes físico-químicos del agua, básicamente se tienen en cuenta una serie de parámetros entre los cuales se resaltan los siguientes: pH, solidos totales, solidos suspendidos, metales pesados, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, etc. Otros como la temperatura y el contenido en grasas también pueden ser representativos (Standard Methods, 2000).

Todo lo anterior, ha generado una grave crisis en muchas de las comunidades a nivel mundial a tener acceso al agua de óptimas condiciones (potable). En países como Colombia, el fenómeno relacionado con el desplazamiento a las grandes ciudades o sus alrededores ha llevado a cientos de familias a huir de sus lugares de origen; pues la falta de garantías mínimas de protección de su vida y de su familia, se han visto forzadas a migrar a sectores urbanos cercanos a las grandes ciudades o sus alrededores como es el caso de los habitantes del municipio de Soacha, específicamente los que se acentúan en las partes baja, media y alta de la subcuenca del río Soacha de este municipio cundinamarqués. Estos asentamientos son los que han generado un acelerado aumento en la población que inciden aún más en los índices de pobreza, con bajos índices de cobertura de servicios públicos afectando la calidad de vida de los habitantes (Pinto, 2005). Según datos de planeación municipal (Departamento Nacional de Estadística DANE, 2010), durante la última década, el municipio de Soacha se ha convertido en uno de los municipios con mayor densidad poblacional del departamento de Cundinamarca; siendo este, uno de los lugares que más recibe población en condiciones de desplazamiento. Cerca del 79% de los habitantes proviene de diferentes regiones del país y únicamente el 21% han nacido en la localidad, generando un territorio con altos índices de pobreza, desempleo, inseguridad, bajos ingresos e innumerables sectores inmersos en la informalidad. Por lo anterior, dentro de las soluciones para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes frente al aumento de contaminación de los recursos hídricos, se propuso realizar análisis químicos, físicos y microbiológicos de diferentes puntos estratégicos de la subcuenca del rio Soacha, que cubre las partes alta, media y baja; que permitieron caracterizar la contaminación del agua, la identificación de los puntos de vertido y el tipo de contaminantes que son arrojados de manera irresponsable a las aguas del rio Soacha (Forero, 2012). Finalmente, se identificaron algunos temas estratégicos en los que podrán basarse las acciones lideradas por las autoridades locales con la participación activa de la comunidad y el sector industrial y minero.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica del área de estudio

El municipio de Soacha se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Bogotá, Colombia, tiene

una altitud promedio de 2548 a 2737 msnm, una temperatura media anual de 12.8°C, una precipitación media anual de 568 milímetros /año. Los periodos de mayor precipitación son: marzo, abril, mayo, octubre y noviembre, el tipo de vegetación que predomina en la subcuenca del rio Soacha es de tipo Bosque Andino Seco Montañoso bajo (Bs-mb).

El río Soacha nace a una altitud de 3.400 msnm, en la zona del páramo al oriente del municipio de Soacha en la vereda Hungría y recorre las veredas de Fusungá, San Jorge y Panamá, atravesando el área urbana del municipio de Soacha en dirección sur a norte y continúa su curso hasta la Vereda Bosatama en donde desemboca en el río Bogotá (Figura 1) y posteriormente formar el Salto de Tequendama. Tal como lo demuestran los archivos históricos y vestigios naturales, esta subcuenca estuvo rodeada de bosques de una gran biodiversidad al tiempo que recibía parte de sus aguas por una gran cantidad de arroyos y quebradas, muchos de los cuales han desaparecido por diversos factores y provocado que este río se convierta en un caño receptor de aguas residuales de una buena parte de las veredas cercanas como: San Jorge, Fusungá, Panamá y Bosatama. La subcuenca del rio Soacha, que pertenece a la cuenca media del río Bogotá; es considerada como uno de los recursos naturales más importantes para el municipio. Actualmente, esta subcuenca presenta como principales fuentes de contaminación; el vertido directo de aguas residuales domiciliarias e industriales específicamente de los sectores manufacturero, agrícola, pecuario y minero que operan sobre su área de influencia y que inciden además en los elevados niveles de sedimentación (Fundación planeación ecológica y Ecoforest, 2011). En este sentido, la investigación permitió conocer el estado actual de la subcuenca para determinar y caracterizar su nivel de contaminación.

Figura 1. Nacimiento y desembocadura rio Soacha. Fuente: modificado de Municipio de Soacha (2012).

En la región, el recurso vegetal se ha visto fuertemente afectado por la intervención de tipo antrópico, reduciendo los bosques a pequeñas áreas de vegetación en sucesión secundaria que ofrece refugio para fauna de la región y para las especies de flora que caracterizan este tipo de bosque. Las condiciones físicas y bióticas de la subcuenca, generan una oportunidad para el establecimiento de plantaciones protectoras productoras, que disminuyan el impacto de los monocultivos y la ganadería extensiva, sobre los suelos y el recurso hídrico. En la subcuenca se presentan áreas con índices de calidad de punto apropiados para el establecimiento de sistemas forestales productivos, que equilibren la demanda sobre el recurso forestal y disminuir la presión permanente sobre ecosistemas boscosos naturales (Contraloría General de la República, 2010).

La subcuenca del rio Soacha está dividida en tres zonas:

Zona parte alta: inicia desde el nacimiento del río Soacha en la parte más alta de la vereda Hungría, donde se encuentra una exuberante vegetación en su gran mayoría de bosque nativo donde sobresalen diferentes especies de plantas como: helechos (peridofitas), frailejones (del género espeletia), encenillos, bromelias, hericaceas, eriocu-laceas, rosáceas y árboles y arbustos de pequeño y mediano tamaño, entre otras; gracias a esta enorme variedad de especies vegetales es que esta zona de la subcuenca del rio Soacha este declarada como reserva forestal para el municipio de Soacha. También sobresales diferentes especies de aves (colibrís, gavilanes y patos), reptiles (lagartos y lagartijas principalmente), anfibios (sapos y ranas) y mamíferos (conejos y ratones), el río sigue avanzando recorriendo buena parte de esta vereda y se inserta en la vereda San Jorge.

Zona parte media, está ubicada en la vereda San Jorge, allí el rio se inserta y recorre toda la vereda y atraviesa los predios del Instituto Colombiano Agropecuario y donde también funciona una estación climatológica del IDEAM; en esta parte de la subcuenca hay un cambio brusco de la vegetación; la cual se torna más espesa. Allí sobresalen especies vegetales como bromelias, pinos, enrredaderas, algunos helechos, arboles de mayor tamaño y algunos arbustos. Así mismo por información de la comunidad algunas especies que sobresalen en la zona son: colibrís, copetones, lagartos y perros de monte, en esta zona inicia la actividad minera.

Zona parte baja; en esta parte el río que ya llega prácticamente contaminado por el vertido de diferente tipo de sustancias, como se detalla más adelante, la vegetación es completamente distinta y escasa, aquí se nota el enorme daño que la intervención humana ha causado al ambiente de la subcuenca; la vegetación es escasa, solo sobresalen algunos árboles y sembrados de pasto; la vida animal silvestre prácticamente no existe, solo algunas aves como copetones y mirlas; la actividad minera y de conurbación es elevada

Identificación y clasificación de los puntos de vertido

Para la identificación de los puntos de vertido, fue necesario hacer una visita de inspección a lo largo de la subcuenca del río, desde la parte alta de la vereda Hungría, pasando por la parte media de las veredas San Jorge y Fusungá, hasta llegar a la parte baja de la vereda Panamá y el corredor urbano del municipio de Soacha, para finalmente culminar en la desembocadura del río Bogotá en la vereda Bosatama del municipio de Soacha (Figura 2); en este recorrido se pudieron identificar y clasificar los diferentes puntos de vertido, los cuales fueros escogidos de acuerdo con el tipo de actividad que allí se desarrolla.

Toma de muestras para análisis físico, químico y microbiológico

Una vez identificados los puntos de vertido, se procedió a tomar un total de 60 muestras de agua (2 de cada punto) de manera aleatoria en tres momentos diferentes para los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos; las muestras fueron colectadas durante los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2012.

Toma de muestras en cada una de las partes de la subcuenca del río Soacha

Se registraron durante los meses de septiembre y octubre de 2012 un total de 20 muestras en cada una de las tres partes de la subcuenca (alta, media y baja). Las muestras se tomaron de manera aleatoria y cubriendo en su mayor parte la trayectoria del rio en cada punto de la subcuenca. Para cada una de las muestras colectadas se emplearon materiales, equipos y recipientes debidamente esterilizados, marcados y con los indicadores, conservantes y químicos específicos para los análisis realizados *in situ* como en laboratorio.

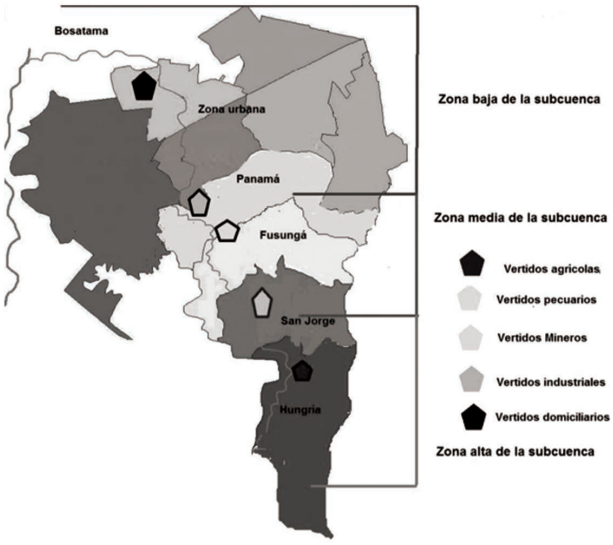

Figura 2. Identificación de puntos de vertido a lo largo de la subcuenca del rio Soacha.

Fuente: modificado de: Empresa de salud ESE del municipio de Soacha (2012)

Es de resaltar que *in situ* se realizaron los siguientes análisis de agua: temperatura, olor, color, pH, oxígeno disuelto y sólidos sedimentables. Para los análisis realizados *in situ* como para los de laboratorio, se procedió de la siguiente manera (este procedimiento operó para cada uno de los puntos muestreados y correspondientes a las tres zonas de estudio: subcuenca parte alta, subcuenca parte media y subcuenca parte baja). Para los análisis, se tomó una muestra de 3500 ml de agua directamente del rio y se dividió en cinco recipientes diferentes; en el primer recipiente se colocaron aproximadamente 1000 ml de agua y se midieron los valores de pH; para lo cual se empleó un pH metro digital, la temperatura empleando un termómetro digital y oxígeno disuelto empleando un oxímetro digital. En el segundo recipiente (probeta de vidrio) se colocaron 500 ml de agua y se analizaron *in situ* los siguientes parámetros: color, olor y sólidos sedimentables. En el tercer recipiente (galón plástico) se colocaron 1000 ml de agua y se transportó y preservó en nevera de icopor a 4ºC al laboratorio para los respectivos análisis de: nitrógeno amoniacal y sólidos totales. En el cuarto recipiente (frasco de vidrio ámbar con solución de H2SO4), se colocaron 500 ml de agua y se trasportaron y preservaron en nevera de icopor a 4ºC al laboratorio para los análisis de: fósforo total y nitrógeno total. En el quinto recipiente (frasco de vidrio transparente) se colocaron 230 ml de agua y se trasportaron y preservaron en nevera de icopor a 4ºC al laboratorio para los análisis de: coliformes totales y coliformes fecales.

El procedimiento empleado para recolección, análisis realizados *in situ*, preservación y transporte para posteriores análisis en laboratorio de las muestras colectadas en la subcuenca del rio Soacha, se detalla en la Figura 3.

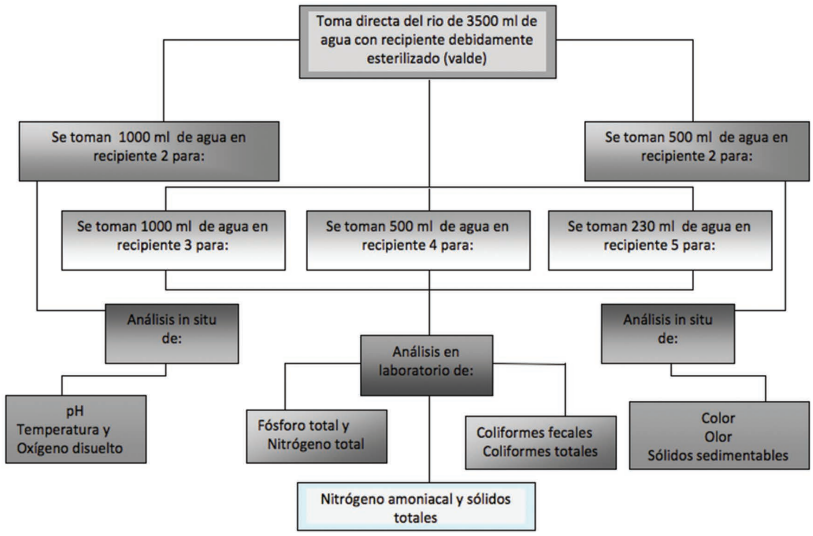

Figura 3. Procedimiento empleado para recolección, análisis, preservación y transporte de las muestras colectadas en la subcuenca del río Soacha.

Resultados

Vertidos de tipo agrícola: son aquellos que resultan como subproductos de las diversas actividades agrícolas relacionadas con la siembra y cosecha de cultivos de fresa, flores y hortalizas principalmente, en los cuales se emplean diverso número de sustancias químicas como plaguicidas, fungicidas, fertilizantes y algunos conservantes; este tipo de actividades primordialmente se desarrollan en la parte baja de la vereda Hungría (parte alta de la subcuenca), en la vereda San Jorge y dentro de las instalaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (parte media de la subcuenca); cuyas instalaciones encuentran abandonadas; pero que a sus alrededores se realizan este tipo de siembras; de acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio presentado más adelante el porcentaje de vertidos de este tipo que son arrojados por escorrentía y de manera directa a la subcuenca del río en la parte alta es del 13% aproximadamente. Los vertimientos al río Soacha en esta zona, causan problemas al agua; ya que todos los subproductos químicos de las diferentes sustancias empleadas llegan por escorrentía a este importante efluente, afectando de manera considerable la calidad del agua; la cual ya se torna de un ligero color grisáceo cuando abandona parte de la cuenca media en la vereda San Jorge.

Vertidos de tipo pecuario: son aquellos que resultan como subproductos de las diversas actividades pecuarias relacionadas con el mantenimiento, cría, cuidado y bienestar de animales de granja (pollos, vacas, cabras, ovejas y conejos principalmente), en los cuales se emplean sustancias químicas como hormonas, vacunas, concentrados, etc.; este tipo de actividades se desarrollan primordialmente en las veredas San Jorge (parte baja) y Fusungá que hacen parte de la cuenca media de la subcuenca y en la vereda Bosatama de la parte baja de la subcuenca. De acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio presentado más adelante el porcentaje de vertidos de este tipo que son arrojados por escorrentía y de manera directa a la subcuenca del río Soacha en la parte alta es del 7% aproximadamente. Los vertimientos al río Soacha en esta zona, causan graves problemas al agua; ya que todos los subproductos químicos de las diferentes sustancias empleadas (muchos de ellos sin metabolizar completamente) en este tipo de actividad llegan de manera directa o por escorrentía, afectando de igual manera la calidad del agua; al abandonar la subcuenca de la parte media, el agua del rio se torna de una ligera coloración marrón.

Vertidos de tipo minero: son aquellos que resultan de la actividad minera que se ejerce de la explotación incontrolada de arcilla, arena, piedra, recebo y grava; así como en la fabricación de bloque y ladrillo; este tipo de actividades se desarrollan primordialmente en la vereda Fusungá (parte media de la subcuenca) y en la vereda panamá (parte baja de la subcuenca). De acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio el porcentaje de vertidos de este tipo que son arrojados de manera directa a la subcuenca del río Soacha en la parte alta es del 38% aproximadamente; ya que algunas de las trampas de atrape de residuos sólidos están en detrimento por falta de mantenimiento o simplemente no existen, salvo algunas empresas como ladrillera Santa Fé que hace un adecuado tratamiento de aguas residuales antes de que estas lleguen al rio. Los vertimientos al río en esta zona, siguen causando graves problemas al agua; ya que todos los subproductos resultantes de esta actividad minera y ladrillera llegan de manera casi que directa a rio; pues las trampas diseñadas para atrapar y retener materia sólida no son apropiadas o simplemente no se les hace el mantenimiento adecuado. Al abandonar la subcuenca de la parte baja, el agua del rio se torna de color amarillo; por el alto contenido de materia sólida, resultante del lavado de arena, grava y piedra.

Vertidos de tipo industrial: son aquellos que resultan de toda la actividad industrial y comercial de la zona rural (vereda Panamá) y urbana del municipio de Soacha; este tipo de actividades se desarrollan en la parte baja de la subcuenca). El aporte en materia contaminante vertida al río en esta

parte de la subcuenca según análisis realizado esta alrededor del 22%. Los vertimientos al río en esta zona, causan un gran daño ambiental al agua, y hacen que en ella prácticamente no se lleve a cabo ninguna actividad ecosistémica; ya que todos los subproductos resultantes de tenerías, fábricas de concentrados, fábricas de fibra de vidrio y de talleres industriales y de mecánica automotriz, entre otros llegan de manera directa al rio. Al abandonar la subcuenca de la parte baja, el agua del rio se torna de color negruzco; por el alto contenido de sustancias químicas arrojadas, resultantes tanto de la actividad industrial como domiciliaria.

Vertidos de tipo domiciliario: son aquellos que resultan como subproducto de diferentes actividades domiciliarias donde se emplean diferentes productos químicos como: jabones, detergentes, desinfectantes, perfumes, fármacos, drogas y otro tipo de sustancias que son vertidas de manera directa por inodoros, rejillas, sifones y lavamanos sin ningún tipo de control o tratamiento previo; este tipo de actividades se desarrollan primordialmente en las veredas San Jorge (parte baja) y Fusungá que hacen parte de la cuenca media de la subcuenca de la vereda Panamá y todo el corredor urbano del municipio de Soacha por donde el rio atraviesa. La carga contaminante en esta parte de la subcuenca del rio Soacha está en el 20% aproximadamente, afectando de manera considerable la calidad del agua. El rio continúa su recorrido por la vereda Bosatama y desemboca en el rio Bogotá. Al abandonar la subcuenca de la parte baja, el agua del rio es de color negruzco; por el alto contenido de sustancias químicas resultantes de la actividad domiciliaria y la alta carga de contaminantes producida durante todo su recorrido.

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del rio Soacha en todo el recorrido de la subcuenca

Parámetros analizados *in situ*

Las Tablas 1, 2 y 3, evidencian los resultados obtenidos durante el mes de septiembre de 2012 de los primeros 10 puntos muestreados y que corresponden a las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha.

Tabla 1. *Resultados obtenidos in situ del primer muestreo en la subcuenca del río Soacha, parte alta*

Análisis realizados *in situ*						
Parte alta	**Valores de pH**	**Temperatura (°C)**	**Oxígeno disuelto (mg/l)**	**Sólidos sedimentables (mg/l) cono Imhoff**	**Color (visométrico)**	**Olor**
Punto 1	7,65	8,1	5,85	0	transparente	a hierba y terroso
Punto 2	7,4	9,8	6,21	0	transparente	a hierba y terroso
Punto 3	7,19	11	6,51	0	transparente	a hierba y terroso
Punto 4	7,21	6,58	6,52	0	transparente	a hierba y terroso
Punto 5	6,57	9,5	6,53	0	transparente	a hierba y terroso
Punto 6	7,1	9,7	6,15	0	transparente	a hierba y terroso
Punto 7	6,94	10,2	6,6	0	transparente	a hierba y terroso
Punto 8	6,9	10,5	6,41	0,01	transparente	a hierba y terroso
Punto 9	6,87	10,8	6,1	0,01	Gris	sin olor
Punto 10	6,85	11,1	5,87	0,03	Gris	sin olor

Tabla 2. *Resultados obtenidos in situ del primer muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte media*

Análisis realizados *in situ*						
Parte media	**Valores de pH**	**Temperatura (°C)**	**Oxígeno disuelto (mg/l)**	**Sólidos sedimentables (mg/l) cono Imhoff**	**Color (visométrico)**	**Olor**
Punto 11	7,8	11,4	5,63	0,01	Gris	sin olor
Punto 12	7,6	11,3	5,61	0	Gris	sin olor
Punto 13	7,52	11,5	6,11	0	Gris	sin olor
Punto 14	7,4	11,5	6,01	0	Gris	Fármaco
Punto 15	7,25	11,7	5,57	0,02	Gris	Fármaco
Punto 16	7,15	11,9	5,13	0,02	Gris	Fármaco
Punto 17	6,95	11,9	4,72	0,01	Gris	Fármaco
Punto 18	6,85	12,3	4,85	0,03	Marrón claro	a hierro
Punto 19	6,62	12,9	4,91	0,04	Marrón claro	a hierro
Punto 20	6,41	13,4	5,31	0,07	Marrón claro	a hierro

Tabla 3. *Resultados obtenidos in situ del primer muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte baja*

Análisis realizados *in situ*						
Parte baja	**Valores de pH**	**Temperatura (°C)**	**Oxígeno disuelto (mg/l)**	**Sólidos sedimentables (mg/l) cono Imhoff**	**Color (visométrico)**	**Olor**
Punto 11	6,85	16,6	4,78	0,8	Color amarillento	a hierro
Punto 12	7,14	16,2	4,78	1	Color amarillento	a hierro
Punto 13	7,51	13,7	7,22	1,7	Color amaillo gris	a químico
Punto 14	6,9	15,1	5,71	2,5	Color gris oscuro	a huevo podrido
Punto 15	6,54	16,4	3,21	3,2	Color gris oscuro	a huevo podrido
Punto 16	6,66	17,7	0,74	3,9	Color negro	a huevo podrido
Punto 17	6,96	17,8	0,57	3,8	Color negro	a huevo podrido
Punto 18	7,14	18	0,48	2,4	Color negro	a huevo podrido
Punto 19	8,14	18,1	0,41	3	Color negro	a huevo podrido
Punto 20	7,32	18,3	0,35	2,5	Color negro	a huevo podrido

Las Tablas 4, 5 y 6 muestran los resultados obtenidos durante la segunda toma de muestras realizada en el mes de octubre de 2012 y que corresponden a los mismos puntos muestreados en el mes de septiembre de las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha.

Tabla 4. *Resultados obtenidos in situ del segundo muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte alta*

Análisis realizados *in situ*						
Parte alta	**Valores de pH**	**Tempera-tura (°C)**	**Oxígeno disuelto (mg/l)**	**Sólidos sedimentables (mg/l) cono Imhoff**	**Color (visométrico)**	**Olor**
Punto 1	7,91	9,1	5,83	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 2	7,68	9,2	6,11	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 3	7,24	10,1	6,45	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 4	7,3	9,3	6,35	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 5	7,25	9,4	6,49	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 6	7,01	9,4	6,25	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 7	6,9	9,5	5,57	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 8	6,83	9,91	5,56	0	transparente	a hierba y tierra
Punto 9	6,77	10,5	5,21	0,01	Grisáceo	sin olor
Punto 10	6,7	11,1	5,17	0,01	Grisáceo	sin olor

Tabla 5. *Resultados obtenidos in situ del segundo muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte media*

Análisis realizados *in situ*						
Parte media	**Valores de pH**	**Tempera-tura (°C)**	**Oxígeno disuelto (mg/l)**	**Sólidos sedimentables (mg/l)**	**Color**	**Olor**
Punto 11	7,92	10,7	5,33	0	Gris	sin olor
Punto 12	7,83	10,9	5,55	0	Gris	sin olor
Punto 13	7,6	11,2	6,38	0	Gris	sin olor
Punto 14	7,54	11,7	6,33	0	Gris	Fármaco
Punto 15	7,12	12,1	5,17	0,03	Gris	Fármaco
Punto 16	7,09	12,4	5,33	0,02	Gris	Fármaco
Punto 17	6,9	12,6	4,96	0,02	Marrón claro	a hierro
Punto 18	6,75	12,9	5,36	0,05	Marrón claro	a hierro
Punto 19	6,71	13,2	5,58	0,04	Marrón claro	a hierro
Punto 20	6,25	13,9	5,68	0,1	Marrón claro	a hierro

Tabla 6. *Resultados obtenidos in situ del segundo muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte baja*

Análisis realizados *in situ*						
Parte baja	**Valores de pH**	**Tempera-tura (°C)**	**Oxígeno disuelto (mg/l)**	**Sólidos sedimentables (mg/l)**	**Color**	**Olor**
Punto 21	7,15	14,8	4,35	1,1	Color amarillento	a hierro
Punto 22	7,28	15,2	4,31	1,7	Color amarillento	a hierro
Punto 23	7,31	15,7	6,21	2,4	Color amaillo gris	a químico
Punto 24	7,29	16,3	5,31	3,2	Color gris oscuro	a huevo podrido
Punto 25	6,51	16,8	3,45	4	Color negro	a huevo podrido
Punto 26	6,28	16,9	0,67	4,3	Color negro	a huevo podrido
Punto 27	7,21	17,4	0,49	5	Color negro	a huevo podrido
Punto 28	7,8	17,9	0,48	3,3	Color negro	a huevo podrido
Punto 29	9,12	18,5	0,38	3,3	Color negro	a huevo podrido
Punto 30	7,65	18,7	0,33	3	Color negro	a huevo podrido

Parámetros analizados en laboratorio

Las Tablas 7, 8 y 9 evidencian los resultados obtenidos durante el mes de septiembre de 2012 de los primeros 10 puntos muestreados y que corresponden a las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha.

Tabla 7. *Resultados de análisis de laboratorio del primer muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte alta*

Análisis realizados en laboratorio						
Parte alta	**Coliformes fecales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Coliformes totales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Fósforo total (mg/l) Colorimétrico (Cloruro stañoso)**	**Nitrógeno amonia-cal (mg/l) (Fenato)**	**Nitrógeno total (mg/l) semi-micro Kkeldahl (Fenato)**	**Sólidos to-tales (mg/l) secado 105°C**
Punto 1	97	3998	0,12	0	0	0
Punto 2	120	2981	0,11	0,01	0,1	0
Punto 3	199	2700	0,1	0,01	0,1	0,1
Punto 4	199	3200	0,14	0,01	0,2	0,13
Punto 5	200	4100	0,12	0,02	0,2	0,17
Punto 6	280	22000	0,11	0,02	0,2	0,3
Punto 7	300	22400	0,11	0,02	0,3	0,95
Punto 8	300	23100	0,1	0,03	0,4	21
Punto 9	100	12700	0,12	0,03	0,4	50
Punto 10	320	13460	0,13	0,03	0,4	53

Tabla 8. *Resultados de análisis de laboratorio del primer muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte media*

Análisis realizados en laboratorio						
Parte media	**Coliformes fecales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Coliformes totales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Fósforo total (mg/l) Colorimétrico (Cloruro stañoso)**	**Nitrógeno amonia-cal (mg/l) (Fenato)**	**Nitrógeno total (mg/l) semi-micro Kkeldahl (Fenato)**	**Sólidos tota-les (mg/l) secado 105ºC**
Punto 11	400	3998	0,11	0,04	0	43
Punto 12	720	25950	0,13	0,04	0,1	49
Punto 13	19800	24100	0,17	0,33	0,1	70
Punto 14	13950	36540	0,12	0,08	0,2	80
Punto 15	20900	45200	0,08	0,41	0,2	85
Punto 16	23200	49100	0,1	0,03	0,2	93
Punto 17	21400	50100	0,11	0,02	0,4	105
Punto 18	18420	54750	0,13	0,04	0,4	120
Punto 19	12100	35860	0,12	0,04	0,4	122
Punto 20	13000	29810	0,16	0,05	0,5	124

Tabla 9. *Resultados de análisis de laboratorio del primer muestreo en la subcuenca del río Soacha, parte baja*

Análisis realizados en laboratorio						
Parte baja	**Coliformes fecales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Coliformes totales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Fósforo total (mg/l) Colorimétrico (Cloruro stañoso)**	**Nitrógeno amonia-cal (mg/l) (Fenato)**	**Nitrógeno total (mg/l) semi-micro Kkeldahl (Fenato)**	**Sólidos tota-les (mg/l) secado 105ºC**
Punto 21	325000	816000	0,07	0,75	0,96	2240
Punto 22	81640	198000	0,18	1,11	1,25	1920
Punto 23	4000000	19900000	0,14	1,16	1,34	1700
Punto 24	4460000	12900000	0,42	1,58	2,01	920
Punto 25	7000000	298000000	4,83	2,01	3,64	350
Punto 26	7500000	328000000	6,85	3,64	7,91	134
Punto 27	7750000	408000000	7,12	34,72	44,52	298
Punto 28	35000000	248000000	8,16	90,16	114,8	605
Punto 29	37700000	230000000	9,59	67,22	85,11	320
Punto 30	39000000	270000000	1,92	6,72	8,68	207

En las Tablas 10, 11 y 12, se observan los resultados obtenidos en laboratorio durante la segunda toma de muestras realizada en el mes de octubre de 2012 y que corresponden a los mismos puntos muestreados en el mes de septiembre de las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha.

Tabla 10. *Resultados de análisis de laboratorio del segundo muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte alta*

Parte alta	Coliformes fecales (NMP/100ml) Sustrato definido	Coliformes totales (NMP/100ml) Sustrato definido	Fósforo total (mg/l) Colorimétrico (Cloruro stañoso)	Nitrógeno amoniacal (mg/l) (Fenato)	Nitrógeno total (mg/l) semi-micro Kkeldahl (Fenato)	Sólidos totales (mg/l) secado 105ºC
Punto 1	95	3916	0,11	0	0	0
Punto 2	130	3220	0,12	0	0,1	0
Punto 3	210	2850	0,11	0,01	0,1	0
Punto 4	190	3050	0,13	0,01	0,1	0,11
Punto 5	205	4200	0,12	0,02	0,1	0,21
Punto 6	280	22000	0,11	0,02	0,2	0,35
Punto 7	340	25380	0,09	0,03	0,3	1,25
Punto 8	310	23850	0,11	0,03	0,3	27
Punto 9	180	18890	0,12	0,03	0,3	51
Punto 10	330	13880	0,14	0,04	0,4	57

Tabla 11. *Resultados de análisis de laboratorio del segundo muestreo en la subcuenca del río Soacha, parte media*

Análisis realizados en laboratorio						
Parte media	Coliformes fecales (NMP/100ml) Sustrato definido	Coliformes totales (NMP/100ml) Sustrato definido	Fósforo total (mg/l) Colorimétrico (Cloruro stañoso)	Nitrógeno amoniacal (mg/l) (Fenato)	Nitrógeno total (mg/l) semi-micro Kkeldahl (Fenato)	Sólidos totales (mg/l) secado 105ºC
Punto 11	520	5180	0,12	0,04	0	40
Punto 12	840	30270	0,13	0,03	0,1	45
Punto 13	135200	164560	0,15	0,33	0,1	75
Punto 14	17100	44750	0,12	0,1	0,2	91
Punto 15	21400	46280	0,1	0,45	0,2	93
Punto 16	24100	51000	0,1	0,03	0,2	97
Punto 17	22900	53610	0,11	0,02	0,3	110
Punto 18	21400	63600	0,12	0,04	0,3	121
Punto 19	12500	37050	0,13	0,05	0,4	125
Punto 20	13200	47700	0,15	0,05	0,4	129

Tabla 12. *Resultados de análisis de laboratorio del segundo muestreo en la subcuenca del rio Soacha, parte baja*

Análisis realizados en laboratorio						
Parte baja	**Coliformes fecales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Coliformes totales (NMP/100ml) Sustrato definido**	**Fósforo total (mg/l) Colorimétrico (Cloruro stañoso)**	**Nitrógeno amoniacal (mg/l) (Fenato)**	**Nitrógeno total (mg/l) semi-micro Kkeldahl (Fenato)**	**Sólidos totales (mg/l) secado 105°C**
Punto 21	345000	866200	0,1	0,85	1,09	2320
Punto 22	81400	197400	0,21	0,21	0,24	2200
Punto 23	4100000	20397500	0,3	1,32	1,5	1840
Punto 24	4520000	13073500	0,45	1,87	2,4	970
Punto 25	7200000	306514200	4,92	2,25	4,05	410
Punto 26	8200000	358613000	6,87	3,95	8,58	167
Punto 27	8750000	460645100	7,65	35,12	45,02	305
Punto 28	36000000	255085700	9,16	93,16	118,61	740
Punto 29	37900000	231220100	9,59	71,22	90,15	335
Punto 30	40000000	276923000	2,12	7,11	7,12	221

Discusión

Identificación y clasificación de los diferentes tipos y puntos de vertido

De acuerdo con los resultados obtenidos de cada uno de los análisis realizados tanto *in situ* como en laboratorio, se puede decir que el mayor grado de afección ambiental está relacionado con los vertidos de tipo minero; el cual genera un alto impacto en la calidad física y química del agua; aumentando considerablemente la materia sólida y reduciendo la concentración de oxígeno disuelto; los vertidos de tipo domiciliario también generan un alto impacto en la calidad de las aguas, ya que la descarga de materia contaminante resultante de las diversas actividades domiciliarias, en la cual se emplean detergentes, jabones, limpiadores, conservantes, perfumes, drogas, hormonas y otro tipo de sustancias son arrojadas de manera directa a sanitarios, duchas y lavamanos y llegan a través de alcantarillados improvisados o inapropiados a este recurso hídrico, su impacto se ve reflejado en cuanto a la calidad química y microbiológica del agua; aumentando considerablemente la carga de nitrógeno, fósforo y coliformes fecales. Por otra parte los vertidos de tipo industrial, también han afectado seriamente la calidad de las aguas del rio, ya que los vertidos que resultan de la industria manufacturera, de fábricas destinadas a la producción de concentrados, de talleres automotrices y de mecánica, entre otros, producen contaminantes que llegan tanto de forma directa como indirecta a esta fuente hídrica, el vertimiento de estas sustancias impactan la calidad química y microbiológica del agua aumentando de forma considerable la carga de nitrógeno y fósforo y reduciendo la cantidad de oxígeno en las aguas del rio. En cuanto a los vertidos de tipo agrícola y pecuario; también tienen una elevada incidencia en las calidades químicas y físicas del agua, la cual se ve reflejada en la reducción de oxígeno.

Parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas del rio Soacha

Parámetros físicos

Color: De los análisis realizados visualmente (análisis aparente) a cada una de las muestras colectadas de los diferentes puntos de vertido de la subcuenca del rio Soacha, en las tres partes de la subcuenca (alta, media y baja), se puede observar que a partir del punto 9 (Tabla 1), comienza a afectarse seriamente este parámetro físico, ya que las aguas comienzan a cambiar desde una ligera coloración grisácea; posiblemente por la presencia de cierta materia orgánica ácidos húmicos, turba y plancton, propia de la zona; luego se torna de un coloración marrón por la alta presencia de metales como hierro y manganeso producto de la alta actividad minera y por la fabricación de bloque y ladrillo, principalmente en la parte media y baja de la subcuenca y culminar finalmente en la desembocadura en el rio Bogotá en un color negro intenso; esto por el vertimiento de aguas negras domiciliarias y de otras actividades industriales. Vale la pena indicar que la variación de cualquier tipo de color en aguas superficiales muestra una calidad de agua deficiente y no es apta para consumo humano ni animal (Gobierno de Cantabria, 2016).

Olor: Los análisis realizados (olfativamente) a cada una de las muestras colectadas de los diferentes puntos de vertido de la subcuenca del rio Soacha indican que a partir del punto 14 (Tabla 2) hasta el punto 17 (parte media de la subcuenca, Tabla 2), comienza a afectarse seriamente este parámetro físico, ya que las aguas comienzan a emitir un leve olor a químico (fármaco); posiblemente por la presencia de químicos empleados en cultivos agrícolas y actividades pecuarias propias de la zona; posteriormente en los puntos 18 (del primer análisis, Tabla 2) y 17 (del segundo análisis, Tabla 5) pertenecientes a la parte media de la subcuenca hasta el punto 22 (del primer y segundo análisis, Tablas 3 y 6) pertenecientes a la parte baja de la subcuenca se percibió un olor a óxido (hierro), por la presencia de algunos metales como hierro y manganeso producto de los vertimientos realizados de actividades mineras ejercidas en la parte media e inicios de la parte baja de la subcuenca. En el punto 23 (Tablas 3 y 6) el olor fue un poco más fuerte (a químico), debido a algunas sustancias químicas empleadas (alcoholes y fenoles) en las diversas actividades industriales realizadas en la parte baja de la subcuenca (vereda Panamá), finalmente desde el punto 24 al punto 30 (Tablas 3 y 6), correspondientes a la parte baja de la subcuenca, comenzó a percibirse un olor a huevo podrido, el cual fue aumentando a medida que se hacía el recorrido del rio por esta zona; este olor es característico de aguas negras domiciliarias por la presencia de ácido sulfhídrico, resultante del empleo de detergentes, jabones y otros elementos de aseo (Raymond, 2002).

La percepción del olor en aguas superficiales no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero sí puede indicar la existencia de una elevada actividad biológica. Sin embargo, las aguas que son empleadas para consumo humano y animal, no deben percibir olor alguno; salvo el leve olor a cloro empleado durante el proceso de purificación (APHA-AWWA- AWWA CF., 1992).

Temperatura: Los valores obtenidos de temperatura, no muestran cambios significativos en ninguno de los puntos de vertido analizados; el valor menor registrado fue de 6,58ºC (en la parte alta de la subcuenca) y el valor máximo obtenido fue de 18,7ºC (en la parte baja de la subcuenca), todos los valores obtenidos están dentro de los rangos permitidos, según el Decreto 1594, 1984; el cual establece un valor permisible menor o igual a 40ºC.

Sólidos sedimentables: Los datos obtenidos para este parámetro físico, no muestran cambios significativos en ninguno de los puntos de vertido analizados tanto en la parte alta como la parte media de la subcuenca; en la parte baja de la subcuenca se observan algunos incrementos en

estos valores de 3,9 en el primer análisis y de 5 en el segundo análisis (Figura 5), pero que están dentro de los límites permisibles según la normatividad colombiana, la cual establece un valor permisible de 10ml/l (Decreto 1594, 1984). Es importante tener en cuenta que las aguas provenientes de fuentes hídricas como es el caso del rio Soacha que vayan a ser empleadas para consumo humano, deben estar libres de cualquier tipo de sustancias disueltas (sales minerales) que alteren sus propiedades fisicoquímicas y biológicas.

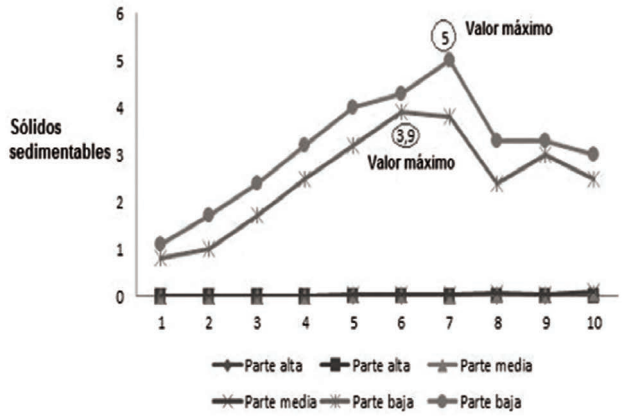

Figura 4. Valores de sólidos sedimentables obtenidos en las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha.

Sólidos totales. Los datos obtenidos para este parámetro físico no muestran cambios significativos en ninguno de los puntos de vertido analizados tanto en la parte alta como la parte media de la subcuenca; sin embargo se observa una tendencia a aumentar a medida que va avanzando el recorrido del rio a lo largo de la subcuenca; en la parte baja se observan algunos incrementos significativos en los puntos 20, 21, 22 y 23 (Tablas 9 y 12) durante los dos análisis realizados en los meses de octubre y noviembre de 2012, esto es característico de esta zona dado la alta actividad minera y de fabricación de ladrillo y bloque que allí se ejerce; así mismo en los puntos de vertido 26 y 27 (Tablas 9 y 12), también se observan unos incrementos de materia sólida, esto se da por el vertimiento de basuras y otro tipo de desechos producto de las actividades domiciliarias e industriales ejercidas en esta parte de la subcuenca (perímetro urbano del municipio). A pesar que la normatividad colombiana no tiene establecidos los valores máximos permisibles para este parámetro, es importante mencionar que desde parte de la zona media y toda la zona baja de la subcuenca del rio Soacha, se desarrollan diversas actividades mineras, industriales y domiciliarias que vierten sus productos de desecho de manera directa e indirecta al rio acrecentando los problemas de contaminación de este importante recurso hídrico, generando consigo la aparición de insectos, roedores y otro tipo de vectores que ponen en riesgo la salud de los animales y de las personas que se encuentran a sus alrededores (Forero, 2012). En la Figura 6, se muestran los valores obtenidos de sólidos totales en los dos análisis realizados en las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha. La minería es una fuente importante de sustancias contaminantes y de materia sólida que afecta las características fisicoquímicas de aguas superficiales; la medida de sólidos totales es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química de esta. Los sólidos totales son la materia sólida que resulta del proceso de secado a 105°C de la muestra de agua analizada (Montalvo, 2009).

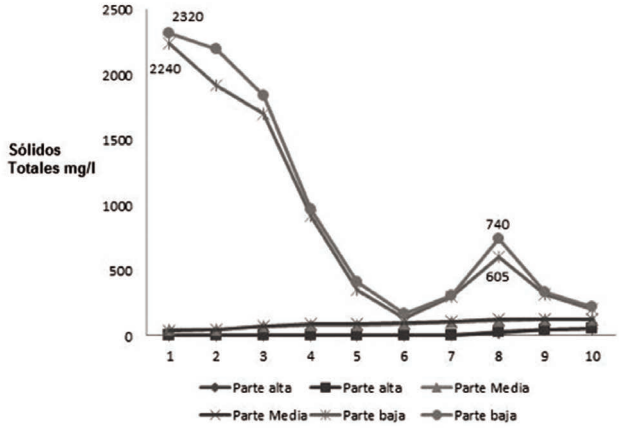

Figura 5. Sólidos totales encontrados en las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha.

Parámetros químicos

pH: los resultados encontrados en cuanto a este parámetro muestran que durante el primer análisis realizado a las aguas del río Soacha en cada una de las zonas estudiadas (partes alta, media y baja) de la subcuenca, no tienen un cambio significativo que altere las características o propiedades químicas del agua, ya que los rangos o valores obtenidos según el Decreto 1594 de 1984, están ubicados dentro del rango establecido para este tipo de análisis; es decir, todos estos valores se mantienen en un rango entre 5.0 a 9.0 con una media promedio de 7,11 y una desviación estándar promedio de 0,15. En la Figura 8, se pueden apreciar los valores máximos y mínimos de pH para cada una de las zonas estudiadas los cuales oscilan entre 6,41 y 8,14; es decir los valores están entre ligeramente ácidos a ligeramente básicos, de acuerdo a la escala de la Figura 7. En los análisis de pH realizados durante la segunda toma de muestras de agua, los cuales reflejaron una media promedio de 7.23 y una varianza promedio de 0.31, en los mismos puntos de vertido y en las mismas zonas de la subcuenca, tampoco se evidenciaron valores significativos en la mayoría de los puntos, salvo en uno de los puntos de la cuenca baja que mostró un valor de 9.12 (Figura 9), los incrementos en los valores de pH, se deben principalmente a la presencia de carbonatos que se forman por la acción del CO2 sobre materiales básicos presentes en las aguas superficiales.

Figura 6. Escala de pH en rango de 0 a 14.

Fuente: Limpiology (2012)

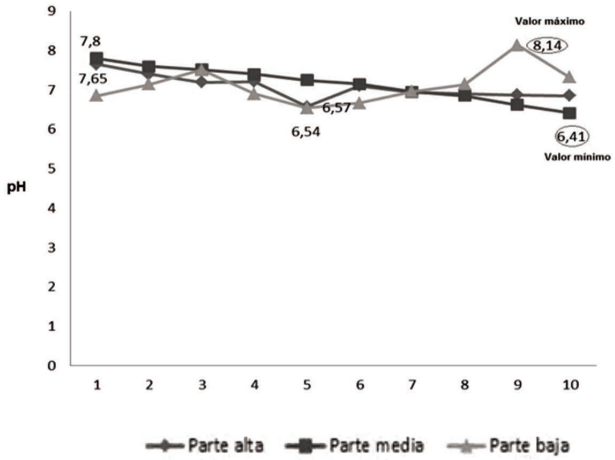

Figura 7. Valores de pH, obtenidos durante los primeros análisis de aguas *in situ* de las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha.

Las aguas que poseen valores de pH altos, contienen alta cantidad de carbonatos e iones hidroxilo, así mismo la presencia de algas (en la desembocadura del río en la vereda Bosatama del municipio de Soacha) también elevan los valores de pH, ya que éstas al extraer el CO2 del agua por fotosíntesis aumentan los valores de pH. La alcalinidad alta o baja en aguas superficiales no tiene efectos nocivos para el ser humano, ni para los animales (Gobierno de Cantabria, 2006).

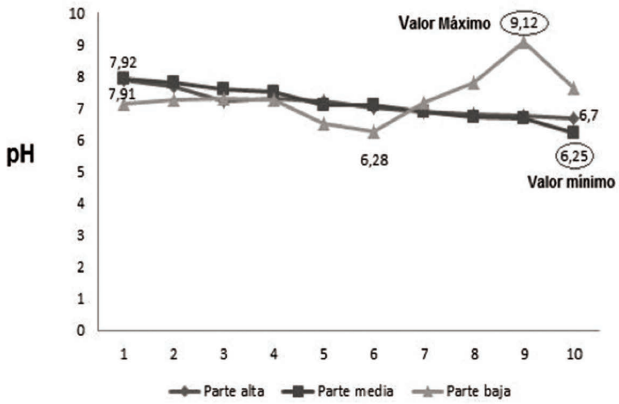

Figura 8. Valores de pH, obtenidos durante el segundo análisis de aguas realizado *in situ* de las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha

Oxígeno disuelto: Los valores obtenidos para este parámetro químico, muestran que en la parte alta de la subcuenca del *río* Soacha, no se evidencia un descenso significativo en estos valores tanto para el primer análisis, en el cual se obtuvo una media de 6,28 y una varianza de 0,07; el valor máximo obtenido fue de 6.6mg/l y el valor mínimo fue de 5.85mg/l (Figura 10); para el segundo análisis se obtuvo una media de 10,42 y una varianza de 0,63; el valor máximo registrado fue de 6.49mg/l y el valor mínimo fue de 5.17mg/l (Figura 11). Es importante mencionar que en el segundo análisis comenzó a haber una leve disminución del O2 disuelto, posiblemente a pequeños cambios de temperatura registrada en la zona en el mes que se hizo el segundo análisis, estaba haciendo bastante calor (pequeños picos de verano). Los cambios de temperatura pueden aumentar o disminuir los niveles de O2 disuelto en aguas superficiales (Spehar *et al*, 1992).

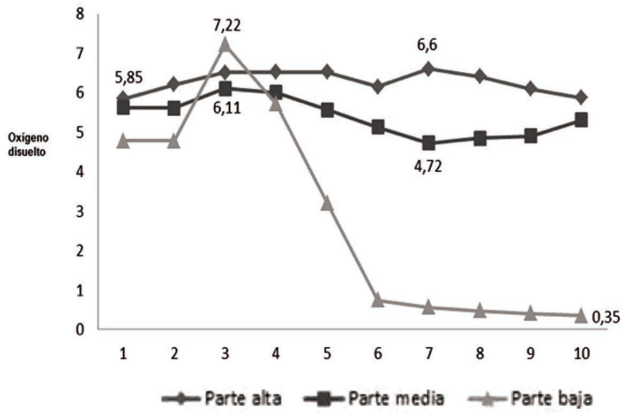

Figura 9. Valores de oxígeno disuelto (O2), obtenidos durante el primer análisis de aguas realizado *in situ* de las partes alta, media y baja de la subcuenca del *río* Soacha.

Para la parte media de la subcuenca del *río* Soacha, en el primer análisis realizado se evidencia un descenso significativo en los valores de O2 disuelto en los puntos de vertido 17, 18 y 19, en este análisis se obtuvo una media de 5,39 y una varianza de 0,21; el valor máximo obtenido fue de 6.11mg/l y el valor mínimo fue de 4,72mg/l (Figura 10); para el segundo análisis también se obtuvo una leve reducción de O2 disuelto en el punto de vertido 17, para este análisis se obtuvo una media de 5,57 y una varianza de 0,19; el valor máximo registrado fue de 6,38mg/l y el valor mínimo fue de 4,96mg/l (Figura 11). Es de mencionar que en el segundo análisis comenzó a haber un leve aumento del O2 disuelto respecto al primer análisis, esto posiblemente al cambio de temperatura registrada en la zona, es importante mencionar que en el mes que se hizo el segundo análisis estaba haciendo bastante calor (pequeños picos de verano).

En los resultados obtenidos en la parte baja de la subcuenca se refleja una considerable disminución en los valores de O2 disuelto, tanto para el primer análisis como en el segundo, para el primer caso se obtuvo una media de 2,83 y una varianza de 6,23; el valor máximo obtenido fue de 7,22mg/l y el valor mínimo fue de 0,35mg/l (Figura 10); como se observa en la Tabla 6, en el punto de vertido 23, se obtuvo un aumento considerable de O2 disuelto; esto se debe posiblemente a la turbulencia y caída del agua presentada en esta parte de la subcuenca; la turbulencia y el caudal hídrico aumentan los niveles de O2 disuelto en aguas naturales. En el segundo análisis también se obtuvo una notable reducción de O_2 disuelto para la gran mayoría de los puntos de vertido, para este análisis se obtuvo una media de 2,60 y una varianza de 4,98; el valor máximo registrado fue de 6,21mg/l y el valor mínimo fue de 0,33mg/l (Figura 11). Es de mencionar que en el segundo análisis también se evidenció un aumento de O_2 en el mismo punto de vertido del análisis anterior, posiblemente por las condiciones descritas anteriormente. En esta parte de la subcuenca se ejerce una alta actividad minera, industrial y residencial, lo cual afecta de manera considerable este parámetro químico por el alto contenido de materia sólida y contaminantes líquidos que son vertidos de manera directa y por escorrentía en esta zona. Según Montalvo (2009), el alto contenido de materia orgánica, la eutrofización y la contaminación por sustancias químicas disminuye circunstancialmente el O_2 disuelto en los cuerpos de agua, afectando seriamente la vida de los peces y otras especies acuáticas que allí estén presentes.

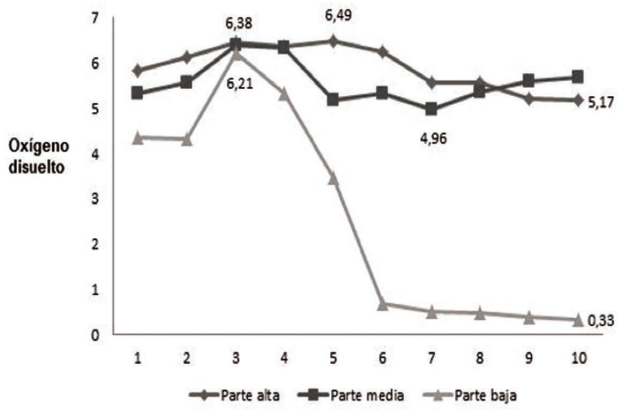

Figura 10. Valores de oxígeno disuelto (O2) máximos y mínimos, obtenidos durante el segundo análisis de aguas realizado *in situ* de las partes alta, media y baja de la subcuenca del *río* Soacha.

A pesar que el Decreto 1594 de 1984 reglamenta parcialmente los valores permisibles de sustancias contaminantes en los cuerpos de agua en Colombia, no se definen valores para este parámetro, países como México, Argentina, Ecuador, Perú, Chile, Cuba y otros de la comunidad europea como es el caso de España, establecen que los valores mínimos permisibles para oxígeno disuelto está en un rango mayor o igual a 5.0 mg/l, pues valores inferiores pueden afectar la vida de los organismos que allí viven (Gobierno de Cantabria, 2006). En la Figura 12, se muestran los resultados consolidados de los dos análisis realizados de este parámetro químico, allí se presentan los valores máximos y mínimos de O_2 en cada una de las zonas de muestreo, así como la parte más crítica de la subcuenca (parte baja) donde se registran valores por debajo de estándares internacionales de 5.0mg/l.

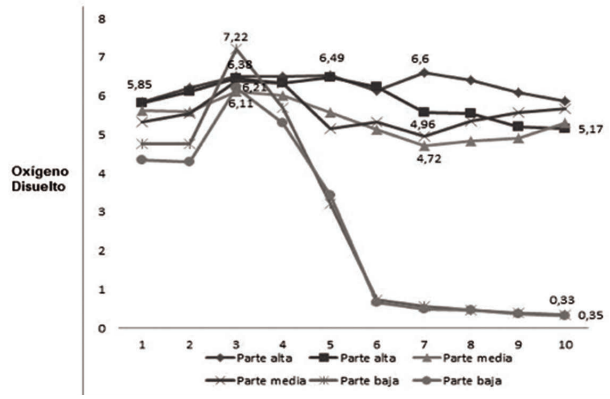

Figura 11. Datos consolidados de los dos análisis realizados de Oxígeno disuelto (O_2) en cada una de las zonas de muestreo

Fósforo total: Los datos obtenidos para este parámetro químico no muestran cambios significativos en ninguno de los puntos de vertido analizados tanto en la parte alta como en la parte media de la subcuenca; sin embargo en la parte baja correspondiente al sector urbano del municipio de Soacha, se observa un aumento significativo en los puntos 24, 25, 26, 27 y 28 (Tablas 9 y 12) durante los dos análisis realizados en los meses de octubre y noviembre de 2012, el aumento de fósforo en esta parte de la subcuenca se debe principalmente al elevado uso de detergentes, jabones y otros productos de aseo que contienen este elemento químico (Lusk, Toor & Obreza, 2013). Mueller & Helsel (1996), afirman que las aguas superficiales con fósforo limitado pueden llegar a ser eutróficos (ricos en nutrientes) cuando la concentración de fósforo en el agua supera sólo 0,02 mg/l. Efroymson, Jones & Gold (2007), indican que el fósforo controla la producción de algas nocivas en la mayoría de las aguas dulces. El exceso de algas puede poner en peligro el agua y restringir su uso para beber y para fines recreativos (Schindler, 1977).

El fósforo en aguas residuales proviene de los residuos sanitarios, así como cuartos de baño, lavandería, cocina. Residuos de aseo contribuyen entre el 30% -70% del fósforo en la forma de ácidos nucleicos y trifosfato de adenosina excretado en las heces; los detergentes (lavandería) y jabones de platos (cocina y sumideros) utilizados en el hogar contribuyen otro 30% a 70% del fósforo (Wilhelm, Schiff & Robertson, 1994). Tjandraatmadja, Pollard, Sheedy & Gozukara (2010), estudiaron varios productos empleaos en el hogar (jabones, limpiadores y productos de cuidado personal) y encontraron que el fósforo se detectó en el 97% de los 156 productos estudiados y que gran parte de éste puede hacer su camino en las aguas residuales domésticas. Se estima que cada persona en países como los Estados Unidos aporta 2,7 g del fósforo total a las aguas residuales por día; de este total, las aguas residuales provenientes del inodoro aportan la mayor cantidad (59%), seguidas de baños, lavaplatos y electrodomésticos (37%) y los trituradores de basura (4%).

A pesar que la normatividad Colombiana no tiene establecidos los valores máximos permisibles para este parámetro, países como México, Argentina, Perú, Chile, Cuba y otros de la comunidad europea como es el caso de España, han establecido como límites máximos permisibles 10mg/l. Es importante mencionar que en esta parte (corredor urbano del municipio de Soacha) correspondiente a la zona baja de la subcuenca del *río* Soacha, las actividades domiciliarias e industriales que vierten sus aguas de desecho de manera directa e indirecta al río afectan e incrementan de manera considerable los índices de contaminación generados por este elemento químico. En la Figura 13, se muestran los valores obtenidos para este parámetro químico, encontrados durante los dos análisis realizados en la parte alta, parte media y parte baja de la subcuenca del río Soacha.

Nitrógeno amoniacal: Los valores obtenidos para este parámetro químico no muestran cambios significativos en ninguno de los puntos de vertido analizados tanto en la parte alta como en la parte media de la subcuenca; sin embargo en la parte baja correspondiente al sector urbano del municipio de Soacha, se observa un aumento significativo en los puntos 26, 27 y 28 (Tablas 9 y 12) durante los dos análisis realizados en los meses de octubre y noviembre de 2012, el aumento de nitrógeno amoniacal en esta parte de la subcuenca se debe principalmente al vertimiento de aguas con altos niveles de nitratos producto del elevado desarrollo industrial y urbano (Martínez, Alvarado & William, 2001); a medida que el río abandona la parte urbana del municipio, los niveles de nitrógeno amoniacal van disminuyendo, ya que no se evidencian actividades agrícolas, domiciliarias ni industriales que afecten de manera considerable este parámetro.

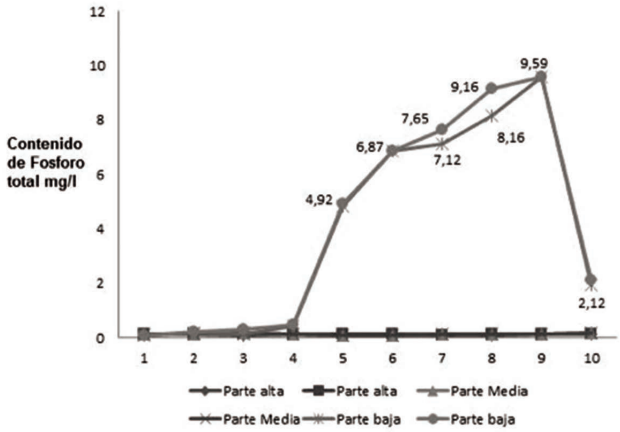

Figura 12. Valores de fósforo obtenidos de los dos análisis realizados en las partes alta, media y baja de la subcuenca del río Soacha

Se ha observado que un problema común a muchas industrias es la concentración de nitrógeno amoniacal en sus vertidos, que supera el valor máximo permitido por la legislación. La mayoría de los casos se debe a la unión de las aguas residuales industriales con el vertido residual de aguas sanitarias, donde se origina el nitrógeno amoniacal por reacciones microbianas sobre los residuos orgánicos disueltos (Carreras *et a*l., 2005). Al igual que para el caso del fósforo, la normatividad Colombiana que regula los parámetros y valores permisibles de este tipo de sustancias no tiene establecido este parámetro químico, países como México, Argentina, Perú, Chile, Cuba y otros de la comunidad europea como es el caso de España han establecido como límites máximos permisibles de 10 a 15mg/l. Teniendo en cuenta este valor, es importante mencionar que en esta parte (corredor urbano del municipio de Soacha) correspondiente a la zona baja de la subcuenca del río, las actividades domiciliarias e industriales que vierten sus aguas de desecho de manera directa e indirecta al río afectan e incrementan de manera considerable los índices de contaminación de nitratos y nitritos, los cuales son altamente tóxicos para peces y otros organismos acuáticos que allí habitan (Gobierno de Cantabria, 2006).

La presencia de nitratos normalmente proviene de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales (Carreras *et al.,* 2005). En la figura 14, se muestran los valores obtenidos para este parámetro químico, encontrados durante los dos análisis realizados en las partes alta, media y baja de la subcuenca del río Soacha.

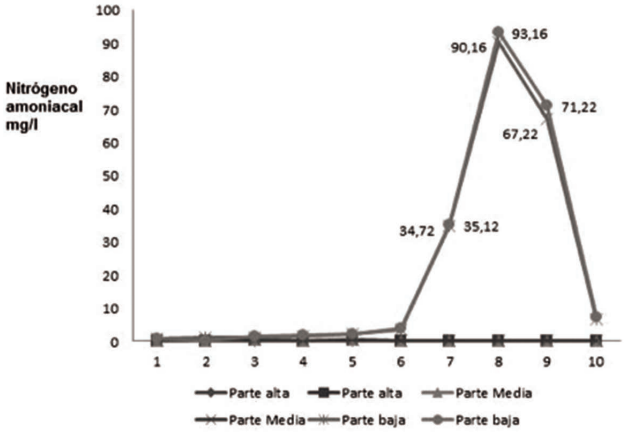

Figura 13. Valores de nitrógeno amoniacal obtenidos de los dos análisis realizados en las alta, media y baja de la subcuenca del río Soacha

Nitrógeno total (Kjeldahl): Los valores obtenidos para este parámetro químico no muestran cambios significativos en ninguno de los puntos de vertido analizados tanto en la parte alta como en la parte media de la subcuenca; en la parte baja, en la cual se inserta el corredor urbano del municipio, se observa un aumento significativo en los puntos 26, 27 y 28 (Tablas 9 y 12) durante los dos análisis realizados en los meses de octubre y noviembre de 2012, el aumento del nitrógeno total en esta parte de la subcuenca se debe principalmente a la alta actividad industrial y domiciliaria cuyos productos son vertidos de manera irresponsable al río, al abandonar el río el corredor urbano del municipio, comienza a bajar el contenido de nitrógeno, dado a la poca actividad ejercida en esta parte de la subcuenca en la vereda Bosatama. El aumento del nitrógeno en aguas superficiales aumenta el crecimiento de algas que afectan la vida de los organismos allí presentes.

Al igual que los casos anteriores, para el caso del nitrógeno Kjeldhal, la normatividad Colombiana que regula los parámetros y valores permisibles de este tipo de sustancias, no tiene valores establecidos para este parámetro químico; en países como México, Perú y Chile se han fijado como límites máximos permisibles 35 y 40 mg/l. Teniendo en cuenta este valor, es importante mencionar que en esta parte (corredor urbano del municipio de Soacha) correspondiente a la zona baja de la subcuenca, las aguas que se vierten al río como producto de las diversas actividades domiciliarias e industriales tienen alto contenido de nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico que afectan de manera considerable la calidad química y física el agua. En la Figura 15, se muestran los valores obtenidos para este parámetro químico, en los dos análisis realizados en las partes alta, media y baja de la subcuenca del río Soacha.

Análisis microbiológicos

Coliformes fecales: Los valores obtenidos para este parámetro microbiológico, muestran que desde la parte alta de la subcuenca del río Soacha punto de vertido 6 (Tablas 7 y 10), comienzan a incrementarse de manera gradual los valores de coliformes fecales hasta el punto de vertido 12, a partir el punto de vertido 13, hasta el punto 29 (Tablas 8 y 11) correspondientes a la parte media de la subcuenca, se evidencia un aumento considerable de este parámetro, el cual muestra unos pequeños picos de aumento y descenso, posiblemente por las condiciones de la zona y la ubicación de las viviendas. A partir del punto 21 (Tablas 9 y 12) que corresponden a la parte baja de la subcuenca se evidencia un aumento exponencial bastante significativo de coliformes fecales.

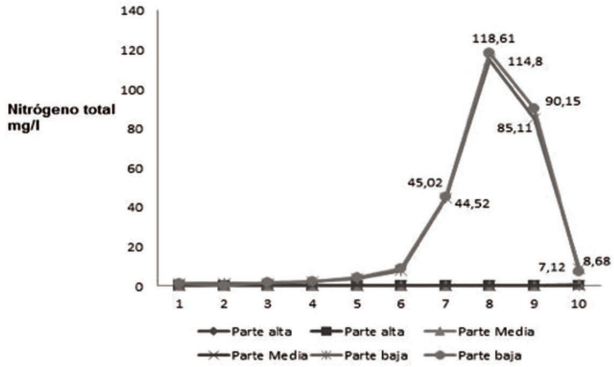

Figura 14. Valores de nitrógeno total obtenidos en las partes alta, media y baja de la subcuenca del río Soacha

Esto se debe a la presencia de industrias, fábricas y viviendas que vierten de manera directa o indirecta (pozos sépticos inapropiados) al río las aguas de desecho (aguas negras), así como las heces fecales que son depositadas de manera directa por animales presentes en la zona como felinos y caninos. Los resultados demuestran que a partir del punto de vertido 6 (Tablas 7 y 10), casi todos los demás puntos analizados muestran, según estándares internacionales (criterio máximo permisible de 200 microorganismos por cada 100 ml de agua analizada), que no cumplen el rango permitido. Lo anterior nos indica que hay una notable fuente de contaminación, que en la mayoría de los casos es de origen fecal, este sigue siendo uno de los mayores problemas en el uso del agua en muchas de las áreas en las cuales es fundamental su utilización (Bern *et al*., 1999).

Los indicadores microbiológicos de contaminación fecal clásicos han sido aquellos microorganismos de la flora saprofita del intestino, que se encuentran muy abundantes y en el mayor número de individuos de la población. Los grupos de microorganismos más habituales en heces humanas son *Bacteroides fragilis,* y *Escherichia coli*. Muchos de estos microorganismos no son exclusivos del intestino humano, sino que forman parte también de la flora intestinal de diversos animales de sangre caliente. Esto es importante, ya que la contaminación fecal causada por animales puede entrañar riesgos sanitarios, por lo que hay que considerar los microorganismos más abundantes y frecuentes en las heces de los animales, sobre todo en los de producción (vaca, cerdo, oveja, caballo, gallina, pato y pavo). En todos ellos encontramos coliformes, que son los microorganismos con mayor frecuencia encontrados (Ureña, 2009).

Sabiendo que el Decreto 1594 de 1984 no establece los criterios de calidad admisibles para este parámetro, es importante mencionar que desde la parte media de la subcuenca, hasta la desembocadura del rio en la vereda Bosatama, se evidencia un alto contenido de coliformes fecales que ponen en riesgo la salud de las personal y animales que se encuentran a sus alrededores; ya que esto incrementa la migración e insectos, roedores y otros vectores que acrecientan el problema. En la figura 16, se reflejan los resultados consolidados de los dos análisis realizados de este parámetro microbiológico, allí se presentan los valores obtenidos en cada una de las zonas estudiadas, así como los valores máximos obtenidos en el segundo análisis, efectuado en noviembre de 2012, de la subcuenca parte baja donde se registran los mayores valores.

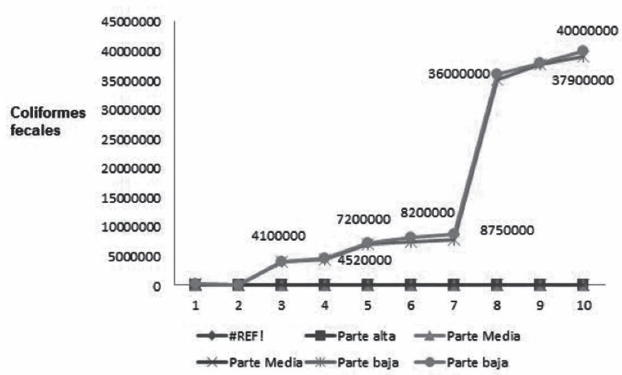

Figura 16. Coliformes fecales obtenidos en las partes alta, media y baja de la subcuenca del rio Soacha

Coliformes totales: Los valores para las coliformes totales muestran el mismo comportamiento en cada una de las zonas estudiadas de la subcuenca el río Soacha, por ende no es necesario describir los causales de su incremento, ya que están muy asociados con los descritos anteriormente.

Conclusiones

Los tipos de vertido domiciliario, industrial y minero son los responsables directos de la contaminación del río Soacha en la parte baja de la subcuenca.

La contaminación del río Soacha en su parte media y baja es generada por los altos niveles de fósforo, nitrógeno y heces fecales que son vertidas de manera directa o indirecta al río, como producto de las diversas actividades domiciliarias, industriales y mineras ejercidas.

La parte baja de la subcuenca del río Soacha es la zona que presenta más problemas de contaminación del recurso hídrico.

Las autoridades ambientales y municipales de Soacha deben tomar medidas efectivas que permitan controlar el tipo de vertimientos que son arrojados al río y proponer programas y proyectos encaminados a su recuperación y conservación.

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a la Alcaldía Municipal de Soacha, a la junta de acción comunal de la vereda Fusungá y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por hacer posible la realización de esta investigación, la cual es de alto impacto para las comunidades del municipio, asentadas a lo largo y ancho del rio Soacha.

Literatura citada

1. APHA-AWWA- AWWA CF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid España.
2. Barceló, D. (2003). Emerging pollutants in water analysis TrAC Trends in Analytical Chemistry. Vol. 22. 14-16 p.
3. Bern, C., Hernández, B, López, M.B., Arrowoo, M.J., Álvarez, M De Mérida, A.M., Hightower, A. W., Venczel, L., Herwaldt, B.L. & Klein. R.E. (1999). Epidemiologix studier of cysclospora cayetanensis in Guatemala. *Emerging infectious diseases. Vol. 5.* No. 6:458 – 472.
4. Bester K. (2007). Personal care Compounds in the Environment. Pathways, Fate and Methods for determination. Ed. Wiley VCH, Alemania. 297-305p.
5. Candela Lledó L. (2007). Contaminación de las aguas subterráneas: tipo doméstico e industrial. Departamento de Ingeniería del Terreno y Geociencias. (Tesis de maestría) Universidad Pedagógica de Colombia. 85-89p.
6. Carreras C., Francesc, E., Coda, M., Rueda H., A.; Peña H., R. & Pujol, O. (2005). Eliminación del nitrógeno amoniacal en aguas sanitarias residuales. *Revista de ingeniería química Nº. 420*:161-168p.
7. Christian G. (2004). Non-regulated water contaminants: emerging research *Environmental Impact Assessment Review, Volume 24*: 711-732.
8. Contraloría General de la Republica (2010). Recuperado de: http://www.contraloriagen.gov.co/
9. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2007). Estudios mediombientales de la cuenca del río Bogotá. Folletos.
10. Decreto 1594 de 1984. Usos del agua y residuos líquidos. Recuperado de: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617.
11. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2010) Censo experimental de población y vivienda en el municipio de Soacha. Departamento administrativo Nacional de estadística dirección de censos y demografía Bogotá, D.C. Recuperado de: http://190.25.231.247/books/ld_10752_ej_5.pdf.
12. Efroymson, R.A., Jones, D.S. & Gold, A.J. (2007). "An Ecological Risk Assessment Framework for Effects of Onsite Wastewater Treatment Systems and Other Localized Sources of Nutrients on Aquatic Ecosystems." *Human and Ecological Risk Assessment 13*:574-614p.
13. Empresa de salud ESE del municipio de Soacha (2012) Recuperado de: http://esesoacha.gov.co/SEDES.html.
14. Forero A., G. (2012). Información obtenida directamente de la zona de estudio durante las visitas de recorrido y de toma de muestras.
15. Fundación planeación ecológica y Ecoforest. (2011). Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá Subcuenca del Río Soacha - 2120-07. Soacha Colombia.
16. Gobierno de Cantabria. (2006). Vigilancia de las aguas litorales periodo 2005-2006. Tomo III Documento de síntesis. Recuperado de: http://dma.medioambientecantabria.es/estudios/Red_calidad/sintesis.pdf
17. Limpiology (2012). Escala de pH. Recuperado de: http://www.limpiology.es/que-es-el-ph/
18. Lusk, M., Toor S.G., & Obreza, T. (2013). Onsite Sewage Treatment and Disposal Systems: Phosphorus.University of Florida.IFAS. Recuperado de: http://edis.ifas.ufl.edu/ss551.
19. Martínez, G., Alvarado, J. & William, W. (2001). Estudio físico-químico de las aguas superficiales de la cuenca baja y pluma del río Manzanares. *Interciencia Vol. 26* No. 8. 342 - 351p.
20. Montalvo, J. F. (2009). Dissolved oxygen and organic matter in inner water bodies of the Sabana - Camagüey Archipelago, Cuba.
21. Mueller, D.K., & D.R. Helsel. (1996)."Nutrients in the Nation's Waters Too Much of a Good Thing?" U.S. Geological Survey Circular 1136. Recuperado de: http://pubs.usgs.gov/circ/circ1136/.
22. Municipio de Soacha (2012). Recuperado de: http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1490062
23. Pinto ED. (2005). Desplazamiento no es un juego de niños. Aproximación a las condiciones de la infancia y la familia en situación de desplazamiento reubicadas en el municipio de Soacha. *Revista del Departamento de Trabajo Social, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia 7,* 111-123p.
24. Raymond, C. (2002). Química de Chang. Séptima edición. Editorial Mc Graw-Hill. Madrid España.
25. Sancha, A. M. (2002). Evaluación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas con compuestos orgánicos volátiles. Caso de la ciudad de Santiago de Chile. XXVIII Congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental. México.
26. Sánchez–Chardi, Peñaroja A., Olivera, C., A., & Nadal, J. (2007). Bioaccumulation of metals and effects of a landfill in small mammals. Part II. The wood mouse, Apodemus sylvaticus. *Chemosphere 70:* 101–109p.
27. Schindler, D.W. (1977). "Evolution of Phosphorus Limitation in Lakes." Science 195:260p.
28. Simonich, S.L. (2000). Trace analysis of fragrance materials in wastewater and trated wastewater. *Environ. Sci. Technol. 34*:959-965p.

29. Spehar, R.L., Christensen, G.M., Curtis, C., Lernke, A.E., Norberg, T.J. & Pickering, Q.H. (1992). Effects of Pollution on Freshwater Fish. *Water Pollution Journal WPCF 54* (6):877-922 p.

30. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed. (2000).

31. Tallon, P. & Magajna, B. (2005). Microbial indicators of faecal contamination in water: a current perspective. *Water, air, and soil pollution 166*,139-166p.

32. Tjandraatmadja, G., C. Pollard, C. Sheedy, & Gozukara, Y. (2010). "Sources of Contaminants in Domestic Wastewater: Nutrients and Additional Elements from Household Products." CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship.

33. Ureña, J. (2009). Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de aguacate. Recuperado de: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00191.pdf.

34. Wilhelm, S.R., S.L. Schiff, & Robertson, W.D. (1994) "Chemical Fate and Transport in a Domestic Septic System: Unsaturated and Saturated Zone Geochemistry." *Environmental Toxicology and Chemistry 13*:193-203p.

35. Yates, M.V. (2007). Classical indicators in the 21st century-far and beyond the coliform. *Water Environmental Research 79* (3): 279-86p.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 06 de abril de 2015
Aceptado: 27 de mayo de 20154