

ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR LA CONTAMINACION POR ORGANISMOS BACTERIANOS PATOGENOS, EN LA FUENTE ABASTECEDORA DE AGUA DEL ACUEDUCTO DE LA CIUDAD DE PEREIRA

RESUMEN

El río Otún es la principal fuente de abastecimiento de agua potable para los municipios de Pereira y Dosquebradas, sin embargo en los últimos 40 años una serie de desarrollos agrícolas y pecuarios han incrementado, tanto la frontera agrícola como la población localizada aguas arriba de la bocatoma del acueducto. En forma simultánea y conforme se ha dado el desarrollo agropecuario y poblacional, la calidad del agua, especialmente manifestada con los indicadores de contaminación bacteriológica, se ha deteriorado. En esta investigación, se analizaron cada una de las posibles causas de contaminación bacteriológica a fin de determinar su influencia o aporte al río y establecer una serie de estrategias para su prevención y control. Los resultados indican que las principales causas de deterioro, están asociadas a inadecuadas prácticas agrícolas y a vertimientos de residuos sólidos y líquidos a los diferentes cuerpos de agua, procedentes de granjas avícolas y porcícolas, de asentamientos humanos, así como de cultivos asociados a abonos no estabilizados localizados en dicha área.

PALABRAS CLAVES: calidad del agua, contaminación bacteriológica, agua potable.

ABSTRACT

Otún river is the main source of water supply for Pereira and Dosquebradas cities. Over the last forty years agricultural and productive developments have increased the rural population over its basin upstream of the derivation of aqueduct. Simultaneously water quality has been affected over the years, especially, bacteriological aspects. In this research every cause of bacteriological water quality detriment was assessed in order to know its influence and to make priorities for prevention and control. The results shown that agricultural practices, solid waste and waste water from pig and hen farms and waste water from small villages are the main sources of bacteriological pollution. Strategies for prevention and control of contamination were analyzed and formulated from the point of view of cleaner production.

KEYWORDS: *Water quality, bacteriological pollution, drinking supply.*

1. INTRODUCCION

El río Otún reviste gran importancia para el municipio de Pereira, ya que desde 1936 se ha constituido en la única fuente abastecedora de agua de su acueducto. Aproximadamente medio millón de habitantes de la ciudad de Pereira y parte de Dosquebradas, es abastecido de agua potable proveniente del río Otún; presentándose una demanda creciente del recurso, a raíz del acelerado crecimiento de estas dos ciudades¹. Para satisfacer los

requerimientos de agua para consumo humano, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira – EAAP- capta del río Otún un caudal equivalente a 1.8 m³/s, en el sitio conocido como Nuevo Libaré, ubicado en la vereda El Porvenir. Desde la vereda San José hasta la vereda La Florida (incluida) se ha delimitado la cuenca media del río Otún. En esta zona se presentan la mayor dinámica socioeconómica y densidad de población de la región comprendida entre el punto de captación y el nacimiento del río Otún (parte alta). Las actividades económicas predominantes en el área son el cultivo de la cebolla larga (*Allium fistulosum*), de café (*Coffea*) y el establecimiento de un importante número de granjas avícolas y porcícolas.

¹ Según el Plan Estratégico de Acueducto y Alcantarillado, de la EAAP 1997; en los últimos años ha habido un incremento atípico en el número de suscriptores (8% anual).

CLAUDIA LORENA TREJOS GÓMEZ

Administradora del Medio Ambiente
Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento
loretre@ambiental.utp.edu.co

LILIANA ISAZA VALENCIA

Administradora del Medio Ambiente
Grupo de Investigación en Biotecnología Vegetal
lilisaza@utp.edu.co

DIEGO PAREDES CUERVO

Profesor Asistente
Grupo de Investigación en Agua y Saneamiento
Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad Tecnológica de Pereira
diparede@utp.edu.co

Producto de los diferentes usos dados al suelo en la cuenca media del río Otún, el recurso hídrico ha sido afectado por contaminación con excretas de humanos y animales, deteriorando así la calidad de éste. Aunque son varios los parámetros indicadores de calidad de agua, revisten gran trascendencia los bacteriológicos (Coliformes Totales-CT-, Coliformes Fecales-CF- y *Estreptococos Fecales-SF-*), ya que las concentraciones de organismos bacterianos de origen fecal han tenido, de manera indeseada, incrementos en el punto de captación de agua para la ciudad de Pereira, tal como se aprecia en la figura 1. Esto es de suma importancia, pues siguiendo a Galvis (1999) "... fallas en la protección de las fuentes o en el tratamiento del agua captada, ponen a la comunidad en riesgo de sufrir enfermedades transmisibles, particularmente, los niños, ancianos o, en general, la población con deficiencias en su sistema inmunológico".

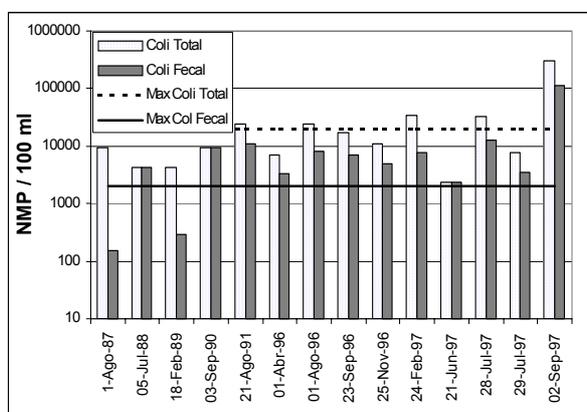


Figura 1. Coliformes Fecales y Totales del río Otún, antes de la bocatoma del acueducto de Pereira. Fuente: UTP, 1998.

Aunque existe todo un marco normativo para mitigar o disminuir la contaminación bacteriológica, su desarrollo no ha sido posible debido principalmente a la carencia de información sobre los aportes y responsabilidades de cada uso del suelo sobre la contaminación bacteriológica y es a este nivel en donde el proyecto pretende contribuir.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Delimitación de la zona de estudio

El área de estudio (2.155 Has) está comprendida entre las veredas: El Porvenir, La Bananera, La Florida y Plan El Manzano, pertenecientes al corregimiento La Florida en el municipio de Pereira; Volcanes, Cedralito, Puente Albán-La María, y San Juan-San Marcos, pertenecientes al corregimiento Veredas Unidas del Sur, en el municipio de Santa Rosa de Cabal. Esta zona donde se llevó a cabo

el proyecto, se delimitó de acuerdo a usos del suelo preestablecidos según el impacto generado sobre el recurso hídrico, en cuanto a su calidad bacteriológica. Los usos del suelo considerados fueron: cultivos de cebolla, establecimientos avícolas y porcícolas y asentamientos humanos. La delimitación del área se hizo con el programa *Arc View 3.2*, diseñando un corredor (*Buffer*) de 1.5 Km. a ambas márgenes del río Otún.

2.2. Estimación del aporte de contaminantes bacteriológicos, que cada uso del suelo hace sobre el río Otún

Para estimar dicho aporte se realizó un programa de muestreo, efectuando inicialmente un premuestreo; con el propósito de determinar el tamaño óptimo de la muestra, así como de estandarizar los procedimientos para el adecuado análisis en el laboratorio. Con los datos obtenidos en el premuestreo, y con una confiabilidad del 95%, se calculó el tamaño de la muestra. El premuestreo se llevó a cabo durante los meses de agosto a diciembre de 2000; y el muestreo en el periodo comprendido entre febrero y agosto de 2001. Todas las muestras tomadas fueron compuestas².

Debido a las características de las posibles fuentes de contaminación bacteriológica, así como de sus transformaciones o tratamientos a que son sometidas, se seleccionaron varios tipos de muestras a analizar: gallinaza fresca -GF- (en galpón), gallinaza deshidratada -GD- (con tiempo mayor o igual a mes y medio en marquesina) y gallinaza molida -GM- (deshidratada, molida y empacada) en lotes de aves ponedoras; pollinaza fresca -PF- y pollinaza deshidratada -PD-, para lotes de pollos de engorde; porquinaza fresca -Porq- (en cocheras), porquinaza almacenada -PorqAlm- (en estercoleras y marquesinas) y aguas residuales de porcícolas -ARP-; suelo más gallinaza fresca -S+GF-, suelo más pollinaza deshidratada -S+PD-; y aguas residuales domésticas -ARD-.

También se tomaron muestras sobre el río Otún, para lo cual se identificaron y georeferenciaron tres puntos de éste a su paso por la zona de estudio: Antes de La Florida, Después de La Florida y en la Bocatoma. Con el fin de relacionar caudal con contaminación bacteriológica e identificar en la fuente hídrica el principal aportante de contaminación; simultáneo a la toma de muestras, se realizaron aforos en cada uno de los puntos durante los meses de mayo a agosto de 2001. Para toda la investigación, se tomaron en total 92 muestras.

El análisis de las muestras se hizo utilizando la técnica de colimetría, mediante la prueba de tubos múltiples de fermentación, estimándose así la concentración de organismos patógenos (CT, CF y SF), presente en las

² Son la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos.

muestras. Para las muestras sólidas se procesaron 11 g y para las líquidas 10 ml. Los resultados de las pruebas de laboratorio, fueron expresados en NMP/100 ml, para cada uno de los tres parámetros analizados. Una vez obtenidos dichos resultados, se procedió a graficarlos en cajas esquemáticas, empleando un *software* estadístico. La medida de tendencia central empleada para interpretar los resultados fue la mediana ya que ésta...”es un promedio de posición cuyo valor depende del número de datos y no de la magnitud de los valores extremos, constituyéndose en un valor útil para evaluar y definir datos de variabilidad alta”. Según Romero (2000).

En relación a las muestras tomadas en el río, sus resultados se graficaron vinculando caudales con concentraciones de los parámetros, mediante cargas contaminantes. Para la identificación de la principal o principales fuentes de contaminación en la corriente hídrica, se empleó la relación CF/SF, pues ésta permite identificar el origen (animal o humano) de la contaminación bacteriológica en el agua.

2.3. Identificación y priorización de estrategias

Inicialmente, se identificaron opciones estratégicas, calificando su viabilidad, para así seleccionar las estrategias que posteriormente fueron priorizadas. Una vez consensuadas diferentes posiciones, se formularon perfiles de proyectos para cada una de las estrategias seleccionadas, así mismo, se establecieron las actividades que conllevarían cada uno de ellos.

3. RESULTADOS Y ANALISIS

Un resumen de los principales resultados obtenidos (valores promedio y error estándar), para cada uno de los parámetros evaluados, se presenta en la figura 2. En términos generales para las muestras analizadas, se observa una igualdad entre los valores de coliformes totales y fecales, exceptuando a aquellas que se encuentran combinadas con suelo (S+PD y S+GF). Contrariamente, los reportes de estreptococos fecales presentan una gran variabilidad para cada una de las fuentes de contaminación estudiadas.

El análisis de colimetría revela que en relación a CT, las medianas más altas se registraron en las muestras de gallinaza, pollinaza y porquinaza frescas, así como en las de porquinaza almacenada, dado que el 70% de las muestras procesadas arrojaron valores iguales o mayores a 10^8 . En cuanto a los más bajos, se tuvo que se presentaron en las muestras de suelo más pollinaza deshidratada, con unidades exponenciales iguales a 10^5 NMP / 100 ml. Con respecto a CF se observó que, exceptuando las muestras de porquinaza almacenada los

valores más altos coinciden con los de CT, tanto en unidades exponenciales como en tipo de muestras. Esto permite inferir que los coliformes presentes en estas muestras son sólo de origen fecal, ya que las condiciones

son más favorables, pues se encuentran aislados de otros grupos de coliformes, tales como los provenientes del suelo; en tanto que los valores más bajos fueron revelados en las muestras de suelo más pollinaza deshidratada (10^4 NMP/100 ml), seguidas de las de suelo más gallinaza fresca (10^5 NMP/100 ml). Relacionado a SF se encontró el mayor contenido de estreptococos fecales en las muestras de porquinaza almacenada, con un valor de la mediana igual a 2.4×10^5 NMP/100 ml; en tanto que las muestras de suelo más pollinaza deshidratada, suelo más gallinaza fresca, pollinaza deshidratada y gallinaza deshidratada, registraron valores de 0 NMP/100 ml. De los tres indicadores tenidos en cuenta, el de SF, fue el que evidenció menor proporción.

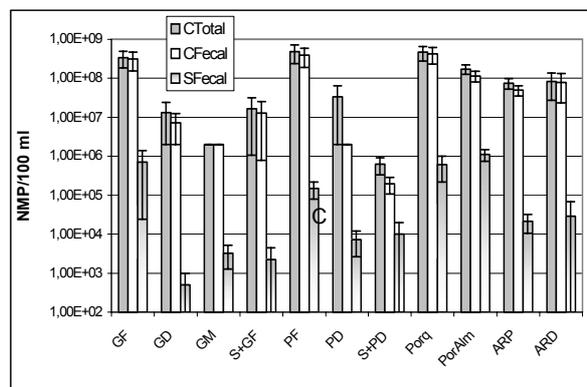


Figura 2. Valores promedio de CT, CF y SF para diferentes fuentes de contaminación en la zona de estudio, 2002.

Puesto que las muestras de porquinaza almacenada, registraron valores muy altos en los tres parámetros, se puede inferir que la acumulación de éstas bien sea en estercoleras o marquesinas y el manejo que allí se les da, permiten un ambiente propicio para la existencia y proliferación de este tipo de contaminante bacteriológico, aunque se realice un mínimo tratamiento de desinfección de estos residuos en los diferentes establecimientos.

De otro lado, las muestras líquidas (aguas residuales domésticas y de porquerizas), presentan el mismo comportamiento de las muestras sólidas frescas, en cuanto a igualdad en los valores de las medianas en términos de unidades exponenciales para los parámetros de CT y CF (10^6 NMP/100 ml y 10^7 NMP/100 ml, para ARD y ARP, respectivamente). Los valores reportados para aguas residuales domésticas coinciden con los establecidos en documentos relacionados con el tema, pues argumentan que en las aguas residuales sin tratar de diversas comunidades, se encuentran en promedio 10^6 CF en 100 ml. Modificado de OPS (1996).

En términos generales, tomando los datos de las muestras provenientes de las avícolas (gallinaza y pollinaza), se tiene que no existe variación en los valores de las medianas, es decir, el comportamiento de las muestras frescas y deshidratadas indistintamente del tipo de ave es igual, esto es, 10^8 NMP/100 ml para las primeras y 10^6

NMP/100 ml para las últimas, en CT y CF. Existe en promedio una remoción del 98% que en apariencia es alta, pero debido a la magnitud de los valores de CT y CF para muestras frescas, esta remoción podría no ser la adecuada. Al contrario de lo que se esperaba, el valor de la mediana en SF para la gallinaza molida, fue muy alto (2.5×10^3 NMP/100 ml) y más teniendo en cuenta que para la gallinaza y pollinaza deshidratadas se registraron datos de 0 NMP/100 ml, constituyéndose éste en un valor de difícil credibilidad.

En los reportes de las muestras de suelo, se evidencian dos aspectos importantes: en primer lugar, al contrario de lo que se venía presentando en las muestras analizadas anteriormente, existe una diferencia en la carga bacteriana, entre CT y CF; mostrando que no todos los CT son de origen fecal. Según OPS (1987), es preciso tener en cuenta que las bacterias coliformes totales no provienen sólo de los animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y el suelo; en segundo lugar, las muestras de suelo con aplicación de abono orgánico fresco, presentaron un contenido bacteriológico más alto que los suelos con abono orgánico deshidratado.

Con relación al trabajo efectuado en el río Otún, al calcular las cargas contaminantes de CT y CF para los tres puntos se encontraron valores iguales, situación que puede obedecer a: primero, un gran aporte de contaminantes de origen fecal; segundo, que los caudales fueron mínimos, así mismo las diluciones, pues el 78% del estudio se adelantó en época de verano; y por último, a que los factores bióticos y abióticos favorecen la existencia de este tipo de bacterias en el medio. Los SF tuvieron un comportamiento diferente en el último punto; en tanto que para los dos primeros fueron iguales a CT y CF. Lo anterior, tal vez responde a fallas en el tratamiento dado a las muestras, específicamente para este indicador, y más si se considera que según OMS (1993), los SF raramente se multiplican en el agua contaminada, y son más persistentes que los CT y CF. Claramente los resultados reflejan que existe un incremento de 10 veces en el número de microorganismos por día, para CT y CF entre sitios consecutivos, siguiendo el curso de la corriente. Ver Tabla 1.

Punto	Mediana Número de Microorganismos/día		
	CT	CF	SF
Antes de La Florida	6.3×10^{13}	1.7×10^{13}	1.16×10^{13}
Después de La Florida	7.0×10^{14}	4.08×10^{14}	1.23×10^{14}
Bocatoma	1.3×10^{15}	1.18×10^{15}	0

Tabla 1. Cargas contaminantes en el río Otún, según punto de muestreo

La aseveración anterior es debida a las diferentes actividades antrópicas llevadas a cabo entre los puntos

estudiados. Se tiene entonces, que antes del centro poblado de La Florida (Punto 1), se registran las cargas más bajas, dado que la dinámica socioeconómica es menor, pues los mayores usos del suelo dados aguas arriba están representados en áreas de bosque y zonas protectoras, donde existe poca población humana y de animales confinados. Con respecto al Punto 2, ubicado después del centro nucleado de La Florida, se tiene que reporta valores superiores al punto 1, ya que a esta altura, el río ha pasado por la zona de mayor actividad agropecuaria y concentración poblacional del área de estudio. Pese a que el río ha aumentado su caudal por afluencia de corrientes; no se logra una dilución del contenido bacteriológico del mismo. En la Bocatoma, último punto muestreado, el río presenta cargas contaminantes de CT y CF 100 veces más altas que Antes de La Florida. Esta situación es generada por el vertido de aguas residuales de origen doméstico y agropecuario, que sobre el río hacen las áreas nucleadas (La Florida y La Bananera) y dispersas (Plan El Manzano, Puente Albán-La María, Cedralito, San Juan-San Marcos y Volcanes) así como por el aporte de fuentes de toda la zona.

De acuerdo a la información proporcionada por el índice (CF/SF); entre los puntos 1 y 2 se tendría que, la contaminación bacteriológica proviene tanto de fuentes humana como animal, puesto que los valores no se encuentran por debajo de 0.6, ni por encima de 4; que indicaría origen animal y humano respectivamente. A diferencia de estos puntos, en la Bocatoma, no se efectuó la identificación de la procedencia de la contaminación, ya que el recuento de SF dio un valor en su mediana igual a cero; sugiriendo posibles errores en el manejo y procesamiento de las muestras, máxime si se observa el comportamiento creciente de este indicador entre los dos puntos anteriores, sumado al hecho de que estas bacterias son más resistentes en el agua que los coliformes, característica enunciada anteriormente. Podría esperarse que al igual que en los otros sitios muestreados, en la Bocatoma, el origen fuera tanto humano como animal. Ver Tabla 2.

Punto	CF/SF
Antes de La Florida	1.46
Después de La Florida	3.31
Bocatoma	Indeterminado

Tabla 2. Relación CF/SF, según punto de muestreo

Es válido tener en cuenta que las muestras representan un punto aislado en el tiempo, así como situaciones particulares; y los resultados de los análisis se reportan con posterioridad a los hechos. Sin embargo, estudios como éste se constituyen en un insumo para futuras investigaciones.

Finalmente, como resultado del proceso de investigación, se proponen tres estrategias encaminadas a disminuir el

aporte de este tipo de organismos contaminantes en el río Otún:

Estrategia 1: Implementación y/o adecuación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales domésticas y de porquerizas.

La importancia de esta estrategia radica en el hecho de que las áreas nucleadas y dispersas, en términos generales carecen de sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas, o en el mejor de los casos, presentan sistemas que no operan adecuadamente, como en el centro poblado de La Florida. Esto, se da de igual forma, en los establecimientos porcícolas.

La factibilidad de que los proyectos que conforman esta estrategia se materialicen, puede ser alta, debido a que actualmente se están desarrollando estudios que apuntan a la implementación de estos sistemas; tal es el caso del proyecto denominado: “Diseños definitivos de los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de aguas residuales en los centros nucleados y unidades habitacionales dispersas en la cuenca alta y media del río Otún mediante mecanismos de sensibilización, participación y apropiación comunitaria”, adelantado por la Universidad Tecnológica de Pereira, en convenio con la CARDER y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira. Otro estudio que podría contribuir a la realización de este tipo de proyectos, es la elaboración, ejecución e implementación del “Plan de ordenamiento y manejo ambiental de la cuenca alta y media del río Otún”, el cual se encuentra actualmente en concurso público internacional.

A continuación, se perfilan los proyectos que se consideran integrarían la estrategia.

Proyecto 1: Diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado para centros nucleados, y de tratamiento de aguas residuales domésticas (ARD), para centros poblados y dispersos.

Proyecto 2: Construcción, operación y mantenimiento de sistemas de manejo y disposición final de aguas residuales de porquerizas (ARP).

Cualquier programa de saneamiento debe involucrar la participación y apropiación comunitaria para garantizar la sostenibilidad de los proyectos. La comunidad debe involucrarse directamente en todas las fases: la planeación de actividades, la selección de las tecnologías a emplear (que garanticen la remoción de un alto porcentaje de indicadores bacteriológicos), el dimensionamiento y localización de las unidades y la construcción y operación de los sistemas.

Estrategia 2: Implementación de una planta local de compostaje, para manejar excrementos de aves y cerdos.

La relevancia de esta estrategia estriba en la razón de que tanto en las granjas avícolas como porcícolas se generan grandes cantidades de desechos (heces + orina), que no reciben tratamiento de estabilización adecuado; los que en el caso de los provenientes de avícolas al ser usados en cultivos de cebolla, aromáticas, entre otros³, pueden llegar eventualmente a corrientes de agua.

Por lo anterior, los proyectos para esta estrategia, están enfocados al aprovechamiento de los residuos generados como materia prima para la obtención de un subproducto ambientalmente compatible y agrónomicamente apto: el compost.

La viabilidad de la estrategia está dada por los múltiples esfuerzos que a diferentes niveles se han venido dando. Se tiene por ejemplo que en diferentes ciudades del país entre ellas las del eje cafetero, se han suscrito convenios concertación para una producción más limpia entre el sector avícola y las Corporaciones Autónomas Regionales; reflejando un gran interés del gremio en trabajar hacia una actividad ambientalmente sostenible. Específicamente, en Pereira, el Nodo Regional de Producción Más Limpia –NRPML- y con el apoyo de la Federación Nacional de Avicultores –FENAVI-, está adelantando un proyecto de implementación de una planta de compostaje en un sector del municipio; con miras a replicarlo en otros lugares.

De otro lado, el gremio de los porquicultores, también ha mostrado interés en suscribir convenios de producción más limpia con la Corporación Autónoma Regional de Risaralda.

Cabe anotar, que la posibilidad de implementar una planta de compostaje que maneje tanto gallinaza, pollinaza y porquinaza, está dada entre otras cosas, por la disposición de propietarios tanto de avícolas y porcícolas, de asumir los costos que esto implicaría.

Los proyectos perfilados para esta estrategia son:

Proyecto 1: Construcción, operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento de residuos sólidos, generados en instalaciones avícolas y porcícolas.

Proyecto 2: Establecimiento de parcelas comparativas en cultivos que demanden abonos orgánicos.

El proyecto 1, pretende acopiar todos los excrementos producidos en las avícolas y porcícolas, y manejarlos hasta obtener un abono orgánico compostado, sin contenido de microorganismos patógenos, que deba reemplazar el que se ha venido aplicando en la zona.

³ Según agricultores de la zona, generalmente los diferentes cultivos son abonados una vez por ciclo productivo.

Se hace hincapié en que la planta no manejaría la gallinaza adicional que ingresa de otras zonas, tales como Quindío, Valle del Cauca, y otros sectores de Risaralda; por tanto se deben buscar los mecanismos normativos que restrinjan dicha entrada, garantizando así que todos los abonos que se empleen en los cultivos de la zona, estén debidamente estabilizados.

Debido a que se requiere demostrar los beneficios en términos ambientales y agronómicos al efectuar un cambio en el tipo de abono orgánico a emplear en los cultivos, es imprescindible el establecer parcelas comparativas en la zona que posibiliten la aceptación de la comunidad, asegurando la sostenibilidad del proyecto.

Ya que la producción de compost generaría para los agricultores un sobrecosto, se deben buscar los mecanismos tanto técnicos como legales que establezcan las vías factibles para asignarles subsidios.

4. CONCLUSIONES

Si bien, a los residuos líquidos y sólidos generados por los diferentes usos del suelo en la cuenca media del río Otún, se les da ciertos tratamientos, éstos no son los suficientemente aptos para disminuir al nivel deseado el contenido de organismos patógenos, antes de ser vertidos a las fuentes hídricas. Debido a esto, las actividades socioeconómicas desarrolladas aguas arriba de la bocatomía del acueducto de la ciudad de Pereira, contribuyen a generar un riesgo potencial para la comunidad que de éste se abastece.

Se tiene entonces, que el origen de la contaminación bacteriológica en el río Otún, obedece tanto a vertimientos sólidos y líquidos, generados en

establecimientos avícolas y porcícolas, así como en asentamientos humanos y en cultivos asociados a abonos orgánicos no estabilizados. Por tal razón, las acciones a desarrollar con el propósito de garantizar la calidad bacteriológica del río Otún, para consumo humano, se deben enfocar a todos los usos del suelo dados por encima de la captación del acueducto.

5. RECOMENDACIONES

Para garantizar la sostenibilidad de los proyectos encaminados a la disminución de los aportes de contaminantes bacteriológicos en el río Otún, la coordinación interinstitucional y la participación comunitaria, deben ser aspectos claves.

Con el ánimo de asegurar la reducción de contaminantes provenientes de fuentes difusas (cultivos asociados a abonos orgánicos), unido a la implementación de la planta de compostaje, se debe restringir el ingreso de abonos orgánicos no estabilizados a la zona.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira (EAAP). Plan estratégico de acueducto y alcantarillado de la EAAP, 1997.
- [2] GALVIS, Gerardo y LATORRE, Jorge. Filtración en múltiples etapas. Tecnología innovativa para el tratamiento de agua. Serie documentos técnicos. Universidad del Valle. Santiago de Cali, 1999. pp. 22-24.
- [3] Organización Mundial de la Salud (OMS). Guidelines for drinking-water quality. Volume 1. Recommendations. Geneva, 1993. pp. 14-19.
- [4] Organización Panamericana de la Salud (OPS). Guías para la calidad del agua potable. Volumen 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Washington D.C, 1987. pp. 6-7.
- [5] ----- Calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química, 1996.
- [6] ROMERO, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá, 2000. pp. 104.
- [7] Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Diagnóstico de calidad del agua de los ríos Otún, San Eugenio, Consota, Risaralda y Quebrada Dosquebradas. Pereira, 1996-1998.