



Revista ambientarium

PUBLICACIÓN SEMESTRAL DE LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

ISSN: 2389-8739



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Año 2 - No. 4

Julio - Diciembre de 2014



Universidad
Piloto de Colombia
UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

Presidente

José María Cifuentes Páez

Rectora

Patricia Piedrahíta Castillo

Director de Publicaciones y Comunicación Gráfica

Rodrigo Lobo-Guerrero Sarmiento

Director de Investigaciones

Mauricio Hernández Tascón

Coordinador General de Publicaciones

Diego Ramírez Bernal

Decano del Programa de Administración y Gestión Ambiental

Lina Constanza Franco Pardo

REVISTA AMBIENTARIUM©

Revista virtual de la Facultad de Ciencias Ambientales

ISSN: 2389-8739

Director

William Antonio Lozano-Rivas

Comité Editorial y Científico

Lina Constanza Franco Pardo
Decana Facultad de Ciencias Ambientales
Bacterióloga
MSc. en Ecoauditorías y Planificación Empresarial del Medio Ambiente
MSc. en Desarrollo y Saneamiento Ambiental

Yenny Constanza Román Nuñez
Coordinadora Nodal de Investigaciones - Arquitectura, Arte y Ciencias Ambientales
Licenciada en Química y Biología
Esp. en Gestión Ambiental Urbana

William Antonio Lozano-Rivas

Coordinador de Investigaciones y Publicaciones del Programa Administración y Gestión Ambiental

Ingeniero Ambiental y Sanitario

PhD. en Biotecnología - Ambiental

MSc. en Ingeniería del Agua

Exp. en Tecnología del Agua

Esp. en Creación de Modelos en Ecología y Medio Ambiente

Jairo Bárcenas Sandoval

Director de la Especialización en Gestión Ambiental Urbana

Esp. en Evaluación Social de Proyectos

Esp. en Gerencia Financiera

Esp. en Ingeniería Ambiental

Esp. en Mercados y Políticas del Suelo en América Latina

Rodrigo Fabián Calderón Muñoz

Jefe de Área Común de Medio Ambiente

Microbiólogo Industrial

Esp. en Antropología Forense

MSc. en Antropología Biológica

c.PhD en Ciencias - Bioantropología

Wilson Ariel Ramírez Hernández

Biólogo

PhD. en Biología - Ecología

Diseño y Diagramación

Departamento de Publicaciones y Comunicación Gráfica de la Universidad Piloto de Colombia

Fotografía Portada

Por: Luis Poletti, tomada de: <https://unsplash.com/luispoletti>, el 23 de Octubre de 2015.

La obra literaria publicada expresa exclusivamente la opinión de sus respectivos autores, de manera que no representan el pensamiento de la Universidad Piloto de Colombia. Cada uno de los autores, suscribió con la Universidad una autorización o contrato de cesión de derechos y una carta de originalidad sobre su aporte, por tanto, los autores asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta publicación.

Tabla de Contenido

4 Editorial

Lina Constanza Franco P.

7 Propuesta para elaborar los Lineamientos Ambientales de los aspectos abióticos (agua, suelo y aire) en el Parque Metropolitano El Tunal, Bogotá D.C.

Diego Fernando González Salazar (Autor)
Wilson Ariel Ramírez (Director)

44 Filtros verdes como una alternativa para la depuración del agua residual doméstica

Ángela Janeth Jaimes Rodríguez

50 Agua segura a partir del aprendizaje basado en problemas

Camilo Alberto Torres Parra

Editorial

Lina Constanza Franco P.

Decana

Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad Piloto de Colombia

¿Agua para la sostenibilidad o sostenibilidad para el agua?

Dos interrogantes igualmente importantes y quizá igualmente ciertos, tanto que, para muchos, todo propuesta por la sostenibilidad debe girar en torno al agua como recurso necesario y eje para garantizar la sostenibilidad de la vida; pero de igual manera, es imposible pensar en garantizar la preservación y conservación del recurso sin programas asociados a la sostenibilidad del sistema natural y social. No hay duda entonces del papel del agua y de los servicios ambientales asociados al agua, en la reducción de la pobreza, en el desarrollo económico y en la gestión de la sostenibilidad ambiental.

La necesidad de garantizar agua segura para las generaciones actuales y futuras, en

todas partes del mundo, puede considerarse uno de los más grandes desafíos. Sin duda el agua constituye uno de los temas prioritarios para las agendas internacionales y para la revisión y medición de los compromisos ambientales; así mismo es evidente la necesidad del fortalecimiento de las capacidades nacionales en torno al recurso hídrico y la investigación pertinente.

Si bien el planeta dispone de suficiente agua dulce, la distribución no es homogénea, como tampoco es equitativo el acceso. Los datos mundiales muestran que la insuficiencia de agua, particularmente de agua potable y para el saneamiento, se debe en gran medida a sistemas ineficientes de suministro y no solo a la falta del recurso.

Por ello, el agua libre de impurezas y accesible para todos es uno de los mayores

retos de la sociedad. Sin duda los esfuerzos deberán consolidarse desde la política, las relaciones internacionales, la gestión, la legislación, la ciencia y la tecnología, hasta la educación y la cultura ciudadana, sin descuidar repensar el uso y ahorro eficiente de este recurso.

Y es que se calcula que aproximadamente el 70% del agua disponible se destina a la agricultura, mientras que solo el 8% del se destina al uso doméstico. Dado que de la producción de alimentos depende la disminución de la pobreza y la supervivencia de la humanidad, el agua cobra ese lugar preponderante en las políticas públicas y en los retos globales futuros.

Por lo anterior y considerando que desde la seguridad alimentaria hasta la salud humana y del ambiente dependen del agua, se asocia la adecuada gestión del recurso con la mejora del bienestar social y la subsistencia de millones de personas.

Hay suficiente evidencia que el crecimiento constante de la actividad agropecuaria ha sido responsable de la degradación y pérdida de ecosistemas estratégicos en todo el mundo; ha sido común la práctica de talar los bosques —productores de agua—, convirtiendo esos terrenos en potreros para ganado o para cultivos —grandes consumidores de agua—. Se plantea entonces un dilema ético, entre otros, derivado del hecho de que la actividad que mayor cantidad de agua consume y, por tanto, más interesada en obtener grandes cantidades de ese recurso, sea precisamente la que ha ocasionado la devastación de sus fuentes.

En un segundo lugar, el consumo de agua se atribuye en aproximadamente el 22% al sector eléctrico y municipal, que a su vez es el mayor contaminante de los cuerpos de agua, resultado del mal manejo

de las aguas domésticas. Por ello, la gestión del agua urbana, la investigación y adaptación de tecnologías apropiadas, los programas de ahorro y uso eficiente del agua en el hogar y en la industria y hasta el fomento de una nueva cultura por el agua, requieren ser no solo considerados en los documentos de política, sino apropiados e implementados en la vida real, disminuyendo esa vulnerabilidad asociada al acceso al agua.

Informes anuales se dedican a evidenciar el estado de los recursos hídricos en el mundo, alertando entre otros del panorama a 10, 20 o 50 años, en torno a la disponibilidad y a la calidad del recurso y evidenciando entre otros aspectos las zonas y países de posible estrés hídrico, asociado en muchos casos más que a la escasez, al mal manejo. Más allá de las estadísticas, ojalá cada vez más, estos informes, contribuyan a proporcionar a los responsables de la toma de decisiones, los elementos necesarios para el desarrollo de acciones a favor de la sostenibilidad del agua.

De otra parte, la necesidad de una nueva cultura del agua se hace cada vez más necesaria y pertinente. Adicional al fomento de la investigación en las distintas aristas que la gestión del agua reclama, iniciativas mundiales como la “Educación para el Desarrollo Sostenible”, insisten en la necesidad de educar sobre el agua, incluyendo ciencias, tecnologías, saneamiento e higiene entre otras, así como la necesidad de estimular valores que promuevan la conciencia en torno al papel del agua en el desarrollo sostenible y viceversa.

Consecuente con lo anterior, imposible sería que en este “lugar para el ambiente” que es nuestra Revista *Ambientarium*, no diéramos el lugar que se merece el agua. En este cuarto número, tres artículos conforman un abanico

de experiencias ambientales que entre otros aspectos, abordan el agua de diversas formas. Así, los autores que participan en esta edición nos presentan sus artículos sobre lineamientos ambientales para los recursos abióticos (aire, agua y suelo) en un parque de Bogotá; los filtros verdes como alternativa para la depuración doméstica; y finalmente el agua segura, a partir del aprendizaje basado en problemas.

Se presenta en primer lugar, el artículo *Propuesta para elaborar los lineamientos ambientales de los aspectos abióticos (agua, suelo y aire) en el Parque Metropolitano El Tunal Bogotá D. C.*, a cargo de los autores Diego Fernando González, estudiante del programa de Administración y Gestión Ambiental y del docente investigador Wilson Ariel Ramírez, PhD, de la Universidad Piloto de Colombia. El artículo resalta la importancia de un parque metropolitano de la ciudad de Bogotá, dado su valor recreativo que beneficia a la población de la zona aledaña, y que aporta un servicio ambiental a la localidad y la ciudad en general. Sin embargo, el parque carece de un estudio ambiental que permita avanzar en proyectos que mejoren la estructura ecológica y la calidad de vida de los usuarios. Por ello, el artículo refleja el trabajo realizado por los autores y contribuye a la construcción de una línea base ambiental, como base para una adecuada gestión ambiental del parque.

Por su parte, la estudiante del programa de Administración y Gestión Ambiental Ángela Janeth Jaimes nos presenta su artículo titulado *Filtros verdes como una alternativa para depuración de agua residual doméstica*, que resume parte del trabajo

con el cual optó a su grado profesional. El artículo hace evidente la problemática relacionada con los problemas asociados a las aguas residuales domésticas, mostrando como una opción adecuada para la depuración, la tecnología conocida como filtros verdes. El escrito describe el estado del tema en el país y en el mundo y muestra las ventajas que tendría usar este tipo de tecnología, que tiene como objetivo la degradación biológica de los compuestos presentes en el agua residual.

Finalmente, el ingeniero ambiental y sanitario Camilo Alberto Torres, docente investigador del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia, es autor del artículo titulado *Agua segura a partir del aprendizaje basado en problemas*. El trabajo da cuenta de una experiencia social basada en problemas reales relacionados con la calidad de agua en una comunidad en alta situación de vulnerabilidad y sin acceso a agua de calidad, y frente a la cual, a través de un proyecto de aula, se fortalece el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) a la vez que se hace una propuesta técnica de solución. El método de aprendizaje, permitió orientar la propuesta de un método sencillo de filtración, el diseño del prototipo en laboratorio y su respectivo monitoreo, teniendo en cuenta los parámetros de calidad de agua, establecidos en la legislación ambiental vigente.

Con este panorama, nos queda solo reiterar la invitación a ser parte o continuar siendo parte de la comunidad de la *Revista Ambientarium* y en esta ocasión a seguir los caminos del agua y a disfrutar la lectura de estas experiencias ambientales y de este importante recurso.

Propuesta para elaborar los lineamientos ambientales de los aspectos abióticos (agua, suelo y aire) en el parque metropolitano el Tunal, Bogotá d.C.

Proposal to develop the Environmental Guidelines of abiotic aspects (water, soil and air) in the Parque Metropolitano El Tunal, Bogota DC

Diego Fernando González Salazar
Autor
Wilson Ariel Ramírez
Director

RESUMEN

El parque metropolitano El Tunal (P.M.E.T.), es el más importante para el sur de la ciudad de Bogotá D.C., ya que por su ubicación y área total es un centro de esparcimiento recreacional (pasivo y activo), tanto para la población circundante como para la de otras localidades. El objetivo del parque, además del recreativo, es generar para el usuario un ambiente confortable tanto dentro como en sus alrededores, ya que busca ser una zona ambientalmente sostenible dentro y en sus periferias, convirtiéndose en un nicho de vida y pulmón para el sur de la ciudad tan afectado por la industria y parque automotor. El P.M.E.T. posee un gran potencial para llegar al tal fin aunque, aun hoy en día, no ha podido realizarse debido a la gran dificultad que representan sus suelos no originarios que generan problemas adaptativos arbóreos y arbustivos, además de inundaciones, pérdida de suelo y minerales por arrastre de aguas,

PALABRAS CLAVE:

Creación de lineamientos, construcción investigativa, aspectos abióticos, eutrofización, vegetación, material particulado, pérdida de suelos originales, parque más importante del sur de la ciudad, trabajo de campo, cuerpos de agua, elodea, pérdida de suelos por arrastre, escasa cobertura vegetal, inundaciones, cercas vivas, descompactación del suelo, creación de linderos.

Recibido: 03 de Agosto de 2014.
Aprobado: 01 de Diciembre de 2014
(Acta de comité)

así como problemas en sus lagos. Lo más sorprendente es que el P.M.E.T. carece de documentación respecto a una línea base que genere alternativas y minimice dichos impactos. Para solventar esta situación, este documento pretende convertirse en línea base de información formal de la cual carecían las fuentes de documentación del parque, de tal forma que constituya un punto de partida para otros proyectos que pretendan mejorar la calidad de vida de los usuarios y la estructura ecológica del P.M.E.T.

ABSTRACT

The Parque Metropolitano El Tunal (P.M.E.T) is the most important park in the south of Bogota city, being a center of passive and active recreational amenities because of its location and total area, both for the surrounding population and for other locations. In addition to its recreational purpose, the park is intended to offer a comfortable atmosphere both inside and in the surrounding area, as it seeks to be an environmentally sustainable place, becoming a life niche and lung for the south of the city which has been affected by the industry and the heavy traffic in the area. The P.M.E.T. has great potential to reach that end, though it is still in the process, due to the great difficulty of its non-native soil, causing tree and shrub adaptive problems, in addition to flooding, loss of soil and minerals due to carryover, as well as problems in its lakes. The most surprising thing is that the P.M.E.T. lacks of baseline documentation aimed at finding alternatives and minimizing impacts. To overcome this situation, this paper aims to become formal information baseline lacked by the documentation sources of the park, in order to constitute a starting point for other projects intended to improve the quality of life of citizens and the ecological structure of the P.M.E.T.

1. INTRODUCCIÓN

El papel de los parques urbanos en grandes ciudades como Barcelona, Nueva York, San Pablo, Bogotá, entre otras; es minimizar un ambiente creado por la expansión industrial tecnológica que hemos adquirido, la cual ha transformado el ecosistema, afectando la calidad atmosférica, produciendo contaminación visual y auditiva, y deteriorando los cuerpos de agua y los suelos (Ormaecha, 2009).

Algunas funciones de los parques se adecúan a diferentes aspectos concretos que van desde los ambientales hasta los sociales. Se podría decir que los parques, en especial los parques metropolitanos, obtienen el nombre de bosques urbanos desde la visión de ambiente ya que estos tienen un impacto positivo en la recuperación del suelo, en la creación de microclimas y de zonas de confluencia para aves

KEYWORDS:

Guidelines creation, research building, abiotic aspects, eutrophication, vegetation, particulate matter, loss of original soils, most important park of the south of the city, field work, bodies of water, elodea, soil loss carryover, low vegetation coverage, floods, living fences, soil compaction, boundaries creation.

migratorias. De igual modo, dentro de las zonas pobladas también cabe resaltar la función de ser sumideros de Dióxido de Carbono (CO₂) que beneficia tanto a los visitantes como a la población que vive en sus alrededores (Ormaecha, 2009).

Los parques metropolitanos de la ciudad de Bogotá D. C., entre los que se destacan alrededor de 10 parques metropolitanos como Simón Bolívar, El Tunal, tienen como función proveer un espacio para el libre esparcimiento de las personas. En los últimos años los parques de la ciudad de Bogotá D. C., han incorporado la gestión ambiental dentro de sus actividades y, dentro de ellas, se ha convertido en un componente importante los aspectos abióticos y los aspectos bióticos.

El Parque Metropolitano El Tunal (P.M.E.T.), ubicado entre la avenida Boyacá, avenida Villavicencio, la carrera 24 sur y la calle 49 B Sur, en la localidad sexta de Tunjuelito, al sur occidente de la ciudad de Bogotá (figura 1); *“es un parque importante para el sur de la ciudad ya que es el parque metropolitano con más confluencia de visitantes en este sector de la ciudad, albergando entre 70 mil a 100 mil personas en un fin de semana”* (Carlos Avendaño. Com. Pers). Sin embargo, este parque fue diseñado basándose generalmente en el aspecto paisajístico, dejando a un lado otros aspectos que son de gran importancia como el ambiental, entre otros. *“Por tal motivo el parque no cuenta con un programa integrado de gestión ambiental, ni con una línea base ambiental.”* (Walter López, Com. Pers).

Para desarrollar un programa de gestión ambiental, uno de los primeros aspectos que se debe considerar es el aspecto abiótico, principalmente el componente agua,

suelo y aire; ya que estos tres factores son la base funcional de cualquier ecosistema, para este caso un ecosistema urbano (Wilson Ramírez, Com. Pers).

El aire es un aspecto que puede generar beneficios para las personas que son usuarias del parque o viven a sus alrededores y para el mismo parque, en este caso el Tunal, pero se ha visto afectado por la contaminación que produce el parque automotor que transita cerca al parque además de la contaminación atmosférica generada por las empresas —parte de ellas ubicadas en la localidad de Puente Aranda, Kennedy y en la misma localidad de Tunjuelito—, agravando el estado atmosférico y, por último, la generación de los malos olores que provienen del Río Tunjuelo producido por las curtiembres del sector, en especial las ubicadas en el barrio San Benito.

Los suelos originales del parque metropolitano El Tunal se han perdido, ya que desde finales de los años 40 hasta el final de los años 60, esta parte de la ciudad de Bogotá era usada como escombrera, razón por la cual los suelos originales, suelos aluviales (IGAC, 1995), fueron afectados. Posteriormente, al principio de la década de los 70, el gobierno distrital decidió crear el parque metropolitano el Tunal, por este motivo los suelos del parque están definidos como de protección, y registrados en el POT.

En cuanto al agua, en el parque metropolitano El Tunal (P.M.E.T.), existen tres cuerpos de agua o lagos artificiales, siendo el principal el que se ubica en el centro del parque (lago delfín), a su vez, este es el más grande. El segundo en tamaño ubicado detrás de la Biblioteca El Tunal y, el último, más pequeño, ubicado al lado del Coliseo del parque (figura 1).

Figura 1. Muestra la distribución de los cuerpos de agua en el P.M.E.T. y otras infraestructuras notables.

UBICACIÓN DE COMPONENTES DENTRO Y FUERA DEL P.M. EL TUNAL	
Lago Principal o Central	
Lago Coliseo	
Lago Biblioteca	
Colegio IED Inem Santiago Pérez	
Avenida Boyacá	
Carrera 24 sur	
Calle 49 B sur	
Avenida Villavicencio	
Portal del Tunal de Transmilenio	
Hospital del Tunal	
Centro Comercial Ciudad Tunal	
Alt. ojo 4.04 km	
Elevación sobre el nivel del mar 2560 m	
Altitud de la foto 337 m	

Fuente: Google Earth.

En estos 3 cuerpos de agua no hay una adecuada gestión ambiental y el manual de mantenimiento existente no ofrece los lineamientos específicos que generen pautas a seguir en la conservación y manejo adecuado de cada lago del P.M.E.T. Esta situación perjudica el estado ecológico en que se encuentra cada lago en los cuales se detectan diferentes tipos de sustancias que propician el desarrollo de plantas invasoras afectando la calidad paisajística que se desea hacia los usuarios y hacia las especies que se alimentan de ellos.

2. MÉTODOS

2.1 Agua

Con el fin de comparar los tres cuerpos de agua del parque se tuvieron en cuenta dos fases. En primera, se tomó como base la información secundaria y, posteriormente, en la segunda fase se obtuvie-

ron muestras en campo y se analizaron en el laboratorio.

Los lineamientos propuestos para la gestión ambiental son, en buena medida, de forma tal, que se le dé relevancia al aspecto ecológico tratado incipientemente hasta al momento. Razón por la que este documento se convierte en línea base de información formal de la cual carecían las fuentes de documentación del parque, de tal forma que constituya un punto de partida para otros proyectos que pretendan mejorar la calidad de vida de los usuarios y la estructura ecológica del P.M.E.T.

2.1.1 Revisión de Información Secundaria

Se tuvieron en cuenta tres estudios realizados. El primero lo desarrolló el Instituto

de Recreación y Deporte (I.D.R.D.) en el año 2011, institución encargada de la administración de los parques en la ciudad de Bogotá. El segundo, la empresa Biopolímeros en el año 2012 y, el tercero, el I.D.R.D. durante los años 2013 y 2014, pero de este último se muestra en la tabla de resultados solo el año 2014 ya que es lo más actual (si se quiere ver todo el informe ir al capítulo de anexos). Estos informes contienen resultados fisicoquímicos de los tres cuerpos de agua del parque, lo que permitió una mejor interpretación del estado en que se encuentran dichos cuerpos de agua artificiales.

2.1.2. Fase de Campo.

Toma de muestras.

La toma de muestras de agua se llevó a cabo en los 3 cuerpos de agua del parque (figura 1). Se recolectaron en total 3 muestras por lago para un total de 9 muestras para el parque.

Estos cuerpos de agua están distribuidos de la siguiente forma: Lago Principal, Lago Biblioteca y, por último, Lago Coliseo, donde se analizaron 17 parámetros fisicoquímicos para una mejor descripción de la calidad de las aguas.

Las tres muestras se tomaron en diferentes puntos de cada Lago, así:

- Entrada de agua
- Centro del lago
- Salida de agua

Es necesario aclarar que debido a la forma de recarga de los lagos, en especial Biblioteca y Coliseo, la toma de muestras fue realizada en el canal de concreto de entrada de aguas lluvias que es por donde llega la mayoría de las aguas a estos lagos, y para el lago Principal la toma de muestras se hizo en la entrada de agua proveniente de los otros dos lagos, que vierten sus aguas en él.

Para extraer las muestras se tomó una distancia de 2 metros a partir de la orilla. Para el muestreo se usaron recipientes

plásticos con capacidad de 1,5 litros; esto para 7 de las muestras ya que por un inconveniente externo se tuvo la necesidad de utilizar 2 recipientes de 400 ml. Para la toma de la muestra se sumergió el recipiente tapado a 40 centímetros de profundidad, luego se destapó y llenó el recipiente y se tapó de nuevo bajo el agua, repitiendo este mismo procedimiento en los otros puntos de toma de muestras. Las muestras se transportaron inmediatamente al laboratorio (antes de 2 horas) y, posteriormente, se ubicaron en un refrigerador a una temperatura de 4 °C, almacenándose durante 8 días para su posterior análisis.

Posteriormente se decidió ampliar la información acerca de la eutrofización de los lagos por tal motivo se resolvió en realizar el análisis de tres pruebas más, en la toma de muestras ya que son de suma importancia para determinar dicha búsqueda en las aguas de estos tres lagos.

Las pruebas que se realizaron miden la concentración de:

- Fosfatos
- Nitritos
- Nitratos

Para la toma de muestras de estos últimos tres parámetros se procedió con tres botellas de 600 ml, como estas tres medidas no se realizaron al mismo tiempo que las 14 anteriores, si no que hicieron tiempo después, el método de toma de muestras fue diferente: se tomó una distancia de 2 metros a partir de la orilla y solo se realizó una muestra por cada lago para un total de tres muestras; las muestras recolectadas se realizaron en el centro de cada lago. En la toma de muestras se sumergió cada recipiente tapado y debidamente limpio para no alterar ninguna de las muestras; ya sumergido se procede a abrir el recipiente a 40 centímetros de profundidad hasta que se haya llenado y de nuevo se tapa debajo del agua. Posteriormente se llevaron a un laboratorio aparte donde realizaron los análisis de las

muestras correspondientes, dichos análisis fueron realizados por el profesor Ing. Ambiental y Sanitario William Lozano.

Para el análisis de los 14 parámetros fisicoquímicos hechos inicialmente, se realizaron en triplicado (entrada, centro y salida de los lagos), los tres parámetros restantes (fosfatos, nitritos y nitratos), tuvieron una muestra única para cada lago anteriormente explicado. El análisis de los parámetros se realizó basado en las tablas de rangos propuestas por el Decreto 1594 de 1984 (Congreso de la República de Colombia).

Dicho Decreto no considera la mayoría de los parámetros relacionados ya que la destinación final para el uso de las aguas de los lagos del P.M.E.T.

es recreativa y paisajística (decreto 1594/1984, art. 42, 43 y 44) y no se mira con detalle este tipo de parámetros.

Análisis de laboratorio.

En el laboratorio de química de la Universidad Piloto de Colombia se analizaron la totalidad de las 14 muestras iniciales de agua; a cada muestra se le realizaron 14 análisis y, en ellos, se utilizaron los métodos y equipos relacionados en las tablas 1 y 2. Las pruebas fueron realizadas durante una semana hechas por el autor de este documento y para ello se contó con la asesoría y asistencia del ingeniero civil Jesús Hernando Ramos Castiblanco, especialista en Planeación Ambiental.

Tabla 1. Muestra los equipos aplicados a todos los análisis. Además de los titulantes utilizados para algunas de las pruebas que requirieron de ellos.

EQUIPOS	REACTIVOS (TITULANTES, BASES E INDICADORES)
1. Cámara Samsung modelo ES15 de 10.2 mega pixeles	1. Negro de ericromo
2. Conductímetro marca Metteler Toledo	2. Buffer D.T.
3. Medidor de pH marca ThermoScientific, modelo Orion 2 Star	3. EDTA (etilendiaminotetraceticodihidrato) al 0.02 N
4. Turbidímetro marca Turbidimeter TB1.	4. HaOH al 0.02N(Hidróxido de Sodio)
5. fotómetro marca Orbeco – Hellige	5. Murexide
6. Kit para análisis de Hierro, marca Hanna Instruments modelo Checker Disc	6. Indicador Naranja de metilo
7. Kit para análisis de sulfatos, marca Hanna Instruments	7. Indicador Fenolftaleína
8. Centrifugadora, marca ThermoScientific	8. Base de Hidróxido de Sodio al 0.02N
9. Erlenmeyer de vidrio de 250 ml y de 500 ml	9. Nitrato de Plata de 0.0141N
10. Probeta de vidrio y plástico de 100 ml	10. Cromato de Potasio
11. Mezclador de vidrio	

12. Embudo de vidrio	
13. Papel de filtro	
14. Bureta de vidrio	
15. Vaso precipitado	
16. Frasco con agua destilada	

Tabla 2. Muestra las pruebas realizadas, las unidades en que se midieron y el método utilizado en cada una de ellas.

CONDUCTIVIDAD	$\mu\text{S/cm}$	CONDUCTÍMETRO
pH	Unidades de pH	Potenciométrico
Alcalinidad	mg/l CaCO_3	Titulométrico
Dureza Total	mg/l CaCO_3	Titulométrico
Dureza Cálctica	mg/l CaCO_3	Titulométrico
Dureza Magnesio	mg/L	Titulométrico
Turbiedad	UNT	Fotométrico
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	Conductímetro
Color Aparente	UPC	Fotométrico
Color verdadero	UPC	Fotométrico
Acidez	mg/L	Titulométrico
Cloruros	mg/L Cl^-	Titulométrico
Sulfatos	mg/L SO_4	Titulométrico
Hierro	mg/L Fe	Colorimétrico
Fosfatos	mg/L PO_4	
Nitritos	mg/L NO_2	
Nitratos	mg/L NO_3	

2.2 SUELO MÉTODO

El análisis de suelos encontrados en el P.M.E.T. se llevó a cabo en dos fases. Una inicial de análisis de información secundaria y una posterior de toma de muestras de suelo en el parque.

Revisión de Información Secundaria

La mayor parte de la información suministrada fue extraída de Ingeominas; facilitando una mejor interpretación y caracterización de los suelos.

2.2.1 Toma de muestras.

El análisis de suelos fue realizado en las instalaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el laboratorio nacional de suelos. Se decidió realizar el análisis químico de los suelos Q-01, el cual analiza la granulometría, clase textural, capacidad de intercambio catiónico, calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo, pH, materia orgánica, saturación de bases y bases totales.

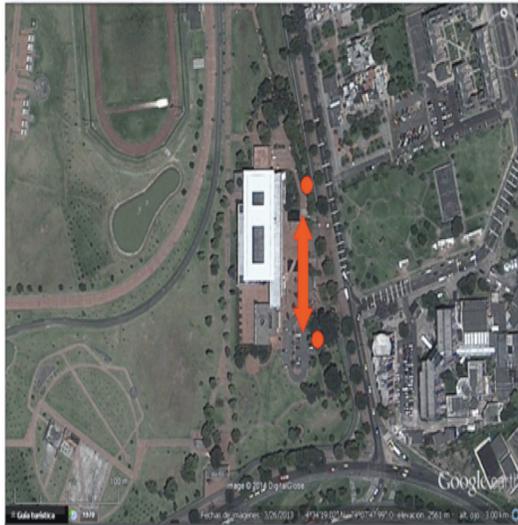
La toma de muestras se llevó a cabo en 2 zonas del parque. En esta primera toma de muestras, se subdividió en la parte nororiental de la biblioteca y la parte suroriental, el muestreo se debió tener en cuenta que en esta parte sus características geográficas

fueran muy parecidas (Biblioteca y Coliseo), presentado más del 50% de material arbóreo dentro del parque (figura 1), (tabla 3).

El criterio para la selección de las zonas fue la ubicación. En este caso la parte de la Biblioteca El Tunal situada en la zona suroriental del parque, ya que en esta zona del parque se encuentra la mayor concentración de árboles y especies vegetales con buenas condiciones de adaptación al terreno. Para la segunda extracción de muestras se tomó en cuenta la forma geográfica del terreno. Esta zona se encuentra en la parte sur central del parque, detrás del coliseo del parque Metropolitano El Tunal; en esta zona se presenta una gran cantidad de masa boscosa con problemas de adaptabilidad (tabla 3).

Tabla 3. Zonas asignadas para la extracción de las muestras de suelos

Foto 1. Primera zona de muestreo, cercana a la Biblioteca. Los puntos en rojo muestran las zonas de toma de muestra, la flecha indica el recorrido tomado.



Fuente: Google Earth
 Alt. ojo: 3.00 km
 Elevación sobre el nivel del mar: 2561 m
 Altitud: 100 m

Foto 2. Segunda zona de muestreo, cercana al Coliseo del parque, señalada por el triángulo. Los puntos en rojo muestran las zonas de toma de muestra, la flecha indica el recorrido tomado.



Fuente: Google Earth
 Alt. ojo: 3.00 km
 Elevación sobre el nivel del mar: 2561 m
 Altitud: 100 m

Para la metodología y toma de muestras se tuvo en cuenta la guía de muestreo 2011 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

El tipo de muestreo recomendado fue al azar en zigzag. Originalmente en este método se toman unas 15 submuestras a lo largo y ancho del terreno, luego se mezclan en el balde o lona; sin embargo, para este estudio, se consideraron dos submuestras, ya que por las características homogéneas no se vio la necesidad de una tercera submuestra. Por cada zona descrita (tabla 3) para la toma de muestras se tuvo un total de 4 muestras, las 2 submuestras recolectadas por zona con características similares se mezclaron y para un total de 2 muestras compuestas por zona. El número de muestras varió respecto al método propuesto por IGAC debido a que la administración del parque no permitió un

muestreo más amplio especialmente por la seguridad de las zonas y tiempo que se genera en la toma de muestras hechas. Para la toma de muestras se usaron pala, balde, bolsas para recoger las muestras y una cámara Samsung modelo ES15 de 10.2 Mp.

Para la toma de las muestras se utilizó la pala, se abrió un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, se retiraron los 2 cm primeros del suelo y después se extrajo la muestra —en general la profundidad de muestreo está entre 2 y 20 cm que es el área de acción de las raíces— después se volvió a tapar el hueco de donde se extrajo el material. Las muestras extraídas de cada punto se almacenaron en bolsas y después se mezclaron para formar una sola muestra. Para todo el proceso de toma de muestras se realizó un registro fotográfico (tabla 4, fotos 1 y 2).

Tabla 4. Procedimiento de toma de muestras para la extracción del suelo.

Foto 1. Hoyo en excavación para llegar a la profundidad de 20 cm, removiendo la tierra hacia un costado



Foto 2. Recolección de la muestra, almacenada para ponerla posteriormente en un balde.



2.3 AIRE

La información relacionada con el aire se basó en información secundaria recogida de la Secretaría Distrital de Ambiente (S.D.A.), del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Am-

bientales (I.D.E.A.M.) y del Jardín Botánico José Celestino Mutis, los cuales han evaluado la cantidad de material boscoso y, por medio de estaciones meteorológicas, indicadores de material particulado como CO_2 , SO_2 , y velocidad del viento, entre otros.

Uno de los problemas que se tuvo con este tipo de información fue la dificultad para acceder a ella, por temas de funcionamiento institucional; por tal motivo solo se tiene documentación hasta el año 2012. Otra de las desventajas con esta información es que estos indicadores no se pueden medir en una zona delimitada como puede ser el P.M.E.T. ya que la toma de datos se hace a una escala amplia para la localidad de Tunjuelito.

En este proyecto se tomó la información a nivel de localidad y se adaptó a la jurisdicción del parque situado prácticamente en la mitad de la localidad,

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el P.M.E.T. se analizaron los siguientes aspectos abióticos: agua, suelo y aire, entre ellos existen una correlación que armoniza el ecosistema y actúa como un conjunto dentro del parque. La intención de analizar estos tres aspectos, uno por uno, es determinar cuál es el estado actual de sus componentes fisicoquímicos y si estos alteran o no el equilibrio ambiental del parque y, de acuerdo a los resultados, plantear los lineamientos que serán punto de partida para otros proyectos que tengan como finalidad la recuperación y conservación del lugar.

extrapolando las mediciones realizadas por la S.D.A.

La información recolectada para el proyecto se basa en periodos de año que van desde el 2008 al año 2012, ya que solo hasta este último año ha salido información oficial respecto al aire en la ciudad de Bogotá, por ese motivo no se tiene información del año 2013 y 2014.

En este análisis se contó con ayuda visual dentro del P.M.E.T. por medio de fotografía de primera mano con una cámara Samsung modelo ES15 de 10.2 Mp, para poder analizar mejor los aspectos dentro del parque que ayuden a una mejor elaboración de resultados.

3.1. AGUA RESULTADOS

Tabla 5. Resultados de los análisis físicoquímicos de aguas obtenidos en los lagos del P.M.E.T., los resultados corresponden a la toma de datos a la entrada de aguas lluvias, en el centro del cuerpo de agua y al desagüe (salida). Los últimos tres parámetros analizados corresponden a los realizados aparte. Las unidades de medida están plasmadas en la tabla 2.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO PRINCIPAL			RESULTADO BIBLIOTECA			RESULTADO COLISEO		
		ENTRADA	CENTRO	SALIDA	ENTRADA	CENTRO	SALIDA	ENTRADA	CENTRO	SALIDA
Conductividad	µs/cm	168,5	175	178	146,2	159,3	153,3	126,5	136,2	134,2
pH	U. de Ph	7,16	6,82	7,36	8,37	7,31	7,5	7,02	7,65	7,16
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	66	70	92	62	70	62	58	42	80
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	60	100	125	56	58	62	58	58	64
Dureza Calcica	mg/L CaCO ₃	45	45	50	44	44	40	26	42	36
Dureza Magnesio	mg/L	15	55	75	12	14	22	32	16	28
Turbiedad	UNT	40	52,1	112	110	188	124	95,1	102	71,3
Solidos T. Disueltos	mg/L	86,3	87,3	88,7	73,2	80	76	63,1	67	68,1
Color Aparente	UPC	158	170	250	320	260	300	100	80	120
Color verdadero	UPC	20	32	98	60	48	60	50	40	60
Acidez	mg/L	6	6	10	6	6	4	6	4	4
Cloruros	mg/L Cl ⁻	29,99	59,98	74,97	39,98	34,98	49,98	29,99	24,99	28,99
Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁼	5	30	15	38	31	28	27	28	31
Hierro	mg/L Fe	0,4	0,44	0,52	0,5	0,7	0,58	0,7	0,8	0,9
Fosfatos (PO ₄)	mg/L PO ₄		0,25			0,25			0,25	
Nitritos (NO ₂)	mg/L NO ₂		< 0,1			< 0,1			< 0,1	
Nitratos (NO ₃)	mg/L NO ₃		5			< 5			< 5	

3.2 ANÁLISIS

Como se explicó al principio del capítulo de resultados y análisis de aguas, se tuvieron en cuenta varias tablas (5 y 6), con el propósito de detectar problemas visuales,

así como los resultados encontrados en laboratorio (realizados por el autor del documento) y por I.D.R.D. y Biopolímeros, (mostrados con mayor detalle en el documento completo) con el fin de realizar un mejor dictamen de los tres lagos del P.M.E.T.

Tabla 6. Composición visual de los lagos del P.M.E.T.

<p>Foto 1. Película de una sustancia flotando cerca a la orilla del lago principal, además de materia suspendida con presencia considerable de elodea y color verdoso en sus aguas.</p> 	<p>Foto 2. Canal de aguas lluvias con dirección al lago Principal, se observa el deterioro en que se encuentra la orilla por la falta de vegetación y un nivel de erosión visible, además de residuos que obstruyen el mismo canal.</p> 
---	---

El agua es un componente importante para el P.M.E.T. no solo por el concepto paisajístico sino por los beneficios que trae a su entorno, agregando un atractivo más al parque (Sherer, 2006). Pero, como se aprecia en los resultados de los parámetros realizados, presenta algunos problemas de calidad que pueden ser producidos por algún aspecto externo que esté en continua correlación o estar afectando algún componente que

esté interactuando con ella, trayendo complicaciones.

Los tres lagos (tabla 7), son cuerpos de agua hechos artificialmente hace aproximadamente 14 años, desconociendo cómo fue su forma de recarga naciente (C. Avendaño. Com. Pers); el fondo de cada uno de los lagos está conformado por barro con profundidades de 3m para el lago Principal, 1,5m en el lago Biblioteca y 0,8m en el lago Coliseo.

Tabla 7. Panorámica de los lagos del P.M.E.T., se observa la dimensión de cada uno, así como la vegetación cercana con que se relaciona a su alrededor.

Foto 1. Lago Biblioteca



Foto 2. Lago Coliseo



Foto 3. Lago Principal



Los bordes de estos lagos están enchapados con losas que se dividen en tres niveles para el lago Principal y en dos niveles para los lagos Biblioteca y Coliseo, con el fin de: 1.Brindar seguridad para los niños si sobrepasan la cerca que divide a estos lagos y caen en ellos y 2.Impedir que por medio de las aguas lluvias el material orgánico de los suelos sea arrastrado hacia los lagos y se erosionen (C. Avendaño. Com. Pers) (tablas 6 y 7).

Los análisis hechos bajo los 17 parámetros establecidos, además de la ayuda visual de las fotos tomadas brindan un apoyo más concreto para la caracterización de los lagos, con el fin de determinar la calidad química y física del agua

mostrando las condiciones en las que se encuentran los lagos del parque.

Estos parámetros muestran que los resultados obtenidos están dentro de condiciones normales (tabla 5), en una primera perspectiva. Pero eso no significa que estos tres lagos se encuentren en unas condiciones óptimas, ya que por lo que se ha visto a través de las fotos tomadas resaltan otras condiciones organolépticas, como el olor de sus aguas, en su mayor parte producido por plantas acuáticas (UNESCO/WHO/UNEP, 1996). El análisis muestra otra perspectiva de las condiciones en que pueden estar estos tres cuerpos de agua.

Aunque los análisis de las pruebas físico químicas realizadas a los lagos del

parque, como se explicó anteriormente, arrojen resultados normales, existen componentes externos, que al entrar en contacto con las aguas de los lagos, como algas, entrada excesiva de nutrientes a los cuerpos de agua; ocasionando, cambios en la calidad como se puede apreciar (tabla 6), generando alta presencia de plantas invasoras (Josefsson, 2011). Dando resultado en la eutrofización de las aguas de los lagos (Wilson & Moore, 1997).

Una forma de llegar a estas **conclusiones o descubrimientos** es mirar en primera instancia de dónde vienen sus aguas de recarga. En este sentido, en los lagos del P.M.E.T., la forma de recarga es a través de las aguas lluvias y las aguas que caen al suelo y que son arrastradas hacia sus orillas por medio de canales (tabla 6). Es aquí donde se encuentra uno de los mayores problemas que presentan los lagos. Estas aguas que llegan, están trayendo consigo exceso de nutrientes expuestos por la falta de capa vegetal en el parque (Clark et al, 2008), además que han entrado en contacto con agentes químicos producidos por pesticidas, herbicidas aplicados a las plantas y arbustos, arrastrados por las aguas lluvias (Environmental Protection Agency, 2005).

Debido a este mecanismo entre las aguas producidas por las lluvias que caen a los suelos y a su vez por la escasa vegetación presentes en el parque, que pueda hacer una mejor retención de nutrientes en los suelos, haciendo que esta carga llegue a los cuerpos de agua sin ningún tipo de control que aisle verdaderamente los suelos a las y las aguas de arrastre a las orillas de los lagos; haciendo que cada vez se estén cargando mas de nutrientes y de otras sustancias, que por sus diferentes componentes químicos se depositan en el fondo lodoso de cada lago ayudando a la formación de este tipo de vegetación y acelerando cada vez más el problema de eutrofización, como se afirmó anteriormente (UNESCO et al, 1996), (tabla 6).

La eutrofización, en su expresión más simple, es la respuesta biológica a un exceso de nutrientes en las entradas de agua de un lago. (UNESCO/WHO/UNEP, 1996).

Los efectos de la eutrofización pueden ser muy perjudiciales para la calidad del agua y limitar severamente los usos para los que esta es adecuada. Sin embargo, se debe de reconocer que los efectos perjudiciales son el resultado del ineficiente uso dado a la biomasa (UNESCO et al, 1996), en donde la elodea es puesta como fuente de abono para plantas y arbustos, con lo que se entra en un círculo que perjudica la calidad de las aguas de los lagos, aumentando el porcentaje de nutrientes en su mayor parte procedentes de agroquímicos, ricos en nitrógeno y fosfatos, independientemente de cuál sea la cantidad usada. Este es un resultado de los cambios en la dominación de especies de algas que no son consumidas o se consumen inútilmente, por herbívoros (UNESCO et al, 1992, 1996). Esta situación es la razón por la cual los lagos pierden una de funciones principales —la cual es netamente paisajística como se puede apreciar— produciendo cambios en la calidad de las aguas donde es visible el color verdoso que, en el caso del lago Principal, cada vez es más intenso (tabla 7).

Los lagos del P.M.E.T., tienen como función principal ser un atractivo paisajístico, sin ningún tipo de contacto, tanto primario como secundario para los usuarios. Por este motivo, la normativa actual en donde se explica que parámetros físicos visibles y olfatorios referente a *“usos del agua y residuos líquidos”* especialmente a *“criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estético”* (República de Colombia decreto 1594/84, art. 44). En este sentido los lagos presentan algún tipo dificultad, en este caso, la existencia de material flotante y formación de películas visibles en el agua, desconociendo su real causa de origen

(tabla 7). Se puede apreciar claramente la existencia de material suspendido como, por ejemplo, basura y otras sustancias, haciendo que no se cumpla con la normativa; además de los olores que en un principio no son detectados con facilidad en el ambiente pero que, como se explicó anteriormente en el método, al realizar la toma de pruebas, el olor aparece y es un poco fuerte. Este es producido naturalmente por hábitats anaerobios en el agua y sedimentos de tierra, entre otros, que pueden contribuir con la producción de gases como el metano (Ferry, 1992); por eso el olor común a huevo, debido a la concentración de este tipo de sustancias que están dentro de las aguas y que al hacer contacto entre ellos forman este tipo de reacción.

Para entrar en materia en el caso de este tipo de plantas que afectan la calidad visual de los lagos, como la elodea, no se sabe en primera instancia cómo se introdujo a los lagos.

Se tiene en cuenta cómo es la condición en que se encuentran este tipo de lagos, gracias a que las fotos tomadas muestran en detalle cómo este tipo de plantas los han invadido (tabla 6 y 7) y cómo se han tomado las medidas para minimizar su crecimiento.

Pero mirando cómo se realiza este tipo de medidas de control y mantenimiento, se observa que se saca casi a diario un porcentaje significativo en bultos de esta planta invasora, en su mayoría Elodea; para ello, se tiene un soporte en el centro de los lagos Biblioteca y Coliseo en donde depositan este material. Su extracción es manual debido a la profundidad de estos lagos; sin embargo, en el lago Principal, por su dimensión de profundidad (3m), se hace más difícil; pero eso no indica que no se extraiga, por el contrario, es donde más se recoge este material flotante. La mayoría de este material extraído es puesto a la orilla de cada

lago, en grupos, y almacenado en bultos para ser desechado posteriormente; otro porcentaje de este material es destinado como abono para los arbustos y plantas del parque.

Es aquí donde se empieza a encontrar una serie de errores al no contar con una línea ambiental adecuada de uso, ya que se tiene una errónea apreciación sobre el uso como abono de elodea debido a que este tipo de planta no es la ideal para esta función pues pierde con facilidad agua (Wilson & Moore, 1997) y se seca muy pronto, además de que, precisamente, contiene sustancias químicas que no ayudan a mantener una calidad de vida en los lagos P.M.E.T., sino que, por el contrario, afectan a estos cuerpos de agua. Al utilizarlos como abonos contribuyen con un ciclo en donde cada vez más se está permitiendo que este tipo de entrada excesiva de nutrientes que lleguen a los lagos, acelerando e incrementando la eutrofización a través de los canales que se encuentran allí, además de afectar la calidad de los suelos que se encuentran alrededor de los canales y en interacción con dichas plantas.

En la parte de mantenimiento se encuentra una falencia. Aunque periódicamente se realizan los mantenimientos en los lagos del P.M.E.T., se aprecia que no tienen en cuenta el estado de las losas, este tipo de acciones permiten afirmar que no poseen una línea o más bien una guía ambiental adecuada, lo que hace que la calidad de los lagos del P.M.E.T. baje y no sea la adecuada (tabla 7).

Los lagos del P.M.E.T. son una parte muy importante para el entorno en general, brinda un espacio en el paisaje dándole vida al parque además de albergar vida acuática como peces; a la vez, es soporte para especies de aves locales, migratorias y de otros animales que se pueden beneficiar con su existencia.

Se debe ser consciente que no solo los usuarios del parque son beneficiarios de ellos sino también la vida animal, por lo que es necesario mantener los cuerpos de agua en unas condiciones adecuadas generando aspectos positivos cada vez más notables, respecto a los diferentes problemas detectados que minimicen los focos encontrados en los lagos (P.M.E.T.) ya que se encuentran en un momento en

donde si no se interviene adecuadamente generarán cada vez mayores costos y tiempo.

3.2.1. SUELO RESULTADOS

El análisis de los 14 parámetros físico-químicos analizados en las muestras de los suelos del P.M.E.T. extraídas en la Biblioteca y en el Coliseo (tabla 8).

Tabla 8. Resultados de los análisis físico-químicos del suelo obtenidos en los alrededores de la Biblioteca. Se presentan las unidades adoptadas.

PARÁMETRO	UNIDAD	BIBLIOTECA	COLISEO
		RESULTADO	RESULTADO
Arena	%	28	60
Limo	%	39	17,8
Arcilla	%	31	22,1
pH		6,2	6
Materia orgánica C.O.	%	3,3	0,75
C.I.C.	cmol(+)/kg	30,2	7,6
Ca	cmol(+)/kg	12,9	3,3
Mg	cmol(+)/kg	1,9	0,68
K	cmol(+)/kg	0,32	0,02
Na	cmol(+)/kg	1,4	0,21
B.T.	cmol(+)/kg	16,5	4,2
S.B.	%	54,8	55,4
Fósforo disponible	mg/kg	27,6	24,5
Textura del suelo		FAr	FArA

3.2.2 ANÁLISIS

Para los resultados de los suelos se tendrá en cuenta la tabla 9, la cual muestra

varios componentes y dificultades que posee el parque.

Tabla 9. Fotografías de los suelos sector Coliseo y Biblioteca y en diferentes zonas del P.M.E.T., con diferentes problemas detectados.

Foto 1. Muestra extraída de la zona ubicada en el Coliseo, en donde se aprecia la arena identificada de color un poco amarillo mezclada con otros componentes del suelo; además se ve el suelo, se encuentra bastante opaco siendo esto un signo de falta de nutrientes y material orgánico necesarios para un buen funcionamiento del suelo.



Foto 2. Zona del Coliseo: se observa un grupo de árboles que presentan dificultades adaptativas, parece que algunos de estos árboles y pequeños arbustos carecen de hojas o no poseen hojas dando a entender que estuviesen muertos.



Foto 3. Se observa la zona sur occidental del P.M.E.T., en donde se presentan problemas de hundimiento por pérdida de suelo, la figura muestra lo cerca que se encuentra al puente de la Av. Boyacá con Av. Villavicencio.



Foto 4. Zona de inundación del P.M.E.T. con una gran extensión, separada al costado izquierdo por un muro de ladrillo y rejas por el colegio Inem. Esta zona es aprovechada como zona de actividades y prácticas de escuelas de fútbol, al fondo de la figura se encuentra un trabajador del parque realizando un respectivo mantenimiento.



Foto 5. Se observa la distribución de canales en la zona de inundación detrás del colegio Inem. Este sistema de canales está ubicado hacia un montículo de tierra en donde una red de pequeñas canales drenan el agua hacia el canal principal ubicado a un lado de la ciclo ruta del parque. Como se aprecia, es insuficiente para una área con unas dimensiones mayores.



Foto 6. Suelos con pérdida de la capa vegetal y fracturación, muy común dentro del parque debido a la pobreza o escasa capa vegetal existente que impide la retención adecuada de humedad, perjudicando al suelo.



El P.M.E.T., como se ha mencionado anteriormente, es el parque más grande y el más importante del sur la ciudad de Bogotá, con una extensión de 50 ha (Observatorio de Cultura Urbana, 2003). Con zonas para diferentes actividades. El parque posee dos grandes zonas de vegetación (tabla 3), en las cuales se han observado los diferentes parámetros adoptados para determinar qué beneficios o complicaciones trae cada zona analizada.

El parque contiene varias zonas frondosas pero no son zonas con abundante capa vegetal a comparación de las ubicadas en la zona de la Biblioteca y del Coliseo (tabla 3 y 9); sin embargo, las dos zonas analizadas tienen importancia desde el ámbito paisajístico y ambiental para el parque.

La razón principal por la que el P.M.E.T., tiene escasa cobertura vegetal es que su suelo originario, al ser destinado como escombrera (Secretaría Distrital del Hábitat, 2007), perdió esta capa vegetal y cuando se decidió crear el parque, el suelo fue rellenado con tierra de diferentes zonas no especificadas; por esta razón problemas

como inundaciones, pérdida rápida de humedad y de adaptabilidad de algunas especies arbóreas y arbustivas (tabla 9) se dan con mucha frecuencia.

Los suelos originales de la zona en donde se ubica el P.M.E.T. son suelos conocidos como Terrazas Bajas (Qtz), estos suelos corresponden a depósitos originados por los ríos Bogotá, Tunjuelo, Juan Amarillo y Fucha. Presentan una superficie plana, ligeramente ondulada y poco disectada, la cual se eleva cinco metros por encima del nivel de las llanuras aluviales actuales. Su composición es predominantemente limo-arcillosa, sus contactos con las Terrazas Altas y complejos de conos es neto y se marca por la presencia de un ligero escarpe (acantilado) (Ingeominas, 1988).

La zona ubicada en la Biblioteca contiene suelos con una mejor composición, por ende, posee una mejor cobertura vegetal y situación fitosanitaria; esto no significa que el suelo de esta zona sea lo mejor, pero es más fácil de tratar.

En la zona del Coliseo los suelos carecen de nutrientes que benefician la capa vegetal; además, en su mayoría, tienen

la característica de estar cubiertos, en un gran porcentaje, de arena (tablas 8 y 9), dificultando la adaptabilidad y retención de minerales y demás compuestos que debe de tener un suelo destinado para uso forestal. Otra de las dificultades que se ha detectado son los árboles plantados en esta zona del parque, ya que estos no fueron plantados a una edad adecuada sino fueron traídos de otras partes de la ciudad (C. Avendaño, com, pers), administrador del parque & (Jardín Botánico), ing. Edgar Vargas, con una edad en la cual ya habían tenido una adaptabilidad diferente por el tipo de suelo, el tipo de hábitat en el cual ellos convivían con otros problemas fitosanitarios (tabla 9). Esta situación dificulta aún más el objetivo que se ha proyectado en estas zonas del parque Biblioteca y Coliseo para crear un ambiente paisajístico, unos microclimas que, además de atraer fauna, tengan como función retener parte de la contaminación atmosférica, contaminación auditiva y malos olores originados por las curtiembres existentes en esta parte de la ciudad, provenientes del barrio San Benito, entre otros.

Otra dificultad detectada en el P.M.E.T. se encuentra en la zona suroccidental, esta parte del parque presenta problemas de hundimiento debido a que debajo del suelo se encuentra alcantarillado, con un periodo de funcionamiento no determinado (C. Avendaño, com, pers). Este problema ha generado gastos económicos innecesarios ya que se pierde suelo periódicamente por escorrentía, al parecer por fugas en el alcantarillado, lo cual es la causa del hundimiento de esta zona del parque. El hundimiento se acelera cuando llegan los periodos de lluvias y representa un riesgo de inundación mayor debido a la geografía, no solo para el parque sino para barrios cercanos (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004), por la cercanía en este punto al río Tunjuelo (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004). Por tanto los rellenos que se

han venido efectuando no constituyen una solución real a dicho problema.

Por otra parte esta no es la única zona de inundación que presenta el parque, la otra zona se encuentra detrás del Colegio I.N.E.M.; la parte nororiental (tablas 1 y 9), posee una dimensión grande en donde varias escuelas de fútbol realizan sus prácticas. Aunque se le hace un tratamiento para minimizar la inundación y posterior drenado por diferentes canales, estos presentan deficiencias estructurales que no permiten una adecuada evacuación cuando llegan las épocas de lluvia (tabla 9).

En otras zonas del P.M.E.T., los suelos poseen una serie de dificultades como la pérdida rápida de humedad; este tipo de situación genera erosión, es decir, pérdida de suelo por el arrastre de las aguas, terminando muchas veces en las orillas de los cuerpos de agua existentes en el parque. Los suelos ubicados en estas zonas señaladas se fracturan con facilidad ayudando a la sedimentación de los lagos pues traen consigo sustancias que pueden acelerar la eutrofización de las aguas (tabla 9).

Para evitar la pérdida de los suelos en el parque, se ha optado por rellenar el suelo perdido con arena y piedras o algún otro material; este tipo de solución no es la apropiada ya que es una medida que simplemente perjudica no solo la capa vegetal cercana si no que este material termina en los cuerpos de agua del P.M.E.T., acelerando procesos de eutrofización (CEPIS/OPS, 2004), (tablas 6, 8 y 9).

El problema del arrastre de suelo hacia los lagos ha causado un debilitamiento de las orillas de los cuerpos de agua. Los suelos poseen la acelerada pérdida de humedad en sus orillas depositando sustancias químicas por el proceso de fertilización química aplicadas para el desarrollo de los arbustos (tabla 6).

Los suelos del P.M.E.T. son la base fundamental para llevar a cabo cualquier actividad u obra de alguna índole, los suelos

del parque brindan un espacio adecuado para albergar vida, lo que constituye uno de los objetivos principales del parque, tener espacios frondosos llenos de vida en una ciudad con una alta contaminación atmosférica, ruido y olores. El parque brinda esta posibilidad de cambios positivos pero en la actualidad se encuentra con obstáculos, representados, principalmente, por la pérdida de suelo de origen, lo que en un área tan grande es difícil de controlar. Por esta razón se han priorizado las dos zonas de estudio: la Biblioteca y el Coliseo, ya que poseen una mayor cantidad de capa vegetal. Los resultados señalan que la zona en donde se encuentra la Biblioteca presenta mejor situación, ya que sus suelos son más fáciles de tratar y pueden albergar una mayor cantidad de especies arbóreas y arbustivas en condiciones fitosanitarias favorables. En comparación, la zona del Coliseo presenta mayores dificultades, sus suelos no son aptos para tales fines, con un agregado negativo como lo es el arbolado existente con problemas de adaptabilidad, ya que la edad de los árboles no es adecuada para la absorción de CO_2 , retención de humedad, barrera de ruido y olores, en específico, trayendo consigo árboles con problemas fitosanitarios. Estas condiciones no han permitido que esta parte del parque prospere adecuadamente dificultando aun

más el objetivo propuesto. Es esta zona del Coliseo muy importante para el parque, ya que los árboles plantados allí actúan como una barrera para minimizar la fuente de contaminación causada por los vientos provenientes del sur que traen consigo malos olores de las curtiembres cercanas al barrio San Benito y la polución de fuentes móviles e industriales (figura 1, tablas 3 y 9); por esta razón, dichos árboles constituirían una barrera natural si cumplieran con las condiciones adecuadas.

Con los lineamientos propuestos en este proyecto, el objetivo es determinar ¿cómo se puede minimizar el problema de suelos y la adaptabilidad de la capa vegetal existente allí? Y determinar un adecuado manejo ambiental en las zonas de inundación del parque o en las zonas en donde hay pérdida de humedad y pérdida de suelos, los cuales traen problemas de erosión y problemas de arrastre de sustancias hacia los lagos del P.M.E.T.

3.3.1 AIRE RESULTADOS

El análisis de los resultados arrojados por la Secretaría Distrital de Ambiente (S.D.A.), tuvo 4 parámetros principales, reflejados en las tablas 10 y 11, los cuales arrojaron varios puntos para el análisis.

Tabla 10. Parámetros de análisis de resultados.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	AÑO DE ANÁLISIS	PROMEDIO
Material Particulado PM10	ug/m ³	2008 – 2012	50 a70, anual. 96 a 169 máxima concentración 24h.
Precipitación	Mm	2008 – 2012	623 a 1000.
Dirección de Vientos	m/s	2008 – 2012	1.23 mañana y tarde a 2.7 mañana y tarde.
Radiación Solar	W/m ²	2010 - 2012	Mínimos al medio día de 450 y máximos al medio día de 750.

3.3.2. ANÁLISIS

El P.M.E.T. se encuentra ubicado en la parte central de la localidad sexta de Tunjuelito, al sur de la ciudad de Bogotá. Cerca del parque se concentra una gran cantidad de población distribuida en barrios de tipo urbano. Su cercanía al río Tunjuelo, ha generado malos olores, ya que en este río se arrojan todo tipo de desechos, principalmente del barrio San Benito (curtiembres), perjudicando la salud no solo de los usuarios del parque sino de los habitantes de las zonas aledañas, sin desconocer el bienestar de la fauna presente como avifauna, mascotas, entre otras especies (García, 2006). El parque presenta una serie de dificultades porque limita con las avenidas y calles (avenida

Boyacá, avenida Villavicencio, la carrera 24 sur y la calle 49 b sur) (figura 1), esto causa problemas atmosféricos debido a fuentes móviles (tabla 10).

Uno de los mayores problemas del P.M.E.T., con respecto al aire es que la poca vegetación existente no está distribuida adecuada ni armónicamente en el terreno, se encuentra separada, y la vegetación boscosa que existe en las orillas del parque no cumple una función de barrera eficaz (tabla 11) para la absorción de ruido, de malos olores y concentración de material particulado. Se puede notar una función paisajística que no ofrece un hábitat adecuado para la formación de nichos propios de la fauna y avifauna (AEAT, 1999), presentes en él (tabla 11).

Tabla 11. Registro fotográfico de secciones del P.M.E.T., con presencia de vegetación.

<p>Foto 1. Zona con vegetación dentro del parque que presenta dificultad adaptativa.</p> 	<p>Foto 2. Panorámica del P.M.E.T. desde el centro del parque.</p> 
---	--

4. LINEAMIENTOS

Para los lineamientos se tendrá en cuenta la vegetación, dado que ofrece equilibrio y soporte a las condiciones ambientales necesarias para que factores como humedad, incidencia de luz, problemas de suelos, material particulado,

contaminación por ruido, baja biodiversidad, mala gestión en los cuerpos de agua, entre otros, mejoren, convirtiendo al P.M.E.T. en el pulmón del sur de la ciudad, agradable para los usuarios y sin perder el uso actual.

En la conformación del capítulo de lineamientos se utilizó la cámara del celular Alcatel One Touch 639G de 2 MP.

4.1 PLAN DE MANEJO PARA LOS CUERPOS DE AGUA Y REDUCCIÓN EN LOS ÍNDICES DE EUTROFICACIÓN EN EL P.M.E.T.

4.1.1 OBJETIVOS.

General.

Plantear los marcos de referencia para la reducción de la eutrofización en los lagos del P.M.E.T.

Específicos.

- Proponer el método general para la utilización de especies vegetales capaces de disminuir el proceso de eutrofización.
- Señalar los aspectos más importantes del proceso de eutrofización de los lagos del parque, para que sean tenidos en cuenta a la hora de disminuir los elementos causantes de la carga orgánica.

4.1.2 MÉTODO GENERAL.

Para un adecuado manejo de los lagos del P.M.E.T. se deben tener en cuenta las fuentes generadoras de contaminación, el depósito y arrastre de nutrientes de explicadas en el capítulo de resultados y análisis.

Cercas Vivas

En el aspecto de aguas, se planea sembrar unas cercas vivas a la orilla de

cada lago (tabla 12) con plantas adecuadas a la zona, capaces de minimizar la entrada de las sustancias que generan la eutrofización, tales como las especies macrófitas ubicadas en los ecosistemas de los humedales. Por su condición acuática, estas plantas aprovechan la abundancia de nutrientes expuestos en un cuerpo de agua por la eutrofización, evitando así la expansión de este fenómeno, lo que a su vez merma la invasión de especies que perjudican los lagos como la Elodea, Lemna y algas (Días et al, 2012). Algunas de las especies macrófitas son: Barbasco, Chilillo, Tamaiza, Picantilla, Barbasquillo, Catay, Corazón Herido, Hierba de Sapo, Buchón, Jacinto de agua, Violeta de agua, Taruya, Cebolleta, Batata, Bora, Jacinto de agua, Lechuguilla, Oreja de Mula y Pato, entre otras.

Este tipo de alternativa fue implantada en los parques distritales de humedales como la Conejera y Santa María del Lago, constituyéndose en una buena opción de absorción de la entrada de nutrientes y otros componentes que pueden afectar los cuerpos de agua.

Posteriormente, se construirán alrededor de los lagos del parque dos cercas vivas adicionales con el objetivo de retener la humedad y los suelos, producir sombra y como primera barrera de las aguas provenientes de las canaletas con material de arrastre (tablas 6, 7, y 9). Otra función de estas cercas es cumplir con la tarea de crear una barrera visible que impida el paso de los usuarios que puedan afectar el proceso llevado (Días et al, 2012) (tabla 12).

Tabla 12. Plantas y arbustos para la creación de las tres barreras vivas en los lagos, centro de semilleros y zona de compostaje para el P.M.E.T.s.

Propuesta para elaborar los lineamientos ambientales de los aspectos abióticos (agua, suelo y aire) en el parque metropolitano el Tunal, Bogotá d.C.

Foto 1. Cerca viva con planta acuática de humedal, ideal para formar barreras de entrada de sustancias químicas causantes de eutroficación en los lagos.



Foto 2. Lirios. Planta para formar barrera en los lagos, resistente a la humedad y a la sequía.



Foto 3. Centros de cultivos o semilleros.



Foto 4. Zona de compostaje realizada de manera artesanal. Al lado derecho se encuentran unas botellas plásticas con agua para crear un ambiente de humedad.



Después de la creación de las barreras vivas, se construirán zonas de retención de humedad, zonas de compostaje y centro de cultivos (plantas y arbustos), no solo para las especies de los lagos, en lo que se refiere al agua, sino en los demás aspectos, el suelo y el aire, dotando al parque de una herramienta de gestión

que permitirá no solo reducir los costos económicos sino convertirlo en un centro de educación ambiental.

4.1.3. RECOMENDACIONES.

- Realizar un sondeo para determinar el piso inicial de los lagos y el tipo de material que se encuentra presente.

- Se recomienda para obtener una mayor precisión realizar los estudios pertinentes con una comisión topográfica para sacar la estimación real.
- Realizar un dragado manual o artesanal sin maquinaria pesada para no afectar los suelos del parque.
- Control de malezas acuáticas.
- No agregar esas malezas (Elodea) como abono a las plantas y arbustos.
- Tener un buen mantenimiento de las losas en las orillas de los lagos.

4.1.4. PRESUPUESTO

Para la extracción de material del fondo de los lagos se debe tener en cuenta tanto el capital humano requerido como la cantidad de tiempo necesario para el dragado de los tres lagos.

Para la siembra de las tres cercas vivas se debe contactar al Jardín Botánico ya que es el ente administrativo del Estado encargado de las siembras en instituciones públicas.

La adecuación de los centros de retención es muy económica ya que los agujeros los puede realizar el personal del parque y la compra de la caja de metal resistente no valdrá mucho; al igual que la creación de los centros de cultivo o semilleros. Se trata de aprovechar la gran extensión del P.M.E.T. adecuando sitios estratégicos propicios para el cultivo.

El estimativo de presupuesto para la recuperación de los lagos que se muestra a continuación (tabla 13), solo constituye un referente para los proyectos venideros por lo que estos deben realizar una ampliación del mismo:

Tabla 13. Estimativo de presupuesto para la recuperación de los lagos del P.M.E.T.

PRODUCTO	PESO	VALOR APROXIMADO
Material extraído puesto en una volqueta.		Por día 400.000 pesos.
Tierra negra.	Por talego de 1kg, 3kg y 5kg.	De 4.325 pesos a 10.254 pesos.
Semillas de arbustos y plantas (para iniciar el semillero).	Por 1kg.	De 10.375 pesos a 21.250 pesos.
Abono orgánico (compost).	Por 2kg.	5.000 pesos.
Cercas ornamentales.		Depende de la cantidad de m ² , a cubrir
Mantenimiento		Lo realiza el personal del parque (sueldos ya definidos).

4.1.5 CRONOGRAMA.

- Primera fase. Formulación del proyecto (de tres a seis meses), dependiendo de quién sea el responsable de hacerlo y del tipo de proyecto según el tipo de lineamiento escogido.
- Segunda fase. Diseñar el proyecto (de tres a seis meses)

- Tercera fase. Ejecución del proyecto (indefinido).

4.1.6 RESPONSABLES.

- Administración del P.M.E.T.
- Instituto de Recreación y Deporte (I.D.R.D.).
- Jardín Botánico José Celestino Mutis.

- Secretaría Distrital de Ambiente (S.D.A.).
- Comunidad.
- Las posibles entidades privadas que puedan intervenir.

4.2 PLAN DE MANEJO PARA RECUPERAR LOS SUELOS EN EL P.M.E.T.

4.2.1 OBJETIVOS.

General.

Plantear los marcos de referencia en la recuperación y pérdida de los suelos del P.M.E.T.

Específicos.

- Proponer el método general para la utilización de especies vegetales capaces de recuperar los suelos del parque.
- Señalar los aspectos más importantes del proceso de suelos pobres y la pérdida de ellos para que sean tenidos en cuenta a la hora de disminuir los elementos causantes.

4.2.2 MÉTODO GENERAL.

Los suelos abarcan el 95% del área total del parque. Cuyo enfoque se realizará en las zonas afectadas (tabla 3) en fortalecer la zona con mejores condiciones.

Para un adecuado manejo en los suelos se debe tener en cuenta la fuente general del problema, descrita en el capítulo de resultados y análisis.

Descompactación del suelo

Se realizará la remoción de la capa superficial del suelo con el fin de reducir su compactación y facilitar el enraizamiento de las plantas sembradas. Se realizarán relieves, es decir, la creación de lomas con material y suelos adecuados con mejor carga orgánica encima de los suelos actuales (tabla 14), en especial sobre las zonas afectadas (Coliseo

e inundaciones), ubicadas al sur del parque (tabla 3), ya que, a su vez, representan una de las dos zonas con mayor presencia arbórea, con dificultades adaptativas y fitosanitarias, debido a que sus suelos están conformados en gran parte por arena, haciéndolos más duros y más difíciles de recuperar (Lucy Acosta. Com. Pers).

La creación de dichos relieves tiene como objetivo crear una barrera protectora que ayude a la minimización de inundaciones y de malos olores traídos por río, producto de la actividad de las curtiembres. Los relieves, gracias a la capa vegetal plantada, ayudan a la retención de humedad y amortiguan la pérdida de suelo causada por la erosión y los usuarios, formando caminos que permita a los visitantes estar en contacto en un ambiente más amable y deportivo.

Este tipo de alternativas fueron implantadas en los parques metropolitanos Simón Bolívar, Sausalito y de los Nevados. Puesto que es una buena iniciativa para integrar a los usuarios y obtener beneficios eco-sistémicos.

La mejor manera de hacer recuperación de suelos es la implantación de especies vegetales nativas con características de resistencia al suelo seco —predominante en el parque la mayor parte del año (Jardín Botánico, 2008) — y a la humedad —temporada de lluvias fuertes en poco tiempo. Se proponen para el parque plantas nitrificantes, herbáceas y arbustivas que mejoren la calidad del suelo, así como distribuir núcleos vegetales de unas seis especies mezcladas que incluyan especies pioneras y de lento crecimiento, acompañadas de especies que llamen la avifauna para su dispersión. Entre las especies señaladas están: Siete cueros, Saucos, Laurel de cera, Chicalá Chilco, Chicho, Ciruelo, Caucho sabanero, Corono, Cajeto, Falso Pimiento, Dividivi de tierra fría, Durazno común, Espino, Gurrubo, Hayuelo, Holly espinoso, Holly liso, Palma Yuca, entre otros (Jardín Botánico, 2008).

Tabla 14. Plantas y arbustos y demás procesos para la recuperación de los suelos del P.M.E.T.

Propuesta para elaborar los lineamientos ambientales de los aspectos abióticos (agua, suelo y aire) en el parque metropolitano el Tunal, Bogotá d.C.

Foto 2. Sistemas de canales más simple hechos en concreto, adecuados para suelos secos, rodeado de la vegetación del lugar, en especial arbustos.



Foto 3. Canal rudimentario, forrado en plástico resistente, ideal para zonas con problemas de inundación.



Foto 5. Especies arbustivas adaptadas a un entorno con mayor inclinación y seco.



Foto 7. Sendero peatonal —ideal para la recreación pasiva— rodeado de vegetación y hojarasca, realizando una capa protectora en los suelos, permitiendo la captación de humedad y sombra.



Foto 9. Sendero peatonal artesanal ideal para caminatas de educación ambiental, rodeado de vegetación, con hojarasca que interactúa directamente en el suelo.



Además de implementar este tipo de especies vegetales se considera aplicar las enmiendas orgánicas, con el fin recuperar las zonas afectadas y maximizar los avances realizados a las partes intervenidas a través del aprovechamiento de los desechos orgánicos generados en el parque. Este tipo de alternativas son buenas para la recuperación de suelos en mal estado (Pérez, et al, 2008). Así mismo se recomienda que el material vegetal, resultado de podas y hojas caídas, se procese en compostaje y sea añadido a los núcleos sembrados, ya que el parque cuenta con infraestructura para esto. No se debe hacer plateo (excavación poco profunda alrededor del tronco) a los árboles sembrados ya que expone a suelos y a la microbiota; para evitar la competencia por gramíneas es mejor sembrar el material al menos 70cm de altura.

Lo idóneo para el parque es implementar un canal o sistemas de canales con una mejor conformación y distribución que la actual (tablas 6 y 9), que recorra las zonas afectadas, con el fin de proporcionar humedad a los suelos que tengan difícil retención y acceso de agua; el sistema de canales favorece la evacuación de aguas en temporada de lluvias para minimizar las zonas inundables como pasa actualmente. Cerca de los canales se plantarían arbustos de sauco (tabla 14), ideales para proteger esos suelos e impedir su pérdida por arrastre (Jardín Botánico, 2008). Por último, los canales desembocarían en zonas adecuadas como el alcantarillado destinado a aguas lluvias, sin afectar la integridad de los lagos del parque.

4.2.3 RECOMENDACIONES.

- Realizar un estudio previo para saber qué cantidad de suelo se implementara en la realización de los relieves.

- Se recomienda para obtener una mayor precisión realizar los estudios pertinentes con una comisión topográfica para sacar la estimación real.
- No plantar especies foráneas como pinos, cedros, eucaliptos y demás; fragmenta los suelos, los empobrece y no permite la formación de vida de otras especies vegetales.
- No recoger la hojarasca producida por la capa vegetal ya que los residuos generados son aprovechados por el mismo suelo y la misma capa vegetal, generando varios beneficios ricos en nutrientes.
- Antes de realizar cualquier tipo de actividad en la zona suroccidental del parque (tabla 9), la E.A.A.B. debe revisar el alcantarillado ya que allí presenta pérdida de suelo por escorrentía.

4.2.4 PRESUPUESTO.

Para la adecuación de los materiales en la formación de los lineamientos para suelo se debe tener en cuenta cuánto capital humano se requiere y qué cantidad de tiempo será necesario para la ejecución de los suelos del P.M.E.T.

Para la siembra de la capa vegetal se debe de contactar al el Jardín Botánico ya que es el ente administrativo del Estado encargado de las siembras en instituciones públicas.

Para la adecuación de los canales se deberá mirar cuál de las opciones ofrece mayores beneficios para del parque.

El estimativo de presupuesto para la restauración del suelo que se muestra a continuación (tabla 15) constituye solo un referente para los proyectos venideros por lo que estos deben realizar una ampliación del mismo:

Tabla 15. Estimativo de presupuesto para la restauración del suelo en el (P.M.E.T.).

PRODUCTO	PESO	VALOR APROXIMADO
Material extraído puesto en una volqueta.		Por día 400.000 pesos.
Tierra negra	Por talego de 1kg, 3kg y 5kg.	De 4.325 pesos a 10.254 pesos.
Comisionar un estudio para estimar los costos y determinar el tipo de rocas y demás materiales (para la conformación de los relieves).		Comisionar un estudio para estimar los costos y determinar el tipo de maquinaria (para la realización de los relieves).
Semillas de arbustos y plantas (para iniciar el semillero).	Por 1kg.	De 10.375 pesos a 21.250 pesos.
Abono orgánico (compost).	Por 2kg.	5.000 pesos.
Mantenimiento		Lo realiza el personal del parque (sueldos ya definidos).

4.2.5. CRONOGRAMA.

- Primera fase. Formulación del proyecto (de tres a seis meses), dependiendo de quién sea el responsable de hacerlo y del tipo proyecto según el tipo de lineamiento escogido.
- Segunda fase. Diseñar el proyecto (de tres a seis meses)
- Tercera fase. Ejecución del proyecto (indefinido).

4.2.6. RESPONSABLES.

- Administración del P.M.E.T.
- Instituto de Recreación y Deporte (I.D.R.D.).
- Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Secretaria Distrital de Ambiente (S.D.A.).
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B.).
- Comunidad.
- Las posibles entidades privadas que puedan intervenir.

4.3 PLAN DE MANEJO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL P.M.E.T.

4.3.1 OBJETIVOS.

General.

Plantear los marcos de referencia para el aumento en la calidad del aire en el P.M.E.T.

Específicos.

- Proponer el Método General para la utilización de especies vegetales capaces de mejorar la calidad del aire dentro del parque.
- Señalar los aspectos más importantes de la precaria calidad del aire, para que sean tenidos en cuenta a la hora de disminuir los elementos causantes.

4.3.2 MÉTODO GENERAL.

El P.M.E.T., está situado en el centro de la localidad de Tunjuelito y ocupa una gran extensión de territorio (Secretaria del Hábitat, 2007).

Para mejorar los parámetros de la calidad del aire en el parque se debe mirar cuales son las condiciones que lo causan, como por ejemplo, la poca cobertura vegetal existente allí, razón principal de la disminución de su calidad.

Linderos Arbóreos y Arbustivos.

Se plantea la introducción de linderos arbóreos de gran aporte y con follaje denso, que sirva como barrera a material particulado proveniente de las fronteras del parque (tabla 16). Una segunda línea de linderos arbóreos y arbustivos, de crecimiento rápido que a su vez tienen una alta tasa fotosintética, por lo que absorben mayor cantidad de CO₂.

Esta barrera debe tener una extensión mínimo de 10m, impidiendo la entrada de vientos que traen consigo malos olores y ruido. Este tipo de alternativas son benéficas para el entorno del parque porque aportan humedad en el ambiente y ayudan a la captación CO₂, SO₃ y demás material particulado (Palomeque, 2009). A la vez, este tipo de vegetación llama a la avifauna perdida en la localidad, ayuda a la restauración de los suelos del parque y a la creación de microclimas que no solo lo benefician a él sino a la comunidad adyacente, mejorando su

calidad de vida. Algunas de las especies propuestas son: El Arboloco, Chicalá, la Eugenia, Robles, Gaques y Ficus de gran porte como el Ficus Tequendama (Jardín Botánico, 2008).

Sin embargo, cuando se piensa en acciones determinantes para el aumento de la calidad del aire, lo ideal para el parque sería tener una buena cobertura vegetal ya que la cerca viva no es suficiente en sí misma para darle solución al problema. Por ello es bueno implantar esta capa vegetal que aumentaría significativamente la calidad del aire circundante, convirtiendo al parque en un pulmón para el sur de la ciudad.

En la zona sur del parque (Coliseo) los árboles plantados con problemas adaptativos y fitosanitarios (tabla 9 y 11), no se quitarían, más bien se aprovecharían como albergue de plantas trepadoras (tabla 16) que finalmente sirve a las demás especies vegetales como fuente de sombra y humedad en el ambiente.

Este tipo de alternativas fueron implantadas en los parques metropolitanos de los Nevados, Simón Bolívar. Ya que es una buena medida para contrarrestar la entrada de material particulado y de otros componentes que puedan afectar la calidad atmosférica.

Tabla 16. Cobertura de la capa vegetal en la introducción de las barreras vivas

Foto 1. Arbustos idóneos como lo son el Chicalá, el Falso Pimiento y Siete Cueros para la conformación de la barrera viva resistente a las condiciones de humedad y sequía; además contribuye al acercamiento de la avifauna y de otras especies animales.



Foto 2. Plantas trepadoras. Se usarían para la zona sur del parque con los árboles en mal estado, como fuente de alimento y refugio para la avifauna. Sería útil para las demás especies vegetales como fuente de humedad y sombra.



Foto 3. Conformación de la barrera viva pequeña con especies arbustivas tales como Holly, excelentes para las condiciones del P.M.E.T.



Foto 4. Cuadro ya utilizado en el lineamiento suelo; pero muestra una cerca viva mejor constituida y más frondosa al fondo.



Foto 5. Paisaje armónico bueno para la conformación de la capa vegetal en el parque ayudando al aumento de la calidad del aire sin afectar su uso con los usuarios.



4.3.3. RECOMENDACIONES.

- Realizar un estudio previo para saber qué cantidad de vegetación se implementara y cuáles de las especies nombradas son las adecuadas en la realización de las cercas vivas.
- Se recomienda para obtener una mayor precisión realizar los estudios pertinentes con una comisión topográfica para sacar la estimación real.
- Aprovechar la cerca viva ubicada en la zona de la biblioteca (tabla 19, foto 3). Actualmente su función principal es decorativa y podrían implementarse los parámetros propuestos en el documento con relación a las especies vegetales para mejorar las condiciones ambientales de suelo y aire.
- No plantar especies foráneas como pinos, cedros, eucaliptos y demás, fragmentan los suelos, los empobrece y no permite la formación de vida de otras especies vegetales.
- No recoger la hojarasca producida por la capa vegetal ya que los residuos generados son aprovechados por el mismo suelo y la misma capa vegetal, generando varios beneficios ricos en nutrientes.
- Antes de realizar cualquier tipo de actividad en la zona sur occidental del parque (tabla 9), la E.A.A.B. debe revisar

el alcantarillado ya que en esta zona del parque se presenta pérdida de suelo por escorrentía.

4.3.4. PRESUPUESTO.

Para la adecuación de los materiales en la formación de los lineamientos para aire, se debe tener en cuenta el capital humano que es requerido y la cantidad de tiempo necesario para la ejecución del proyecto.

Para la siembra de la capa vegetal se debe contactar al Jardín Botánico ya que es el ente gubernamental encargado de las siembras en instituciones públicas.

El estimativo de presupuesto para la restauración del suelo en beneficio de la calidad del aire que se muestra a continuación (tabla 17) solo constituye un referente para los proyectos venideros, por lo que estos deben realizar una ampliación del mismo:

Tabla 17. Estimativo de presupuesto para la restauración del suelo en beneficio de la calidad del aire del P.M.E.T.

PRODUCTO	PESO	VALOR APROXIMADO
Tierra negra.	Por talego de 1kg, 3kg y 5kg.	De 4.325 pesos a 10.254 pesos. Y comisionar un estudio para saber el valor total por m ² .
Semillas de arbustos y plantas (para iniciar el semillero).	Por 1kg.	De 10.375 pesos a 21.250 pesos.
Abono orgánico (compost).	Por 2kg.	5.000 pesos.
Mantenimiento		Lo realiza el personal del parque (sueldos ya definidos).

4.3.5. CRONOGRAMA.

- **Primera fase.** Formulación del proyecto (de tres a seis meses), dependiendo de quién sea el responsable de hacerlo y del tipo proyecto según el tipo de lineamiento escogido para el proyecto.
- **Segunda fase.** Diseñar el proyecto (de tres a seis meses)
- **Tercera fase.** Ejecución del proyecto (indefinido).

4.3.6. RESPONSABLES.

- Administración del P.M.E.T.
- Instituto de Recreación y Deporte (I.D.R.D.).
- Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Secretaria Distrital de Ambiente (S.D.A.).
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B.).
- Comunidad.
- Las posibles entidades privadas que puedan intervenir.

5. CONCLUSIONES

Es importante resaltar que el P.M.E.T. no posee ningún tipo de documentación respecto a la temática ambiental (agua, suelo y aire). Sin embargo, en cuanto al agua, el I.D.R.D. hace toma de muestras periódicamente para analizar el estado fisicoquímico, con el fin de mirar si los lagos cumplen con la normativa vigente, simplemente, sin ir más allá. Esto no significa que tras los resultados obtenidos, esta institución o cualquier otra, haga una guía o manual ambiental de los lagos del parque para mantenerlos en un buen estado, en este y en los demás aspectos.

Por lo cual la construcción de este documento de investigación es la primera fuente consolidada respecto a la temática ambiental en conexión al P.M.E.T esperando aportar los beneficios que se desean correspondientes al parque.

Al crear el P.M.E.T., a principios de la década de los 70, la zona destinada antes era utilizada como escombrera (C. Avendaño. Com. Pers & Secretaría del Hábitat, 2007), lo que generó pérdida de su suelo original. Para su reconstrucción trajeron suelos de diferentes tipos, originando problemas como erosión, inundaciones, pérdida rápida de humedad, baja adaptabilidad de especies vegetales y como consecuencia poca fauna y avifauna, y por último, la utilización de técnicas no aptas para el mantenimiento de suelo y de la capa vegetal, afectando la calidad de sus lagos (eutrofización).

Según el estudio fisicoquímico de los aspectos abióticos (agua, suelo y aire), se pudo establecer un diagnóstico para cada uno de ellos. 1. La afectación de las aguas con moderado índice de eutrofización, 2. Para los suelos, desgaste de la capa vegetal y difícil adaptabilidad de la misma y 3. En aire la alta contaminación por material particulado, malos olores y alta exposición a la radiación solar.

La eutrofización existente en los lagos del parque está comprobada pero no se sabe con exactitud cuáles son las fuentes incidentes, ya que los análisis fisicoquímicos objeto de este documento no arrojaron prueba suficiente para la alta concentración de nutrientes. Cabría la posibilidad de nuevos análisis dirigidos a otras variables relacionadas para los procesos de eutrofización.

Sería objeto de estudio de ingeniería establecer si es viable la construcción del fondo para imposibilitar el sustrato de la elodea. Por tal motivo se recomendó el dragado de una sedimentación con alta carga de nutrientes mientras se establece el origen o la fuente de dichos nutrientes.

Por otra parte, a partir de los parámetros utilizados, se encontró que el estado de los suelos del parque es pobre y se encuentran muy alterados, por lo que la arborización existente no ha sido suficiente y se requiere su adecuación so pena de incrementar su proceso erosivo. Sería motivo de estudio ampliar otras variables de análisis.

A pesar que el componente aéreo se debe considerar a gran escala, sin duda el papel del P.M.E.T., como elemento mitigador de gases suspendidos en la zona es clave, por lo que cualquier incremento en las masas vegetales del mismo redundará en las zonas aledañas al mismo.

Existe una enorme falencia y dispersión en la información disponible del parque, por lo que debería centralizarse la información con el fin de tener una base de datos ajustada que permita resolver con prontitud cualquier requerimiento bibliográfico. Esta labor es responsabilidad del I.D.R.D., como ente rector.

Aunque se ven algunos avances, aun se nota la necesidad importante de mejorar la gestión integral del P.M.E.T.

Con la realización del documento se logró establecer un lineamiento específico respecto a la implementación de especies vegetales capaces de minimizar las causas de la contaminación del agua y aire y la descompactación de los suelos del P.M.E.T.

Los lineamientos propuestos para la gestión ambiental son en buena medida un referente para la gestión del parque de tal forma que se le dé relevancia al aspecto ecológico tratado incipientemente hasta al momento. Por lo que este documento se convierte en línea base de in-

6. AGRADECIMIENTOS

En este momento de culminación, no de un trabajo de grado, sino de un proceso que ha sido el paso por la universidad, me gustaría expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron con sus aportes para la realización de este documento.

Agradezco especialmente al profesor Wilson Ariel Ramírez, director del trabajo de grado, quien por su dedicación, apoyo, motivación, orientación y seguimiento al documento a lo largo de este tiempo transcurrido, nunca desistió para ver culminado este proyecto. Agradezco el apoyo brindado por la facultad de Ciencias Ambientales en todo momento, en especial a la coordinadora María Fernanda Cardozo; a todos los profesores que durante el paso de los semestres tuve el privilegio de ser orientado por ellos.

Agradezco al profesor Ing. William Lozano Director de la revista Ambientarium, de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Piloto de Colombia, por permitir que este documento sea conocido y

formación formal de la cual carecían las fuentes de documentación del parque.

Se propuso las herramientas de gestión basados en la implementación de la capa vegetal con el objetivo de generar un apoyo en diferentes campos, como la educación, la calidad ambiental, concientización social y minimización de recursos económicos.

Finalmente es una satisfacción para mí lograr este documento por el aprendizaje obtenido en la realización de pruebas de laboratorio, en la persistencia investigativa, al dar aplicabilidad a los elementos suministrados por la facultad.

pueda agradar a la comunidad interesada en temáticas ambientales.

Agradezco a don Carlos Avendaño, Administrador del Parque metropolitano El Tunal, siempre tuve su gran apoyo en la incursión de la realización del documento, permitiéndome realizar todos los procesos que implica la construcción de lineamientos. Agradezco la colaboración que tuve del I.D.RD., I.D.U., I.G.A.C., Ingeominas y la S.D.A., y demás entidades públicas y privadas por brindarme la información que necesitaba para la conformación del documento.

A mi familia, que me apoyo incondicionalmente durante el transcurso de mi carrera, en buenos y malos momentos.

Un agradecimiento especial a la profesora Lucy Acosta, quien me brindo ayuda en momentos claves, aportándome su conocimiento para la culminación del trabajo de grado y un agradecimiento al Ing. Hernán Miguel García, quien me brindó su conocimiento en suelos para la conformación del documento.

A todos ellos muchas gracias.

REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2004). *Recorriendo Tunjuelito, Diagnóstico físico y socio económico de las localidades de Bogotá D.C.*. Bogotá, D.C.: Secretaría de Hacienda, Departamento Administrativo de Planeación.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). Plan Decenal de descontaminación del aire para Bogotá 2010-2020. Anexo del Decreto "Por medio del Cual se Adopta el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá". Bogotá, D.C.: Secretaría Distrital de Ambiente.
- Addy, K., Green, L. & Herron, E. (2004). *pH and Alkalinity*. EE.UU: University of Rhode Island, 2004.
- Norma interna de calidad del agua potable. (2006). En *Administración de las obras sanitarias del Estado*. Uruguay: AEAT. (1999). Quantification of the health effects of air pollution in the UK for the review of the national air quality strategy. A report produced for The Department of the Environment, Transport and the Regions. Recuperado de <http://www.aeat.co>.
- American Public Health Association. (1999). *American Water Works Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. EE.UU: Water Environment Federation
- Andina, D. (2012). *Química del Suelo*. Cátedra de Edafología. Recuperado de www.edafologia.com.ar
- Ansorena, Javier. (primer trimestre, 1995). El Suelo en la Agricultura y el Medio Ambiente. Fertilidad del Suelo: Acidez y Complejo de Cambio. *Sustrai* (36)1
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Ed. Díaz de Santos, S.A.
- APHA, AWWA, WEF. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. EE.UU: API. (1968). *Recommended Practice for Analysis of Oil - Field Waters*. Texas.
- APHA, AWWA, WPCF. (1996). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid, 1
- Anaya, M. y Martínez, J. (2009). *Manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano*.
- Basterra, I., Hess, A. y Klees, Delia. (2004). . Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina.
- Barrios, I. (1985). *La Edafología: Origen, Desarrollo y Conceptos*.
- Briceño, C.O. y Cáceres, L. (1986). *Química General*. Pime Editores.
- California State Water Resources Control Board. (2004). Electrical conductivity/salinity Fact Sheet. En *The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment*. EE.UU: Division of Water Quality.
- Casanova, Manuel; Vera, W.L.; Leighton, W. y Salazar, O. (2004). *Edafología Guía de Clases Prácticas*. Facultad de Ciencias agrónomas. Chile: Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería y Suelos.
- Clark, S.; Steele, K. A.; Spicher, J.; Siu, Ch. Y. S.; Lator, M.M.; Pitt, Robert, P.E.; and Kirby, Jason T. (September/ October 2008). Roofing Materials Contributions to Storm-Water Runoff Pollution. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. (134)5, 638.
- Colombia, Congreso de la República. Decreto 190 de 2004. Artículo 244. *Identificación de los parques que conforman el sistema Parques de escala regional (PR) y metropolitana (PM)*. Artículo 231 del Decreto 619 de 2000, modificado por el artículo 181 del Decreto 469 de 2003.

- Colombia, Congreso de la República. *Decreto 1594 de 1984*. Artículos 42, 43 y 44. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Colombia, Congreso de la República. *Resolución 2115 de 2007*. Artículos 2, 6 y 7. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- De la Maza, C. y Cerda, Cl. (2009). *Valoración de impactos socio-ambientales del arbolado urbano: una aplicación a la ciudad de Santiago, Chile*. XIII congreso Forestal Mundial. Buenos Aires Argentina.
- Díaz, A. M.; Díaz, J. E. y Vargas, O. (2012). *Catálogo de plantas invasoras de los Humedales de Bogotá*.
- Díaz, A.; Martínez, M. L. y Vargas, O. (2012). *Protocolo de propagación de plantas hidrófilas y manejo de viveros para la rehabilitación ecológica de los Parques Ecológicos Distritales de Humedal*.
- Durán, A.. *Composición del Suelo*. (2004). Uruguay: Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Departamento de suelos y aguas. Montevideo Uruguay:
- Durán, A.; Zamalvide, J.P.; García, F. y Hill., M. (2004). *Propiedades Fisicoquímicas de los suelos*, PDF 60.
- Fundación Humedales. (2010). Recuperación de la Laguna de Fúquene. Riesgos y Oportunidades. En *CONPES – Fúquene para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos*.
- Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Economía. *Análisis de agua -determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de Prueba* (cancela a la nmx-aa-072-1981), NMX-AA-072-SCFI-2001. México:
- Fassbender, H. W. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*.
- Fernández, L.C.; Rojas A.; Velizapa, N. G.; Ramírez, T. G; Zegarra M. E.; Uribe, H. G.; Reyes, Raúl; ...y Manuel., J. (2006). *Manual de Técnicas de Análisis de Suelos aplicadas a la Remediación de Sitios Contaminados*. México, DF: Instituto Mexicano del Petróleo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología.
- Ferry J. (1992). *Biochemistry of Methanogenesis*. Blacksburg, Virginia: Department of Anaerobic Microbiology, Virginia Polytechnic institute and State University.
- Fundación Colombiana de Tiempo Libre y Recreación (FUNLIBRE) y Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2002). *Clasificación de los parques*. Recuperado de <http://www.redcreacion.org/reddistrital/clasificacionparques.html>
- García, F. O. (2008). *Bases de Fertilidad de Suelos para la Nutrición de Cultivos*. *International Plant Nutrition Institute* (IPNI) Jornada de Actualización Minga Guazú, Paraguay:
- García, H. M. (2006). Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión. Estudio de caso Bogotá. Bogotá, D.C.:
- HAZEN A., Am. Chem. J. 14, 300 310 (1892).
- INGEOMINAS. (1988). *Geología de Bogotá*. Bogotá D.C.: Ingeominas.
- Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt y Fundación Humedales. (2005). *Plan de acción para la conservación y manejo de la biodiversidad en el complejo de humedales de Fúquene, Cucunubá y Palacio*.

- Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD). (2011). *Parques y escenarios. Definición y clasificación de parques* distritales. Recuperado de http://www.idrd.gov.co/htmls/seccion-definicion-y-clasificacion-de-parques-distritales_32.html
- Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. (2008). *Manual de Silvicultura Urbana para Bogotá*. Bogotá, D.C.:
- Jordán, A. (2005-2006). *Manual de Edafología*. Sevilla, España: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.
- Josefsson, M. (2011). NOBANIS – *Invasive Alien Species Fact Sheet*
- Elodea canadensis, Elodea nuttallii and Elodea callitrichoides*. Stockholm, Sweden: Department of Natural Resources, Swedish Environmental Protection Agency, SE106 48.
- Mikkelsen, R. (2010). Soil and Fertilizer Magnesium. *Better Crops* 94(2), 26-28. International Plant Nutrition Institute
- NALCO. (1989). *Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. Mc Graw-Hill.
- New Hampshire Department of Environmental Service. *Hardness in Drinking water*. WD-DWGB-3-6, 2008.
- Observatorio de Cultura Urbana, Instituto Distrital de Cultura y Turismo y Alcaldía Mayor de Bogotá. (2003). *Construcción del Espacio Público tres Parques de Bogotá: Nacional, Simón Bolívar, El Tunal*. Bogotá, D.C.: Fabio Zambrano editores
- Observatorio de cultura urbana, Instituto Distrital de Cultura y Turismo y Alcaldía Mayor de Bogotá. (2003). *Tres parques de Bogotá: Nacional, Simón Bolívar, El Tunal*. Bogotá, D.C. :
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Guía para la descripción de suelos*.
- Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). (2004). Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida, *Manual I: Teoría*. (2). Lima:
- Ormaechea, O. (2009). *Planificación territorial y espacios públicos metropolitanos en Andalucía*.
- Palomeque, E. (2009). *Sistemas Agroforestales*.
- Pavón, A. B. (2006). *Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz*.
- Perez, C. y Nuñez, Pedro. (2008). *Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana*.
- Ponce de León, J. ; Rucks, I.; García, F.; Kaplán, A. y Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Departamento de Suelos y Aguas.
- Prieto, C. (2007). *Historia de los parques bogotanos. Evolución lúdica. Primeros escenarios*.
- Procuraduría federal del consumidor de México. (2009). *Guía técnica para elaborar o actualizar lineamientos*.

- Produce. Ministerio de la producción de Perú. (2012). *Guía para la elaboración del diagnóstico ambiental preliminar*. Perú: Ministerio de la producción de Perú.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2006). *Manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano*.
- Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico (UPRM). (2012). *Manual de Ecología Microbiana*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Rodier, J. (1981). *Análisis de las aguas*. Barcelona: Ed. Omega.
- Rodríguez, Ángel. (2009). *Manual de Mecánica del Suelo y Cimentaciones*.
- Sierra, J.H. (1983). *Análisis de aguas potables y aguas residuales*. Medellín: Universidad de Antioquia
- Romero, J.A. (2009). *Calidad del Agua*.
- Rodríguez, J. (2008). *Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones de Administración del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, Costa Rica*. Costa Rica:
- Vélez, L.A. (2009). Del parque urbano al parque sostenible: Bases conceptuales y analíticas para la evaluación de la sustentabilidad de parques urbanos. *Rev. geogr. Norte Gd.* [online]. 2009, n.43, pp. 31-49. ISSN 0718-3402. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022009000200002&script=sci_arttext
- The Encyclopedia of Earth. C. Michael Hogan. 2008. *Rough-skinned Newt (Taricha granulosa)*. Recuperado de http://www.eoearth.org/article/Abiotic_factor?topic=49461
- Sadeghian, S. (2012). *Efecto de los Cambios en las Relaciones de Calcio, Magnesio y Potasio Intercambiables en Suelos de la Zona Cafetera Colombiana sobre la Nutrición de Café (Coffea arabica L.) en la Etapa de Almácigo*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez, J. (2007). *Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas*. JSV-GG-FT.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2009). *Informe Anual de Calidad de Aire de Bogotá año 2008*. Bogotá, D.C.: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). *Informe Anual de Calidad de Aire de Bogotá año 2009*. Bogotá, D.C.: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2010). *Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá*.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2011). *Informe Anual de Calidad de Aire de Bogotá año 2010*. Bogotá, D.C.: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2012). *Informe Anual de Calidad de Aire de Bogotá año 2011*. Bogotá, D.C.: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá.
- Secretaría Distrital del Hábitat. (2007). *Inspección, vigilancia y control de los desarrollos legales de vivienda localidad Tunjuelito*. Bogotá, D.C.: Secretaría Distrital del Hábitat
- Sherer, M. (2006). *The Benefits of Parks: Why America Needs More City Parks and Open Space. The True for Public Land*.

- Truman S. L.; Stuart, L.; Bevilacqua, A.C.&Morashc, K. *The Fundamental Conductivity and Resistivity of Water* 2005.
- UNESCO/WHO/UNEP.(1996). *Water Quality Assessments.A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*.
- Universidad de los Andes. (2009). *Elementos técnicos del Plan decenal de descontaminación de Bogotá*. Bogotá, D.C.:Universidad de los Andes.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). *Protecting Water Quality from Agricultural Run-off*.841-F-05-001, 2005.USA: EPA.
- University of Florida.Department of Fisheries and Aquatic Sciences Institute of Food and Agricultural Sciences.(2004). *A Beginner's Guide to Water Management —Color*. USA: University of Florida.
- Valencia,I. y Celia E. (1991). *Química de los suelos*.
- Vazquez,H. y Manzano, M.B. (2009). Alcalinidad del Agua. Recuperado de <http://alcalinidaddelagua.blogspot.com/>
- World health organization (WHO). (1996). *Guidelines for Drinking-water Quality. Total dissolved solids in Drinking-water*. USA: WHO.
- World Health Organization (WHO).(2003). *Guidelines for Drinking-water Quality.pH in Drinking-water*. USA: WHO.
- Wilson,J. & Dr. Moore, J. (1997). *Chromium and zinc Uptake in Elodea densa and Ceratophyllum Demersum: Applications for Bioremediation. Bioresource Research and Bioresource Engineering*. Oregon, USA: Oregon State University.
- Wurts.,W.A. (2004). *Understanding Water Hardness*. USA: Kentucky State University.

PAGINAS CONSULTADAS

- <http://blog.humanityy.com/es/ecologia>
- <http://www.ecoportal.net/content/view/full/169/offset/3>
- http://www.phjucar.com/docs/DTR/DTR_Estado_CHJ_Ed17.pdf
- http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap9.pdf
- <http://www.fedenatur.org/docs/docs/558.pdf>
- <http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/portal/node/228>

Filtros verdes como una alternativa para la depuración del agua residual doméstico

Green filters as an alternative for the purification of domestic wastewater

Ángela Janeth Jaimes Rodríguez¹

RESUMEN

El agua es quizá el recurso más importante en el planeta, sin embargo su notable deterioro ha generado impactos ambientales negativos, dejando, como resultado, poblaciones vulnerables. La causa es el mal manejo de las aguas residuales producido por carencias en infraestructura adecuada para su tratamiento.

Como respuesta a estos problemas, se han generado diferentes tecnologías a bajo costo como alternativa para brindar un adecuado tratamiento a las aguas residuales, entre estas, los filtros verdes. Sin embargo, el poco conocimiento que se tiene de los sistemas blandos (naturales) impide que sean implementados, de manera expedita, lo que permite que los problemas ambientales crezcan cada día.

Por tal razón, se realizó una revisión de la bibliografía referente al uso de filtros verdes como una alternativa para el tratamiento de agua residual doméstica.

PALABRAS CLAVE:

Aguas residuales, filtros verdes, tecnologías apropiadas.

KEYWORDS:

Wastewater, green filters, appropriate technologies.

1. Profesional en Administración y Gestión Ambiental (graduanda). Bogotá D.C., Colombia. E-mail: ann.jaimes@hotmail.com

Recibido: 01 de septiembre de 2014.
Aprobado: 01 de Diciembre de 2014
(Acta de comité)

ABSTRACT

Water is perhaps the most important resource on the planet, but its decline has led to significant negative environmental impacts, leaving as a result vulnerable populations. The cause is the mishandling of wastewater produced by gaps in adequate infrastructure for its treatment.

In response to these problems, various technologies at low cost have raised as an alternative to provide adequate wastewater treatment, including the green filters. However, the little knowledge of the (natural) soft systems prevent them from being implemented, allowing environmental problems to increase day by day.

For this reason a review of the literature concerning the use of green filters as an alternative for the treatment of domestic wastewater was conducted.

1. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es esencial para que todas las formas de vida puedan existir, sin embargo, el notable deterioro en la calidad del agua ha ocasionado problemas sociales, ambientales y económicos que están directamente relacionados con el crecimiento exponencial de la población, el desarrollo industrial, la poca conciencia ambiental y la flexibilidad para el cumplimiento normativo referido a la contaminación industrial, lo cual deja como consecuencia que los niveles de contaminación excedan la capacidad de resiliencia del planeta, ocasionando un deterioro en el recurso hídrico presente en el mundo (Simioni, 2003).

A nivel nacional, el panorama no es nada alentador. Aunque Colombia es un territorio rico en cuerpos de agua ha sufrido de la mala planificación y el manejo inadecuado del recurso hídrico, lo cual es el reflejo de la ausencia de planes de manejo de cuencas hidrográficas, el mínimo control de vertimientos de aguas residuales tanto urbanas, industriales y de actividades pecuarias, la erosión causada por la deforestación, el uso y la ocupación del

suelo, entre otros varios aspectos que derivan en la actual escasez hídrica (IDEAM, 2010). Para hacer frente a los problemas generados por la inadecuada gestión del recurso hídrico, se han generado alternativas para proveer un adecuado tratamiento de aguas residuales, ya sean de origen doméstico, industrial o agrícola, entre otros; sin embargo las tecnologías apropiadas aunque muy eficientes no son implementadas con frecuencia debido a una falta de conocimiento en la operación y mantenimiento del sistema, por parte de la población.

Los filtros verdes tienen como objetivo principal la degradación biológica de los compuestos disueltos en el agua residual por medio de un sistema físico (filtración), químico (asimilación de sustancias químicas como nutrientes por diferentes tipos de plantas) y biológico (metabolización de materia orgánica por microorganismos del suelo y las raíces de las plantas) (Martín, Bes, & Lafuente, 1998). Consiste en la aplicación controlada de agua residual sobre la superficie del terreno donde previamente se ha instalado una masa forestal o un

cultivo. Con ello se consigue, además de la depuración del efluente, el crecimiento de especies vegetales, generalmente arbóreas maderables (Figura 1).

Figura 1. Filtro verde. Autor: Instituto Tecnológico de Canarias.

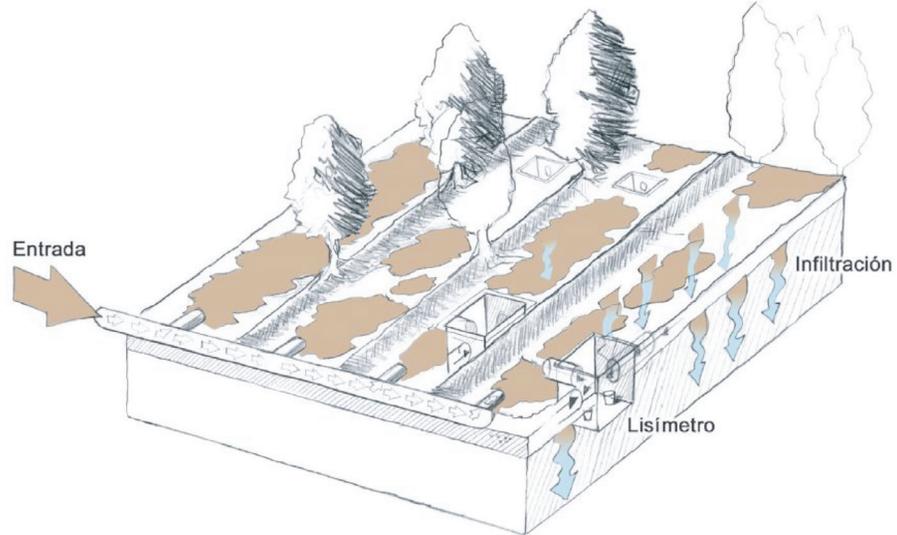


Imagen tomada de: <http://2.bp.blogspot.com/-AG8EHZDz7po/TckUPexZN6I/AAAAAAAAAJs/Qd-5QnXj43RM/s1600/Esquema+Filtros+Verdes.JPG>

En países europeos es utilizada la tecnología de filtros verdes para depurar las aguas residuales. En Andalucía, España, uno de los casos más representativo de aplicación de esta tecnología fue acondicionado en una parcela de 6.000 m² en la

que se instalaron dos barreras reactivas y 4 parcelas de cultivo utilizando ***Eucalyptus camaldulensis*** y ***Sorghum bicolor*** (Foto 1) con el fin de depurar parcialmente el agua y la parte restante sea absorbida por las raíces de los árboles (Gutierrez, 2006).

Foto 1. Filtro verde. Planta Experimental de Carrión de los Céspedes. Andalucía, España.



Fuente: William Antonio Lozano-Rivas.

Filtros verdes como uno alternativo para la depuración del agua residual doméstica

Este tipo de sistema, aunque muy efectivo, es poco conocido en países de Latinoamérica, debido a la falta de información sobre casos aplicados en otras partes del mundo y el poco interés que se tiene por buscar alternativas de bajo costo para el tratamiento de agua residual. No obstante, y aunque exista variedad de tecnologías para el tratamiento y depuración de aguas residuales como Humedales Artificiales, Tanques Sépticos, Tanques

Imhoff, es poco o nulo el conocimiento sobre tecnologías tan eficientes como los filtros verdes.

Por tal motivo se realizó una revisión bibliográfica para evidenciar el uso y existencia de las tecnologías apropiadas, haciendo especial énfasis en la implementación de filtros verdes. Estos sistemas se caracterizan por ser altamente eficientes en poblaciones pequeñas y sus costos de implementación son muy bajos.

2. METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda de información secundaria para conocer las diferentes tecnologías apropiadas utilizadas alrededor del mundo, la cual fue obtenida de libros técnicos, documentos de investigación, artículos y publicaciones científicas y académicas. Para este propósito se llevó a cabo una búsqueda, principalmente, en bases bibliográficas especializadas (electrónicas) disponibles en la Universidad Piloto de Colombia: Jstor y ProQuest y en bases electrónicas de acceso libre: Google Scholar, Dialnet, DOAJ, SciELO, Redalyc, para un total de

7 bases de datos especializadas. También se revisó el número de resultados en la Web a través del buscador Google.

Lo que aquí se presenta hace parte del trabajo de grado para obtener el título de Profesional en Administración y Gestión Ambiental titulado **“Evaluación técnica, ambiental y financiera para la implementación de filtros verdes como alternativa de depuración de aguas residuales domésticas. Caso de estudio: Proyecto Gaia- Villa de Leyva”**, y resume, de manera muy concisa, lo encontrado a nivel bibliográfico.

3. RESULTADOS

A causa de los problemas generados por la inadecuada gestión del recurso hídrico, se crea una necesidad de estimar el conocimiento científico y académico referido al uso de filtros verdes como alternativa de tratamiento de aguas residuales.

Para la búsqueda bibliográfica se utilizaron las siguientes combinaciones de palabras claves:

- En español: “filtros verdes”, tratamiento de aguas residuales.
- En inglés: “land application system”, wastewater treatment.

El número de publicaciones repostadas, a diciembre de 2014, en cada una de las siete (7) bases especializadas de datos empleadas, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de búsqueda en bases de datos de la tecnología de filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales

Base de datos consultada	Resultados en español	Resultados en inglés
Jstor	0	2
ProQuest	2	157
Google Scholar	20	19
Dialnet	5	0
DOAJ	1	6
SciELO	0	0
Redalyc	0	0
TOTAL	28	184

Filtros verdes como una alternativa para la depuración del agua residual doméstica

En bases de datos especializadas, de los 212 resultados de documentos existentes a nivel mundial, solo un 13%, aproximadamente (28 documentos), se encuentra disponible en español.

Los resultados de búsqueda de documentos, a nivel general, en la Web, a través del buscador Google, son de 5720 en español y 10.600 en inglés, para un total de 16.320 documentos, lo que indica que solo el 35% se encuentran disponibles en español. Este resultado total (español e inglés) es 77 veces mayor que el de documentos académicos y científicos especializados en ambos idiomas.

Durante la búsqueda bibliográfica de casos de aplicación de esta tecnología blanda en Colombia, se encontró, inicialmente, un supuesto caso de implementación de filtros verdes para el tratamiento de las aguas residuales generadas por las comunidades que se abastecen de la Laguna de Fúquene, ubicada en San Miguel de Sema, Cundinamarca (Diario EL TIEMPO, 2014). En este artículo titulado "Inauguran primera planta natural de agua residual", se habla de la implementación de un Filtro Verde con plantas macrófitas. Sin embargo, la verificación del sistema allí implementado por Kärcher Colombia, Sika, la Fundación Humedales y el Fondo Nacional

para la Naturaleza, pone en evidencia que esta depuradora no corresponde a lo que se conoce oficialmente por los técnicos e ingenieros del agua, a nivel mundial, como un Filtro Verde sino que se trata, simplemente, de un humedal artificial. Esto evidencia la falta de información y la tergiversación, por parte de las mismas entidades y empresas de ingeniería, de los nombres de tecnologías conocidas internacionalmente a causa de errores periodísticos o, quizá, del afán comercial y del deseo de aparentar novedad y lograr una noticia que hable de la inauguración de "la primera planta natural de purificación de agua en el país", cuando en realidad, y soslayando el mal empleo de la palabra "purificación", esta es una falacia técnica en dos vías: ni son filtros verdes, ni es la primera planta natural de depuración de aguas residuales en Colombia.

En 1976, ya se reportaba el uso de cerca de 500 sistemas de lagunaje o lagunas de estabilización en Latinoamérica y 7 en Colombia; debe resaltarse que los sistemas de lagunaje se enmarcan en la categoría de plantas de tratamiento naturales para aguas residuales (Yáñez, 1976). Así, para el año 2005, ya se tenían casi 120 sistemas naturales de tratamiento mediante lagunas de estabilización en Colombia,

lo que representa el 50% de los sistemas de tratamiento municipales existentes en el país (González, 2005). Esto, sin contar con otros sistemas naturales cuyo número

viene creciendo, de manera importante, desde hace más de una década en Colombia, como es el caso de los humedales artificiales (Lozano-Rivas W. A., 2014).

4. CONCLUSIONES

Se evidencia que existe una limitada información especializada, tanto en español como en inglés, en torno al uso y funcionamiento de los filtros verdes. Por el contrario, existe un número importante, 77 veces más alto, de documentos "informales" que no han sido sometidos al proceso de revisión por pares.

Son aun exiguos los esfuerzos que universidades, centros de investigación y científicos realizan para generar alternativas de bajo costo para la depuración de aguas residuales. Adicionalmente, la poca información hallada pone en evidencia el escaso

interés que merece la tecnología de filtros verdes, la cual contrasta con el preocupante número de necesidades insatisfechas en materia de tratamiento de efluentes domésticos y municipales en la mayor parte de las zonas rurales y, aun, de los municipios latinoamericanos. Esta situación, contribuye al recrudescimiento de los problemas ambientales y a la contaminación hídrica, que se aúna a la tergiversación de la información técnica en manos de periodistas, empresas y entidades técnicas que en nada ayuda a la difusión de estas soluciones tan necesarias en nuestros países.

REFERENCIAS

- Bradley, B., & Daigger, R. (2002). Evaluation of Onsite Wastewater Treatment Technologies Using Sustainable Development Criteria .
- Diario EL TIEMPO. (13 de Enero de 2014). Inauguran primera planta natural de agua residual. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento-2013/DR-111228>.
- González z, J. S. (2005). Estado del tratamiento de aguas residuales en Colombia. *Taller Nacional "Validación de lineamientos para mejorar la gestión del agua residual y hacer más sostenible la protección de la salud"* (p. 37). Bogotá D.C.: OPS-OMS.
- Gutierrez, B. (2006). *Adaptación de los Filtros Verdes: Estaciones Depuradoras de Agua EDAR* . IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua* . Bogotá D.C.: IDEAM
- Lozano-Rivas, W. (2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales* . Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.
- Lozano-Rivas, W. A. (15 de Marzo de 2014). Comunicación Personal. Bogotá D.C.
- Martín, C.; Bes, C., y Lafuente, A. (1998). *Filtros Verdes: Una alternativa real en el tratamiento de aguas residuales en pequeños municipios*. Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud.
- Sazosa, C. (2009). *Diseño de un biofiltro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria Alimenticia*. Obtenido de Bioarquitectura: http://rtbltda.com/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=81
- Simioni, D. (2003). Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana en Santiago de Chile. Santiago de Chile .
- Uddameri, V. (2009). *An Analytical Solution to Model Aquaculture Wetlands Subjects To Intermittent Loading And Variable Initial Concentration* . Environ Modell Asses.
- Yáñez, F. (1976). *Lagunas de Estabilización*. Lima, Perú: CEPIS - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Agua segura a partir del aprendizaje basado en problemas

Safe water from problem-based learning

Camilo Alberto Torres Parra ¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es socializar cómo a partir de la implementación del modelo de enseñanza de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), los estudiantes de ingeniería civil pertenecientes a la asignatura de Gestión ambiental y laboratorio de calidad de agua de la Universidad Piloto de Colombia, ejecutaron un proyecto de aula en donde se evaluó la problemática sentida frente a la calidad de agua para consumo que presentan a nivel general las comunidades en alta situación de vulnerabilidad en Colombia. Lo anterior se logró por medio de un trabajo grupal y participativo, generando así una solución de tratamiento de agua eficiente y acorde a la realidad cultural de dichas poblaciones. Para ello se tuvo en

PALABRAS CLAVE:

Aprendizaje Basado en Problemas, Calidad del agua, proyecto de aula, estrategia educativa.

KEYWORDS:

Problem Based Learning, water quality, classroom project, educational strategy

1. Ingeniero Ambiental y Sanitario. Esp. Gerencia de Proyectos, Msc. en Educación. Docente programa de ingeniería civil Universidad Piloto de Colombia. Carrera 9 No. 45A - 44, Bogotá-Colombia. camilo-torres@unipiloto.edu.co

Recibido: 20 de Octubre de 2014.
Aprobado: 01 de Diciembre de 2014
(Acta de comité)

cuenta la aplicación de conceptos por parte del alumno más no su memorización y la orientación al grupo de estudio en la propuesta de un método sencillo de filtración teniendo en cuenta la concepción del diseño, la implementación del prototipo en laboratorio y su respectivo monitoreo frente a los parámetros de calidad de agua contenidos en la legislación ambiental vigente.

La experiencia logro evidenciar que el ABP fue una estrategia viable de aula para que los estudiantes comprendieran su responsabilidad durante el proceso de aprendizaje, ligaran la teoría con la práctica y valoraran la importancia de su ejercicio profesional en los campos social y medioambiental. Además de obtener un producto válido para ayudar a las personas con carencias de agua potable y evidenciar que sí existe un puente entre la teoría y la práctica desde una de las asignaturas énfasis del Programa.

ABSTRACT

This work is aimed at socializing the relevance of the implementation of the problem-based learning (PBL) teaching model by the civil engineering students belonging to the subject of environmental management and water quality laboratory of the Universidad Piloto de Colombia, who conducted a classroom project where the problematic regarding the quality of drinking water faced by the most vulnerable communities in Colombia was evaluated. It was possible thanks to a participatory group work, bringing efficient solutions regarding water treatment, aligned to the cultural reality of these populations. For this purpose, the student's concept application rather than their memory was key, as well as the orientation to the study group in the proposal of a simple filtration method considering the concept of design, the implementation of the prototype in the laboratory and its respective monitoring in regards of the water quality parameters contained in the environmental legislation.

Experience showed that the PBL was a viable strategy in the classroom for students to understand their responsibility during the learning process, linking the theory with the practice and valuing the importance of their professional practice in social and environmental fields. It was possible to obtain a valid product to help people lacking of drinking water, and made evident that there is indeed a bridge between theory and practice from one of the key subjects of the program.

1. ANTECEDENTES

1.1 El ABP como estrategia de enseñanza-aprendizaje novedosa en el aula

La innovación ha sido conceptualizada por Rivas como una acción deliberada que comporta la introducción de algo nuevo en un sistema u organización, modificando sus procesos (estructuras, procedimientos u operaciones) y cuyo resultado supone una mejora en los productos; es decir, en el logro de los objetivos. Innovación, como la define el autor, es la incorporación de algo nuevo dentro de una realidad existente, en cuya virtud esta resulta modificada (Ramírez, 2012), por lo anterior es necesario implementar nuevos modelos de enseñanza aprendizaje, los cuales motiven al estudiante y le generen competencias para su vida personal y diaria. Es por esta razón que el ABP se puede tener en cuenta como un método innovador que genera en el alumno la indagación y el pensamiento crítico en el aula.

El ABP es una de las técnicas de enseñanza - aprendizaje que ha alcanzado más arraigo en las instituciones de educación superior en los últimos años. Dicho método se desprende de la teoría constructivista del aprendizaje y radica en que el estudiante aprenda haciendo, que este busque respuestas y soluciones a un problema específico o a una realidad simulada, aplicando correctamente el uso, manejo y resolución de supuestos prácticos; es por esto que la educación apoyada en el constructivismo implica la experimentación y la resolución de problemas y considera que los errores no son contrarios al aprendizaje, sino más bien la base del mismo (Santillán, 2006).

El camino que toma el proceso de aprendizaje convencional se invierte al trabajar en el ABP, mientras que tradicionalmente en primer lugar se expone la información y luego se busca aplicarla para

resolver un problema; en el caso del ABP, se presenta primeramente el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y finalmente se regresa al problema a fin de resolverlo (Poot, 2013).

El ABP es un enfoque pedagógico multi-metodológico y multididáctico, encaminado a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje y de formación del estudiante. En este enfoque se enfatizan el auto-aprendizaje y la autoformación, procesos que se facilitan por la dinámica del enfoque y su concepción constructivista ecléctica. En el enfoque de ABP se fomenta la autonomía cognoscitiva, se enseña y se aprende a partir de problemas que tienen significado para los estudiantes, se utiliza el error como una oportunidad más para aprender y no para castigar, y se le otorga un valor importante a la autoevaluación y a la evaluación formativa, cualitativa e individualizada (Dueñas, 2001).

Bajo la guía de un tutor, los estudiantes deben tomar la responsabilidad de su propio aprendizaje, identificando lo que necesitan conocer para tener un mejor entendimiento y manejo del problema en el cual están trabajando, y determinando dónde conseguir la información necesaria (primaria y secundaria). Así el docente se convierte en una guía y permite que cada estudiante personalice y desarrolle su aprendizaje, concentrándose en las áreas de conocimiento o entendimiento de interés (Morales y Landa, 2004).

Por lo expuesto anteriormente, se espera que los estudiantes aprendan a partir del conocimiento del mundo real y de la acumulación de experiencia por virtud de su propio estudio e investigación, generando así habilidades relacionadas al contexto social y profesional en el que el estudiante se desempeñará en el futuro (Ramírez, 2012).

1.2. Mejorando las prácticas docentes a partir de la problemática del agua

En Colombia el 65% de la población no tiene acceso a agua potable. Uno de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas está dirigido a reducir a la mitad, para el año 2015, la cantidad de personas que hoy no tienen este servicio. Sin embargo, el crecimiento de la población y la búsqueda de mejores estándares de calidad de vida, la lucha por obtener acceso a más y mejores fuentes de agua, el abuso ambiental y la extracción acelerada del recurso, entre otros, hacen que esta meta se encuentre cada vez más lejana, en especial para los países en vía de desarrollo (Ministerio de la Protección Social, 2006).

Por lo anterior, desde la asignatura de gestión ambiental y laboratorio de agua se ha hecho especial énfasis en que los estudiantes conozcan la problemática de agua y su incidencia en la calidad de vida de la población colombiana, ya que por diferentes causas ligadas al contexto social e institucional, las comunidades en alta situación de vulnerabilidad no pueden acceder a tratamientos centralizados que les brinden un agua de calidad para consumo, debido a un débil institucionalismo, el cual aumenta los costos de transacción y genera desconfianza en las organizaciones por parte de la población y a la falta de educación de estos sectores de la sociedad.

Por otro lado, el sentir de los estudiantes del Programa se ha volcado hacía la

penalización de las estrategias de enseñanza aprendizaje que les obliga a utilizar una memorización sin sentido y que no les ayuda a promover su creatividad dentro del aula de clase. Esto ha obligado a las directivas del Programa a evaluar las estrategias docentes actuales y a motivar a los profesores a que propongan nuevas formas de transmisión del conocimiento en el aula de clase. Por lo anterior es que en la asignatura en mención se propone una metodología para que, mediante un trabajo grupal, se puedan obtener productos validados desde el liderazgo de los estudiantes, y que estos se puedan evaluar y presentar como una posible solución a la problemática planteada.

Es por esta razón que los estudiantes de la asignatura de una manera participativa en conjunto con el docente estuvieron en facultad de identificar, planear y ejecutar acciones encaminadas a dar solución a la problemática de agua a partir de la implementación del modelo de ABP, de manera que fuesen los mismos estudiantes quienes desde su experiencia y situación contextual propia, identificaran las posibles alternativas a desarrollar, brindando así una autonomía al estudiante y la oportunidad de aplicar sus conocimientos de clase. Asimismo el docente a cargo facilitó los espacios y condiciones para que los estudiantes realizaran procesos de planeación, organización y gestión de las acciones para la obtención de un prototipo en laboratorio el cual cumpliera con mejorar las condiciones fisicoquímicas del agua para consumo humano.

2. ESTRATEGIAS Y ACTUACIONES

Basado en el modelo de enseñanza anteriormente expuesto y con el objetivo de motivar a los estudiantes de la asignatura para que logran materializar un prototipo de sistema de filtración de calidad de agua, el cual estuviera en la capacidad de apoyar

la solución de la problemática expuesta que se presenta en la zona rural y urbana del país, el procedimiento que desde el acompañamiento del docente se siguió para facilitar los procesos de aprendizaje vinculó los siguientes pasos (Ramírez, 2012):

1. Se les proporcionó a los estudiantes un problema real que aqueja a las poblaciones en alta situación de vulnerabilidad, las cuales debido a sus condiciones socioeconómicas y de ubicación geográfica no pueden acceder a agua de calidad para consumo humano. Lo anterior hace que los estudiantes se cuestionen acerca del cómo brindar una solución pertinente y viable desde los aspectos social, económico y cultural, a las poblaciones que sufren de cuadros de morbilidad por el consumo periódico de agua de mala calidad.
2. Luego de exponer la problemática al grupo de estudiantes, se conformaron 5 grupos de entre 4 y 5 alumnos para que estos participaran en una serie de discusiones en relación a qué tipo de solución se podría plantear para mejorar la calidad de agua para consumo humano en las comunidades vulnerables del país.
3. Seguido del trabajo en equipo, se les indicó a los alumnos cómo consultar bibliografía especializada para que de manera individual, analizaran el problema y casos exitosos aplicados, para posteriormente, compartir dicha información con todo el grupo de clase.
4. Teniendo ya una problemática bien documentada y las iniciativas que se han adelantado para mejorar esta situación, se fomentó la participación dentro de los grupos de trabajo para que los alumnos desarrollaran habilidades de comunicación y de aprendizaje auto-dirigido. Esto se evidenció en que cada grupo tuvo líderes que guiaron a sus compañeros durante el proceso.
5. Por último se invitó a los estudiantes a presentar sus soluciones a la problemática frente al grupo, y en medio de esta discusión se llegó a una conclusión general, en la cual se determinó que el mejor modelo a seguir era un sistema descentralizado como el filtro de mesa

de velas, pero con algunas mejoras en su diseño, ya que por su fácil consecución de materiales e implementación en campo, se ajustaba para dar solución a la problemática expuesta. De esta experiencia los estudiantes presentaron un documento justificando el por qué se debía realizar el sistema propuesto y cuáles eran sus expectativas en relación a la eficiencia del prototipo a construir en el laboratorio.

Habiendo conciliado de manera grupal el diseño propuesto, se procedió a realizar el prototipo por grupos de trabajo en los laboratorios de la Universidad; para esto se siguió un procedimiento de cotización y compra de materias primas y el posterior ensamble de estas para materializar el filtro. Dicho proceso constructivo lo realizaron los estudiantes con supervisión y guía del docente de la asignatura tal y como lo dicta el modelo de aprendizaje.

Luego de la construcción del filtro, el sistema se monitoreo en los laboratorios de la Universidad teniendo en cuenta la legislación ambiental vigente en relación a los parámetros de calidad para un agua potable, lo que permitió que los estudiantes observaran con un caso real que las soluciones a la problemática del agua nacen de la creatividad, innovación y empeño propios, con lo cual se pudo observar que la responsabilidad y trabajo autónomo del estudiante durante su aprendizaje se incrementaron a medida que el semestre académico avanzaba obteniendo resultados positivos durante el proceso.

Después de validar que la eficiencia del filtro cumplía con los parámetros concebidos en la legislación vigente, luego del monitoreo por parte de los estudiantes, se procedió a evaluar la percepción de estos en relación a la estrategia de enseñanza aprendizaje implementada en el marco de la clase. Este cuestionario se diseñó con el objetivo que el estudiante

expresara su sentir en relación al trabajo adelantado durante el semestre, y su percepción frente a la implementación de la estrategia.

Tabla 1. Cuestionario para la evaluación de la percepción de los estudiantes frente a la implementación de un Aprendizaje Basado en Problemas.

No.	Pregunta	Respuesta (marcar con una x)		¿Por qué?
		Si	No	
1	¿Considera usted que proponer soluciones técnica, ambiental, cultural y económicamente viables para la problemática de la calidad del agua en el marco de la asignatura es importante para su formación profesional?			
2	¿Considera usted que implementó los conocimientos vistos en clase en las fases de diseño, implementación y monitoreo del sistema de filtración?			
3	¿Considera usted que trabajar sobre una problemática real como la mala calidad del agua en comunidades vulnerables le ayuda en la aplicación de los conocimientos vistos en clase?			
4	¿Considera usted que el prototipo desarrollado le ayudó a interpretar los datos de calidad de agua vistos en clase?			
5	¿Considera que los materiales, equipos de laboratorios y demás recursos disponibles actualmente son los adecuados para el desarrollo de la parte experimental del prototipo?			
6	¿Considera que la orientación del docente para el desarrollo del trabajo fue la adecuada?			
7	¿Este tipo de metodologías para el aprendizaje satisfacen sus expectativas como estudiante comparándola con otros métodos tradicionales?			
8	¿Fue difícil para usted la implementación del prototipo en laboratorio?			
9	Según los resultados en el mejoramiento de la calidad de agua del sistema de filtración, ¿Considera usted que se puede implementar en una vivienda ubicada en comunidades vulnerables?			
10	¿Se cumplieron sus expectativas con el desarrollo y monitoreo del prototipo de filtración?			

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el diligenciamiento del anterior cuestionario por parte de los 38 estudiantes de la asignatura, el estudio de los datos recabados en el aula de clase se llevó a cabo teniendo en cuenta una estadística descriptiva, en dicho análisis se establecieron los porcentajes de las respuestas por parte de los alumnos, asimismo, el número de respuestas se trabajó en la herramienta computacional Excel con el objetivo de

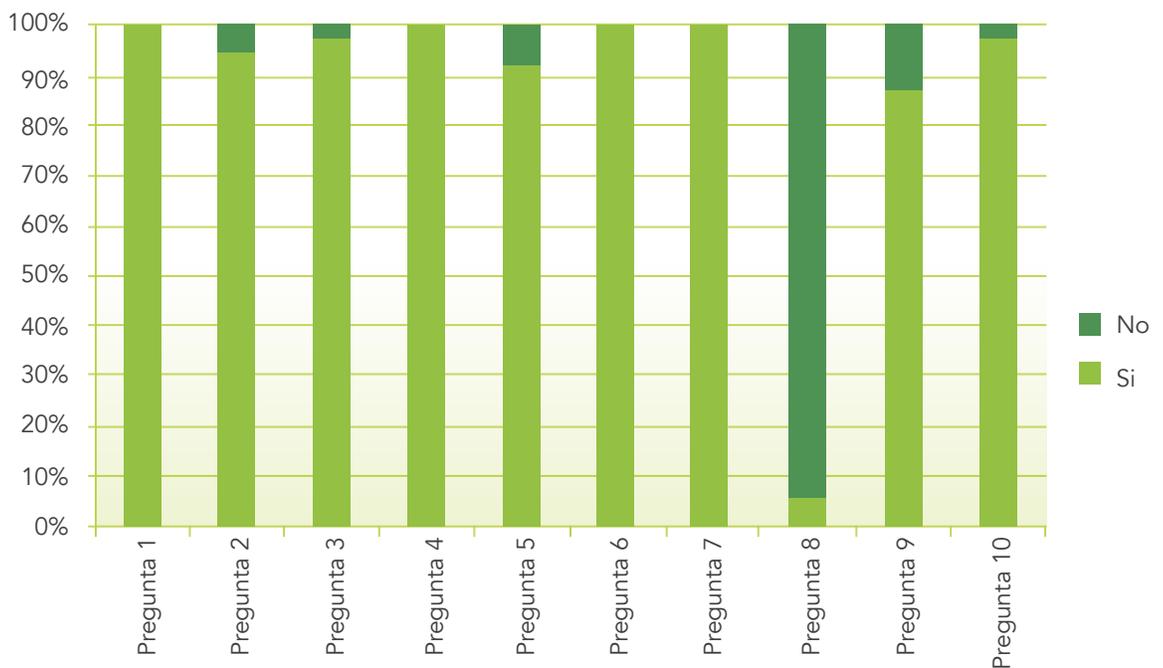
graficar la información obtenida. El objetivo del cuestionario estuvo centrado en cuantificar la percepción de los estudiantes, los cuales trabajando desde la metodología propuesta, vincularon a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos en el aula de clase apoyando así la solución a una problemática real en donde se requería de los saberes de ingeniería y de la creatividad y autonomía que los alumnos le aportaron al proceso.

3. RESULTADOS

En relación a las respuestas dadas por los estudiantes al cuestionario entregado, se valorizó la percepción de estos

por pregunta; dicho análisis se expone en la figura 1 la cual se muestra a continuación.

Figura 1. Percepción de los estudiantes acerca de la implementación del ABP en el aula de clase



Fuente: Elaboración propia a partir de las respuestas de los estudiantes al cuestionario

Teniendo en cuenta los resultados arrojados, a continuación se presenta el análisis de las respuestas de los estudiantes por pregunta planteada luego de culminar su labor teórico-práctica y haber desarrollado un prototipo de sistema de filtración para mejorar calidad de agua en grupo.

En relación a la pregunta 1, los estudiantes en un 100% reconocieron la importancia de conocer, desarrollar y proponer este tipo de soluciones dentro de su formación profesional, contribuyendo de manera significativa al conocimiento de una de las problemáticas más fuertes que

afectan en la actualidad a las poblaciones más vulnerables del país. Igualmente, valoraron que el ejercicio les haya dado la oportunidad de proponer soluciones pertinentes y evaluar la situación social, política y ambiental que conlleva no tener acceso a agua de calidad.

Asimismo en la pregunta número 2, el 94% de los estudiantes manifestaron que sí se implementaron los conocimientos vistos en clase en el desarrollo y monitoreo del sistema de filtración, ya que el proceso que se llevó a cabo a través del semestre se basó en el acompañamiento de las diversas técnicas de calidad de agua observadas en clase con las prácticas de laboratorio. Lo anterior sirvió para tener un monitoreo confiable del sistema de filtración y ayudar a verificar en la realidad que el sistema está en capacidad de brindar una solución parcial y descentralizada a la problemática de agua.

Siguiendo con la pregunta número 3, el 97% de los alumnos consideraron que el trabajar con una problemática como la del agua les ayudó en la aplicación de los conocimientos vistos en clase, ya que cuando los estudiantes tienen la certeza de generar soluciones verdaderas para las problemáticas reales que afectan al país, los encamina a un trabajo más activo y colaborativo mediante la aplicación de los conocimientos vistos en clase, generando verdaderas alternativas de solución y ayudándoles a recordar mejor los conceptos y a no hacer una memorización sin sentido de la parte conceptual de la asignatura.

Por su parte en la pregunta número 4, el 100% de los estudiantes manifestaron que el ejercicio en el laboratorio les ayudó a interpretar los datos de calidad de agua de una mejor manera, ya que el prototipo de sistema de filtración desarrollado y su posterior monitoreo, permitió que los estudiantes desarrollaran una idea más amplia y clara de la importancia para la salud y el medio ambiente el cumplir con lo establecido en la normatividad. Lo anterior permitió que

los estudiantes relacionaran mejor la parte medioambiental con los saberes de ingeniería civil, desarrollando un criterio propio en la determinación de tratamientos viables y pertinentes para dar solución a la problemática específica que se planteó y por qué es necesario desarrollar proyectos de esta índole técnica y social en el país.

Por otra parte en la pregunta número 5, el 91% de los estudiantes expusieron que se sienten satisfechos con el desarrollo de las prácticas de laboratorio, ya que en ningún momento se presentaron inconvenientes relacionados con reactivos, equipos de laboratorio y demás recursos. Es importante precisar que los estudiantes consideran que las instalaciones de la Universidad Piloto de Colombia están bien equipadas para adelantar con calidad los experimentos relacionados con el mejoramiento de la calidad de agua, lo que permite que los estudiantes tengan a su disposición las herramientas necesarias para fomentar la experimentación y se sientan conformes con el servicio que les brinda la institución.

En relación a la pregunta número 6, el 100% de los estudiantes consideró que la orientación del docente fue adecuada, ya que demostró dominio del tema, fomentó el desarrollo de criterio en los estudiantes y fue un guía durante el proceso de enseñanza, en el cual brindó todas las herramientas necesarias para llevar a cabo el proyecto y cada una de las actividades realizadas durante la asignatura; por otra parte permitió que el estudiante indagara por su cuenta conceptos técnicos específicos dando paso a fomentar el análisis de complejas características que afectan actualmente a la sociedad colombiana en los ámbitos político, legislativo, social, cultural y ambiental.

A su vez en la pregunta 7, el 100% de los alumnos manifestaron que la metodología de ABP es más dinámica y participativa que los métodos tradicionales de enseñanza, ya que les permitió ser parte activa del proceso de enseñanza aprendizaje durante

la asignatura, desarrollando así un criterio crítico que les proporcionó una oportunidad para mejorar la calidad en su análisis y presentación de resultados, permitiendo que los alumnos propusieran e interpretaran soluciones a problemáticas reales presentes en comunidades marginales.

Seguidamente en la pregunta 8, para el 94% de los estudiantes no representó dificultad alguna la implementación del prototipo del sistema en el laboratorio, debido a que se realizaban lecturas previas en relación a la teoría y práctica que demandaba cada sesión de clase y se contaba con el acompañamiento del docente, asimismo los estudiantes manifestaron que cuando ligaban la teoría a la práctica, entendían mejor los conocimientos codificados y cómo la realidad de una

comunidad podía cambiar a partir de soluciones básicas, pero eficientes.

Por su parte en la pregunta 9, el 85% de los estudiantes consideró que el sistema desarrollado en el laboratorio se puede implementar en campo debido a su eficiencia en la remoción de contaminantes, la cual se expone en la tabla II. Aunque en el parámetro de coliformes totales, la alternativa desarrollada no cumpla con lo establecido en la legislación vigente, los estudiantes la consideran como una solución efectiva y descentralizada viable para implementar en comunidades vulnerables y una base para comenzar procesos de investigación formativa en relación a sistemas de filtración para mejorar las condiciones de calidad de un agua problema.

Tabla 2. Eficiencia del sistema de filtración propuesto por los estudiantes

Parámetro	Agua Problema	Agua Filtrada	Decreto 2115 de 2007	Unidad
Color	1000	20	15	UPC (Unidades de Platino Cobalto)
Turbiedad	127,5	0,35	2	NTU (Unidades Nefelométricas de Turbiedad)
Conductividad	112,3	200	1000	μS/cm (microsiemens/cm)
PH	7,07	7,4	6.5-9	Potencial de Hidrógeno
Acidez	99	44,2	50	CaCo3 (Carbonato de Calcio)
Alcalinidad Total	51	42,8	200	CaCo3 (Carbonato de Calcio)
Coliformes Totales	incontable	250/UFC 50 ml	0	UFC/100 cm ³
Coliformes Fecales	incontable	0	0	UFC/100 cm ³
Dureza por Calcio	71,68	45,6	N/A	ppm Ca
Dureza Total	121,2	71,4	300	Ppm CaCo3 (Carbonato de Calcio)
Sulfatos	35	0	250	SO ₄ ²⁻ ppm (mg/L)
Hierro Total	0,64	0,02	0,3	Fe ppm (Mg/L)
Oxígeno disuelto	5,92	2,2	5	(mg/L) ppm O ₂
Nitratos	25	10	10	(mg/L) ppm NO ₃ -

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la pregunta 10, el 97% de los estudiantes manifestó que se cumplieron sus expectativas al desarrollar un sistema de mejoramiento de calidad de agua en el cual realizaron su diseño, construcción y monitoreo, ya que verificaron in situ que la calidad del líquido a la salida del sistema mejoró sustancialmente, aportando así al mejoramiento de la problemática a partir de promover soluciones técnicamente viables y

económicas. Por otra parte los alumnos expusieron que el realizar un ejercicio académico ajustado a la realidad el cual obtuvo buenos resultados, les amplió un campo de trabajo en relación a su quehacer profesional, ya que pueden vincular procesos de saneamiento básico en sus saberes de ingeniería civil y los motivo en cuanto a la confianza de proponer sin ninguna represión por parte de sus compañeros o del docente.

4. CONCLUSIONES

La percepción de los estudiantes fue positiva frente a la adopción de la estrategia de ABP en la asignatura y su trabajo y compromiso se vieron reflejados durante el proceso, lo que significa que cuando se enlazan los contenidos teóricos de una materia con la realidad y la práctica, el estudiante cambia su actitud frente a la indagación de contenido y a la memorización mecánica. Es importante resaltar que lo que se buscó desde este enfoque metodológico fue que el estudiante comprendiera la importancia de ligar la teoría a la práctica y que se motivara en el aula para generar iniciativas encaminadas a vincular los saberes en ingeniería civil a la sociedad, ampliando así su capacidad de dimensionar y analizar con más facilidad los contextos medioambiental, social, político y económico del país.

A partir del resultado de la experiencia de trabajo en el aula de clase, se pudieron evidenciar diferentes factores asociados al ABP, ya que durante el proceso colaborativo, el aprendizaje fue centrado en el alumno, la construcción de conocimiento se realizó por medio de grupos pequeños, el docente fue visto como una guía más no como el dueño del conocimiento. Asimismo se propuso por parte

de los estudiantes una solución viable y económica a una de las problemáticas que más se relaciona con la disciplina de los estudiantes, cumpliendo así el objetivo que se buscaba con este enfoque de aprendizaje.

Durante la experiencia, la construcción del conocimiento se realizó sobre hechos, ideas y evidencias que se identificaron por medio de un trabajo en grupo, en función de esto y de los conceptos que se le presentaron al alumno, este logró paulatinamente pasar de un conocimiento básico a uno más elaborado a partir de una realidad presente en el país y así crear conciencia de la importancia de su ejercicio profesional al servicio de los demás.

Teniendo en cuenta el objetivo de transformar el conocimiento en los estudiantes, desde la iniciativa del docente se indagó a fondo en uno de los problemas que más le interesa a la sociedad y al país. Por lo anterior, se llevaron a cabo una serie de actividades didácticas para apoyar y expandir dichos intereses hacia al estudiante en el proyecto de aprendizaje, generando así en el alumno consideraciones sobre los demás y su ejercicio profesional durante el proceso, lo que motivo la participación y el trabajo en equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Dueñas, V. (2001). El aprendizaje basado en problemas como enfoque pedagógico en la educación en salud. *Colombia Médica*, 32(4), 189-196. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/283/28332407.pdf>
- Ministerio de la Protección Social. (2006). *Lineamientos Nacionales para la Aplicación y el Desarrollo de las Estrategias de Entornos Saludables Escuela Saludable y Vivienda Saludable*. Bogotá, Colombia: Nuevas Ediciones Ltda.
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 1(13), 145-157. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/299/29901314.pdf>
- Poot, C. (2013). Retos del aprendizaje basado en problemas. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 18(2), 307-314. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/292/29228336007.pdf>
- Ramírez, M. (2012). *Modelos y estrategias de enseñanza para ambientes innovadores*. Monterrey, México: Editorial Digital Tecnológico de Monterrey.
- Santillán, F. (2006). El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2(40), 1-5. Recuperado de <http://www.rieoei.org/deloslectores/1460Santillan.pdf>