

**PRIMERA FASE PARA ELABORAR UNA PROPUESTA DE CEMENTERIO
SOSTENIBLE - CASO ESTUDIO PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL
RECUERDO BOGOTÁ**

**ANDREA CAROLINA DUEÑAS CASTRO
CAROLINA VILLA UPEGUI**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, COLOMBIA
2019**

**Primera fase para elaborar una propuesta de cementerio sostenible - caso estudio Parque
Cementerio Jardines del Recuerdo Bogotá**

**Andrea Carolina Dueñas Castro
Carolina Villa Upegui**

**Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental**

**Directora:
Liliana Figueroa**

**Línea de Investigación:
Salud Ambiental**

**Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019**

TABLA DE CONTENIDO

4 RESUMEN.....	7
4.1 PALABRAS CLAVE.....	7
5 ABSTRACT.....	8
6 INTRODUCCIÓN.....	9
7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
7.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	11
8 JUSTIFICACIÓN.....	12
9 OBJETIVOS.....	13
9.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
10 MARCO DE REFERENCIA.....	14
10.1 ESTADO DEL ARTE.....	14
10.2 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	22
10.3 MARCO NORMATIVO.....	23
10.4 MARCO GEOGRÁFICO.....	27
10.4.1 LOCALIZACIÓN.....	28
10.4.1.1 LOCALIDAD DE SUBA.....	28
10.4.1.2 UPZ LA ACADEMIA.....	28
10.4.2 USO DEL SUELO.....	28
10.4.3 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOGOTÁ.....	29
10.4.3.1 HUMEDAL TORCA.....	29
10.4.4 GEOLOGÍA.....	30
10.4.5 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.....	30
10.5 MARCO INSTITUCIONAL.....	31
11 METODOLOGÍA.....	33
11.1 ENFOQUE.....	33
11.2 ALCANCE.....	33
11.3 MÉTODO.....	33
11.4 TÉCNICA.....	33
11.5 INSTRUMENTOS.....	35
11.6 MATRIZ DE VARIABLES.....	36
11.7 MATRIZ DE OBJETIVOS.....	39
11.7.1 METODOLOGÍA PRIMER OBJETIVO.....	42
11.7.2 METODOLOGÍA SEGUNDO OBJETIVO.....	49
12 RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	54
12.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL OBJETIVO 1.....	54
12.1.1 INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO.....	54

12.1.1.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL SUELO	54
12.1.1.2 MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL	57
12.1.2 COMPONENTE SOCIAL.....	58
12.1.2.1. APLICACIÓN DE ENCUESTAS.....	58
12.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL OBJETIVO 2.....	62
12.2.1 MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE CEMENTERIO SOSTENIBLE AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE	62
12.2.2 PROPUESTA DE CEMENTERIO SOSTENIBLE	64
12.2.2.1 ATAÚDES BIODEGRADABLES	67
12.2.2.2 MICROORGANISMOS	68
12.2.2.3 SIEMBRA DE ÁRBOLES.....	71
12.2.3 COMPONENTE ECONÓMICO.....	75
12.2.3.1 TABLA DE COSTOS	75
12.2.4 CRITERIOS PARA LA LOCALIZACIÓN, SEGÚN TIPO DE SUELO.....	79
13 CONCLUSIONES.....	81
14 RECOMENDACIONES	82
15 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
16 ANEXOS.....	88
ANEXO 1. LOCALIZACIÓN DEL CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO, BOGOTÁ D.C.	88
ANEXO 2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO	88
ANEXO 3. LOCALIDAD DE SUBA, BOGOTÁ.....	89
ANEXO 4. UPZ LA ACADEMIA, LOCALIDAD SUBA, BOGOTÁ.....	89
ANEXO 5. USO DEL SUELO DE LA LOCALIDAD DE SUBA, BOGOTÁ.....	90
ANEXO 6. CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOGOTÁ	91
ANEXO 7. CERCANÍA ENTRE EL PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO Y EL HUMEDAL TORCA.....	92
ANEXO 8. GEOLOGÍA DE LA SABANA DE BOGOTÁ	93
ANEXO 9. FORMATO DE ENCUESTA A VENDEDORES DE FLORES EN EL PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO.....	94
ANEXO 10. FORMATO DE ENCUESTA A TRABAJADORES DE INSTITUCIONES UBICADAS EN ZONAS ALEDAÑAS AL PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO	95
17 GLOSARIO DE TÉRMINOS	96

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. EDADES DE LAS PERSONAS ENCUESTADAS	58
GRÁFICA 2. ¿QUÉ ES UN LIXIVIADO?.....	59
GRÁFICA 3. ¿TOMA USTED AGUA DIRECTAMENTE DE LA LLAVE?	59
GRÁFICA 4. ¿CON QUÉ FRECUENCIA BEBE AGUA PROVENIENTE DE LA LLAVE DENTRO DE SU INSTITUCIÓN?	60
GRÁFICA 5. ¿ALGUNA VEZ PRESENTÓ UNO DE LOS SIGUIENTES SÍNTOMAS? RELACIONÉLO CON LA PREGUNTA ANTERIOR	61
GRÁFICA 6. ¿LE INTERESARÍA ADQUIRIR UN SERVICIO FUNERARIO EL CUAL NO AFECTE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA? .	61

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIÓN DE CADÁVERES HUMANOS.....	10
TABLA 2. TIPOS DE CEMENTERIOS.....	15
TABLA 3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA PROPUESTA.....	21
TABLA 4. MATRIZ DE NORMATIVA APLICADA AL PROYECTO	24
TABLA 5. VISITAS REALIZADAS AL PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO	34
TABLA 6. MAPAS CON SU RESPECTIVA NUMERACIÓN DE ANEXO	36
TABLA 7. MATRIZ DE VARIABLES AMBIENTALES	37
TABLA 8. MATRIZ DE OBJETIVOS.....	40
TABLA 9. COORDENADAS PUNTO 1 Y 2.....	43
TABLA 10. FORMATO PARA DILIGENCIAR LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO.....	46
TABLA 11. RANGOS Y VALORACIONES DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MATRIZ EPM	47
TABLA 12. RANGOS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL DE LA MATRIZ EPM.....	48
TABLA 13. FORMATO PARA DILIGENCIAR LA EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL RECURSO SUELO, DE ACUERDO A LA MATRIZ EPM.....	49
TABLA 14. ESCALA DE VALORES DE LA MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	49
TABLA 15. FORMATO PARA DILIGENCIAR DE MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE CEMENTERIO SOSTENIBLE AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE	52
TABLA 16. FORMATO PARA DILIGENCIAS PARA LA PROPUESTA DEL CEMENTERIO SOSTENIBLE	53
TABLA 17. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL LABORATORIO DEL SUELO	54
TABLA 18. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (MATRIZ EPM)	57
TABLA 19. MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE CEMENTERIO SOSTENIBLE AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE	63
TABLA 20. ALTERNATIVAS PARA PROPUESTA DE CEMENTERIO SOSTENIBLE EN BOGOTÁ.....	65
TABLA 21. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ATAÚD	67
TABLA 22. VALORES QUE AFECTAN EL GRADO DE DESCOMPOSICIÓN DEL CUERPO HUMANO.....	68
TABLA 23. COMPOSICIÓN DEL CUERPO HUMANO	69
TABLA 24. COSTOS DIRECTOS DEL SERVICIO	75
TABLA 25. COSTOS INDIRECTOS DEL SERVICIO	76
TABLA 26. PROPUESTA DE CEMENTERIO SOSTENIBLE.....	76
TABLA 27. CONTRASTE ENTRE PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO Y LA PROPUESTA DE UN CEMENTERIO SOSTENIBLE	78

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. ÁRBOL DE PROBLEMAS	11
ILUSTRACIÓN 2. EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR PARTE DEL PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO.....	15
ILUSTRACIÓN 3. PROCESO DE CRIOGENIZACIÓN	16
ILUSTRACIÓN 4. METODOLOGÍA CAPSULA MUNDI.....	16
ILUSTRACIÓN 5. PROPUESTA DE CEMENTERIO RASCACIELOS, EDIFICIO AL AIRE LIBRE.....	17
ILUSTRACIÓN 6. PROPUESTA DE CEMENTERIO SYLVAN CONSTELLATION, USANDO LA BIOMASA DEL CUERPO.....	17
ILUSTRACIÓN 7. PROPUESTA DE CEMENTERIO FLOTANTE	18
ILUSTRACIÓN 8. CEMENTERIO ROQUES BLANQUES EN BARCELONA, ESPAÑA	18
ILUSTRACIÓN 9. URNAS BIODEGRADABLES.....	19
ILUSTRACIÓN 10. BOSQUES DE VIDA EN MEDELLÍN	19
ILUSTRACIÓN 11. ATAÚDES BIODEGRADABLES	20
ILUSTRACIÓN 12. INSTITUCIONES RELACIONADAS CON EL PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO.....	31

ILUSTRACIÓN 13. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA OBTENER UNA MUESTRA DE SUELO QUE REPRESENTA EL ÁREA QUE SE DESEA ANALIZAR CON FINES AGROPECUARIOS	34
ILUSTRACIÓN 14. PUNTOS DE MUESTREO 1 Y 2.....	42
ILUSTRACIÓN 15. PUNTOS 1 Y 2 EN DETALLE	43
ILUSTRACIÓN 16. MUESTREO A 20 CM DE PROFUNDIDAD.....	44
ILUSTRACIÓN 17. ZIG-ZAG EN EL SUELO INTERVENIDO.....	44
ILUSTRACIÓN 18. ZIG-ZAG EN EL SUELO NO INTERVENIDO	44
ILUSTRACIÓN 19. CORTE Y TOMA DE MUESTRA.....	45
ILUSTRACIÓN 20. TOMA DE MUESTRA EN CADA PUNTO	45
ILUSTRACIÓN 21. TOMA DE SUBMUESTRAS EN UNA BOLSA ZIPLOC, DEBIDAMENTE MARCADA POR CADA UNO DE LOS 20 MUESTREOS.....	45
ILUSTRACIÓN 22. MEZCLA DE TODA LA MUESTRA, POR CADA PUNTO DE MUESTREO	46
ILUSTRACIÓN 23. FOTOGRAFÍA DEL ÁRBOL MANGLE.....	72
ILUSTRACIÓN 24. FOTOGRAFÍA DEL ÁRBOL ALISO	73
ILUSTRACIÓN 25. FOTOGRAFÍA DEL ÁRBOL ACACIA JAPONESA.....	73
ILUSTRACIÓN 26. ESQUEMA DE PLANTACIÓN TREBOLITO	74

4 Resumen

El manejo de cadáveres dentro de los cementerios tradicionales de Bogotá D.C. ha ocasionado afectaciones en los recursos naturales, tales como la degradación química del suelo y contaminación biológica del agua, por la descomposición cadavérica que contienen sustancias peligrosas como putrescina y cadaverina; además, de microorganismo patógenos que pasan a través del suelo y llegan a las aguas subterráneas. El trabajo pretende elaborar la primera fase de una propuesta para establecer un cementerio sostenible tomando como caso de estudio el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo en Bogotá D.C., fundamentada en la utilización de ataúdes biodegradables, protegidos con resina Cereplast, junto con la aplicación de microorganismos como *Micorrizas* y *Azospirillum* fijadores de nitrógeno y estimulantes del crecimiento vegetal, además de la siembra de especies fijadoras de nitrógeno. La investigación parte de la determinación del análisis de algunos indicadores de calidad del suelo, sociales y económicos del cementerio, incluyendo los diferentes métodos alternativos de tratamiento de los cuerpos; así mismo se hizo una caracterización de la zona de estudio, el marco normativo e institucional; se utilizó el método inductivo mediante el análisis de muestra de suelo y aplicación de encuestas sobre el consumo de agua y la preferencia por nuevos sistemas de cementerios. Finalmente, se concluyó que el indicador de nitratos debe continuar siendo evaluado a futuro debido a que en la zona muestreada el resultado fue alto, indicando una posible contaminación producto de la descomposición de los cadáveres.

4.1 Palabras clave: Cementerio, Sostenible, Cadáver, Contaminación, Suelo, Lixiviados.

5 Abstract

The handling of corpses inside the traditional cemeteries of Bogotá D.C. has affected the natural resources, such as the chemical degradation of the soil and biological contamination of the water, by the cadaveric decomposition that contains dangerous substances such as putrescine and cadaverine. In addition, of pathogenic microorganisms those pass through the soil and reach the groundwater. The project intends to develop the first phase of a proposal to set a sustainable cemetery, taking as a case study the Parque Cementerio Jardines del Recuerdo in Bogotá DC, based on the use of biodegradable coffins, protected with Cereplast resin, together with the use of microorganisms such as *Micorrizas* and *Azospirillum*, nitrogen fixers and plant growth stimulants, in addition to the sowing of nitrogen-fixing species. The investigation starts from the determination of the analysis of some indicators of soil, social and economic quality within the cemetery, including the different alternative methods of treatment of the corpses; likewise, a characterization was made of the study area, the normative and institutional framework; the inductive method was used through the analysis of soil samples and the application of surveys on water consumption and the preference for new cemetery systems. Finally, it was conclude that the nitrate indicator should continue to be evaluated in the future due to the result of the sampled area was high, indicating possible contamination because of the decomposition of the corpses.

5.1 Keywords: Cemetery, Sustainable, Corps, Pollution, Soil, Leachate.

6 Introducción

Los cementerios además de albergar los restos humanos, hacen parte de un gran ecosistema de árboles y posibles depósitos de agua, lo cual lo convierte en una amenaza para el ambiente (Cabrera & García, 2006). Debido a que los lixiviados, producto de la putrefacción de los cadáveres, pueden infiltrarse en la porosidad de los suelos, y de esta manera llegar a contaminar los pozos de agua subterránea; este líquido contaminante contiene nitratos y su interacción con los poros hace que los más grandes absorban únicamente los lixiviados, provocando la degradación química del suelo, y a su vez, obliga a que el agua se retenga en los poros más pequeños, lo cual impide de manera directa el paso del agua (Minota, 2010). La contaminación del suelo se produce por la introducción en él de sustancias químicas u otro material que se encuentra fuera de lugar y presente en concentraciones mayores a las naturales, lo cual implica un deterioro de idoneidad para el uso y se convierte en una posible amenaza para la salud.

Como prueba de lo anterior existen estudios como el de Pacheco et al., 1991, los cuales concluyeron que las muestras de agua subterránea tomadas en tres cementerios brasileños de diferentes tipos de suelo eran "insatisfactorias desde un punto de vista higiénico y sanitario" debido a que las bacterias coliformes fecales, proteolíticas y lipolíticas eran abundantes en algunas muestras de agua, cabe resaltar que estas bacterias dominan durante la descomposición del material orgánico (Spongberg & Becks, 1999).

Además, se dificulta encontrar suficiente área de tierra para los cementerios en áreas pobladas, debido al desmedido crecimiento poblacional, y es posible que, en un futuro cercano, no se encuentre espacio suficiente para la creación de cementerios convencionales dentro de las ciudades en la mayor parte del mundo. Un ejemplo de esto, es Australia, alrededor de 1.34 millones de adultos (> 15 años) morirán en los próximos 10 años. Si solo el 40% de estos están enterrados y el 75% de ellos ocupan nuevas tumbas de un tamaño promedio de 1.1 m por 2.4 m; entonces se consumirá 106 ha de tierra (Üçisik & Rushbrook, 1998).

Por lo anterior, se hace necesario plantear una propuesta de un cementerio sostenible que permita lograr un equilibrio entre la actividad propia del cementerio, el ambiente y la ocupación de espacio, que reduzca costos, y haga la oferta más competitiva. Buscando también beneficiar la salud pública de la población aledaña que se desenvuelve en el sector; además, se tendrá que procurar que sea un espacio donde toda la riqueza orgánica del cadáver retorne a la naturaleza lo antes posible, previniendo todos los riesgos sanitarios (Beltran & Miralles, 2005).

7 Planteamiento del problema

Las prácticas dentro de los cementerios tradicionales generan una serie de impactos sobre el ambiente debido a que no cuentan con un tratamiento adecuado para el manejo de los cadáveres humanos, ocasionando deterioro en las condiciones naturales del suelo, degradando su estructura y provocando pérdida de la posibilidad de fertilización, añadido a esto, en muchos casos se evidencian afectaciones en las fuentes de agua que llegan a los principales puntos de abastecimiento de la zona aledaña, causando problemas en la salud de las personas y seguridad sanitaria (Tejedera, 2017).

En efecto, el cadáver, en etapa de descomposición, genera lixiviados tales como biogás, producto de la fermentación mecánica, 50% metano y 50% dióxido de carbono, y múltiples gases tóxicos. No se puede dejar de lado la contaminación proveniente de los ataúdes que son enterrados, los cuales a través de la volatilización producen sustancias tóxicas provenientes de barnices y disolventes, además de la disolución de elementos como metales pesados: zinc y plomo en el agua del suelo; o la contaminación de la ropa sintética y los residuos plásticos que se encuentran en el interior de los féretros (Beltrán & Miralles, 2005).

En consecuencia, del manejo inadecuado, se presenta la formación de olores desagradables y sustancias solubles portadoras de agentes patógenos. El volumen de generación de este lixiviado, depende de la masa del cadáver, como se muestra en la tabla 1, en promedio una persona que pese 70 kilos pueden generar hasta 40 litros de este líquido, y este se compone de 60% de agua, 30% de sales minerales y 10% de sustancias poco conocidas como la putrescina, la cadaverina y el neccrochurume; este último es un líquido viscoso de color gris que con la lluvia puede afectar un acuífero freático (Sidoli, 2016). Así mismo, el nivel de toxicidad del lixiviado depende de la presencia de cuerpos orgánicos y la carga viral patogénica que este contenga (Espinoza, 2001).

Tabla 1. Composición de cadáveres humanos

Constituyente	%
Agua	60
Sales Minerales	30
Sustancias orgánicas degradables (incluye la cadaverina y la putrescina)	10

Fuente: Aranibar, 2006.

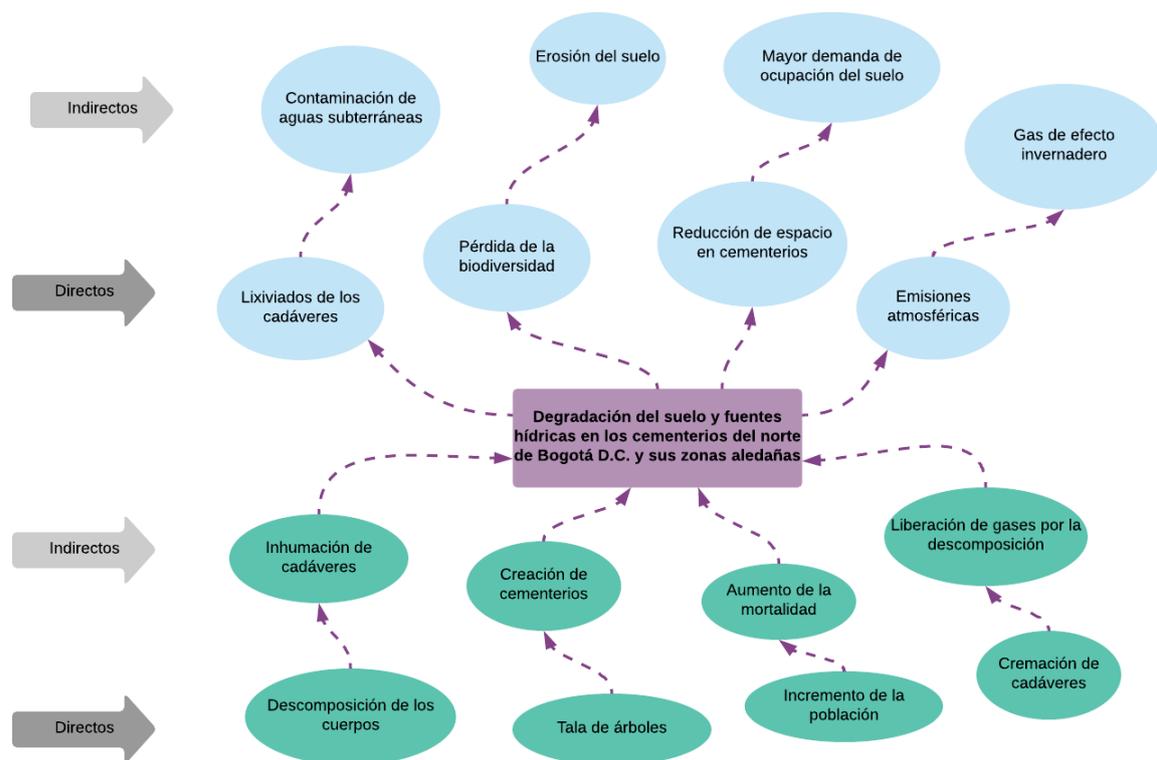
En el momento de putrefacción del cuerpo, los lixiviados que se filtran contienen microorganismos patógenos, metales pesados, isótopos radiactivos y dioxinas (Minota, 2010). En caso tal de que el cementerio está ubicado en un tipo de suelo poroso, como arena o grava, el movimiento de la filtración puede ser rápido y mezclarse fácilmente con el agua subterránea debajo del sitio (Üçisik & Rushbrook, 1998); a diferencia de este, el suelo arcilloso conserva la materia orgánica, por ser impermeable, por lo cual retiene los lixiviados por más tiempo (Aranibar, 2006).

Schraps Bouwer en 1978, analizó las aguas subterráneas de un cementerio de Alemania Occidental a 50 cm por debajo del nivel de la tumba a varias distancias del gradiente desde el cementerio, en este lugar se identificaron altos niveles de bacterias (60 × fondo), demanda química de oxígeno (2 × fondo), amoníaco y nitrato en las inmediaciones, disminuyendo rápidamente con la distancia. Schraps señaló que los cementerios no deben construirse en suelos permeables o suelos tan finos que prevalezcan las condiciones anaeróbicas (Spongberg & Becks, 1999).

La llegada de estos lixiviados a los acuíferos o a la red de distribución de agua potable a causa de una tubería averiada o algún desempate (Secretaría distrital de Salud, 2013), podría ser una causa de epidemias locales de enfermedades transmitidas por el agua, donde el agua subterránea se utiliza como fuente de abastecimiento del recurso hídrico. Los microorganismos típicos conocidos como responsables de enfermedades transmitidas por el agua y presentes en la infiltración incluyen micrococcaceae, estreptococos, bacilos y enterobacterias (Üçisik & Rushbrook, 1998).

A continuación, se muestra en la ilustración 1 las causas y consecuencias directas e indirectas de la degradación del suelo y fuentes hídricas en los cementerios.

Ilustración 1. Árbol de problemas



Fuente: Autores, 2019.

7.1 Pregunta de investigación

¿Qué alternativas se deben incluir, en la propuesta de un cementerio sostenible con el fin de reducir los impactos de los cementerios con procedimientos tradicionales a nivel social, económico y ambiental, tomando como caso estudio el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo – Bogotá?

8 Justificación

La propuesta de un cementerio sostenible se debe hacer para beneficiar la salud pública de la población aledaña que se desenvuelve en el sector; estudios como el de Pacheco et al.,1991, concluyeron que las muestras de agua subterránea de tres cementerios brasileños de diferentes tipos de suelo eran "insatisfactorias desde un punto de vista higiénico y sanitario" debido a que las bacterias coliformes fecales, proteolíticas y lipolíticas eran abundantes en algunas muestras de agua, estas bacterias dominan durante la descomposición del material orgánico (Spongberg & Becks, 1999).

Por tal motivo, con el estudio de un cementerio sostenible, se quiere prevenir la proliferación de enfermedades a la comunidad, la contaminación del agua por microorganismos y evitar enfermedades transmitidas por patógenos como *Clostridium* (tétano, gangrena e infección tóxico-alimentaria), *Mycobacterium* (tuberculosis), las enterobacterias *Salmonella typham* (fiebre tifoidea) *Salmonella paratyphi* (fiebre paratifoidea), *Shigella* (disentería bacilar) y el virus de la hepatitis A (Sidoli, 2016).

Con respecto a los recursos naturales, los lixiviados, producto de la putrefacción de un cadáver, pueden filtrarse a través de la porosidad del suelo, dejando expuestos los pozos de agua subterránea al ser contaminados con nitratos y su interacción con los poros hace que los más grandes absorban únicamente los lixiviados, degradando las propiedades del suelo, y a su vez, obliga a que el agua se retenga en los poros más pequeños, lo cual impide de manera directa su paso (Minota, 2010).

Por otra parte, el incremento poblacional en las diferentes zonas urbanas, requiere pensar en un nuevo sistema de cementerios sostenibles que garanticen la armonía con los recursos naturales y de esta manera asegurar condiciones saludables de vida de los pobladores, así como, aprovechar los nutrientes provenientes de la descomposición de los cadáveres para la fertilización del suelo, utilizando los avances tecnológicos y los procesos de reforestación.

Así las cosas, se hace necesario plantear una propuesta que permita lograr un equilibrio entre la actividad propia del cementerio, el ambiente y la ocupación de espacio, que reduzca costos, y haga la oferta lo más competitiva; además de esto se tendría que procurar que fuera un espacio donde toda la riqueza orgánica de nuestro cuerpo retorné a la naturaleza lo antes posible, previniendo todos los riesgos sanitarios (Beltrán & Miralles, 2005).

9 Objetivos

9.1 Objetivo General

Elaborar la primera fase de una propuesta de cementerio sostenible para Bogotá, mediante el análisis de algunos indicadores de calidad del suelo, factores sociales y económicos tomando como estudio de caso el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo-Bogotá.

9.2 Objetivos Específicos

1. Establecer indicadores de calidad del suelo con base en el muestreo de suelos de una zona del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo-Bogotá.
2. Evaluar alternativas de prácticas innovadoras y amigables para el medio ambiente con el fin de proponer a futuro cementerios sostenibles para Bogotá.

10 Marco de referencia

10.1 Estado del arte

La idea de cementerios ecológicos viene unos años atrás a causa de la preocupación de muchas entidades las cuales empezaron a percibir una cantidad de molestias que se relacionaron estrechamente con el manejo de cadáveres dentro de los cementerios, tales como enfermedades, malos olores y contaminación de los recursos, con agentes como la cadaverina y putrescina; hecho que llevó a muchos investigadores a realizar estudios para comprobar estas teorías, y con base a estas se generaron unas propuestas de cementerios y manejo de cadáveres, convirtiéndose en propuestas innovadoras y con un diseño paisajístico muy llamativo para la comunidad. Estas ideas surgieron en diferentes partes del mundo cómo vamos a ver a continuación.

A mediados del siglo XVII, el cementerio Magnolia fue la primer inversión que realizaba una ciudad en cuanto a servicios fúnebres, este está ubicado en Charleston, Estados Unidos; la construcción fue inspirada en la frase “make it a place to love, not to fear” lo cual traduce “hazlo un lugar para amar, no para temer”, marcando así un cambio en el pensamiento religioso y cultural sobre la muerte; este propuso un cambio de pensamiento en cuanto a los cementerios, puesto que se quería cambiar la perspectiva de un lugar sombrío y oscuro a un espacio silvestre donde se pudiera observar la belleza del crecimiento de los árboles y estos a su vez, se encuentren rodeados de tumbas decoradas con flores (Brown, 2010).

Cabe resaltar que la fundación de este no fue fácil, su funcionamiento fue prohibido en un periodo de 3 años, por en ese entonces, el alcalde Henry Laurens Pinckney, tomó la decisión de cerrar todos los cementerios urbanos en 1833, basado en el criterio médico. Sin embargo, años después, esa medida fracasó puesto que la Iglesia Bautista de Wentworth Street compró parte de la parcela de este cementerio para enterrar varios fallecidos que dejó la reciente epidemia, la institución a su vez recibió gran apoyo por parte de otras congregaciones lo cual permitió la apertura y funcionamiento del mismo (Brown, 2010).

Desde ese entonces, y hasta el día de hoy, los cuerpos son enterrados en ataúdes los cuales se pueden disponer en bóvedas, compuestas de concreto, metal o fibra de vidrio, o enterrados bajo tierra. Estos cofres de madera no están diseñados para ser impermeables a la filtración del agua, el único propósito del ataúd es evitar que la tierra se hunda y ocasione daños a la tumba. Los ataúdes contruidos de madera no se consideran una fuente de contaminación, no obstante, este material se descompone rápidamente lo que permite la filtración de los lixiviados, producidos por la descomposición del cadáver al suelo y agua subterránea (Spongberg & Becks, 1999).

La idea que se tenía sobre la profundidad de los ataúdes ha variado significativamente ya que antes se tenía el concepto de que se debía enterrar el cofre a seis pies (1,4 m), pero con las mejoras que se han venido implementado, como por ejemplo la instalación de un lecho de grava debajo del ataúd, la profundidad ha disminuido a 0,8 m (Spongberg & Becks, 1999).

Otro método que existe en la actualidad es la incineración de los cuerpos, este genera una afectación a la atmósfera a causa de los hornos crematorios los cuales producen emisiones de fuente fija de gases contaminantes como: los óxidos de nitrógeno, azufre, monóxido de carbono, metano y material particulado, además del gas propano que es utilizado como combustible. De acuerdo a los datos suministrados por el administrador del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo, la emisión

de material particulado del horno crematorio es 44,913 mg/m³, de monóxido de carbono 2,270 mg/m³ y de hidrocarburos totales es 1,573 mg/m³; en la ilustración 2 se evidencia esta actividad.

Ilustración 2. Emisiones atmosféricas por parte del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo



Fuente: Autores, 2019.

Estos gases en combinación con otros presentes en el ambiente, puede degradar la capa de ozono, además de generar gases perjudiciales para la salud, ocasionando problemas respiratorios o un posible envenenamiento (Lancheros, 2005). Además de este también existen otros servicios funerarios, los cuales presentan otro tipo de afectación dependiendo de su manejo, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos de cementerios

Clase	Descripción	Infraestructura
Cementerios de bóvedas	Son aquellos en los que predominan las inhumaciones en espacios cerrados y estructuras sobre el nivel del suelo.	Todos los cementerios según sea el caso deben contar con infraestructura mínima de: Cercos perimetrales, vías internas de acceso, y áreas de inhumación, exhumación y/o morgue, servicio, rituales, operaciones y de inhumación de cadáveres no identificados o de identificados no reclamados.
Cementerios de sepulturas o tumbas	Son aquellos en los que predominan las inhumaciones en espacios y estructuras bajo el nivel del suelo.	Todos los cementerios deben contar con sistemas de recolección y disposición de residuos sólidos y líquidos así como con servicios públicos e identificación de áreas.
Cementerios de bóvedas y sepulturas o tumbas	Son aquellos en los que se hacen inhumaciones en bóvedas, y en sepulturas o tumbas.	
Cementerios en altura	Son aquellos en los que hacen inhumaciones en bóvedas, osarios o inhumaciones de cenizas en varios pisos.	
Jardines Cementerios	Son aquellos en los que se hacen inhumaciones en sepulturas o tumbas.	

Fuente: Resolución 5194 de 2010

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que el mundo está en constante crecimiento y no hay espacio suficiente para albergar los cuerpos de los fallecidos, por tal motivo es necesaria la implementación de nuevas alternativas que den solución a las problemáticas mencionadas

anteriormente. En ese sentido se han encontrado siete interesantes propuestas a nivel mundial para mitigar la contaminación provocada por los cementerios los cuales se describen a continuación con su correspondiente autor, cabe resaltar que estas ideas innovadoras son solo un modelo conceptual y no se han empleado aun, por motivos de normativa, religión y en algunos casos, siguen en estudio.

1. Criogenización: De acuerdo con Ávila et al, 2006, en su estudio titulado “Fundamentos de criopreservación” define esta propuesta como novedosa y afirma que todavía faltan más años de estudio para mejorar la técnica, la cual tiene como objetivo sumergir el cuerpo en nitrógeno líquido, donde las bajas temperaturas vuelven el cadáver extremadamente quebradizo, con lo cual basta exponerlo a vibraciones para convertirlo en fragmentos. Luego estos son introducidos en una cámara al vacío donde se extrae el agua. Finalmente se separan los residuos metálicos y este polvo puede ser empleado como abono en combinación con otros componentes, para generar vida.

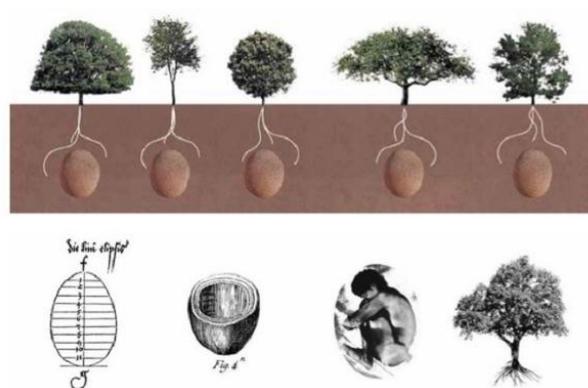
Ilustración 3. Proceso de criogenización



Fuente: González, 2007.

2. Capsula Mundi: Los diseñadores italianos Anna Cielly y Raoul Bretzel, exhibieron por primera vez en el año 2003 Capsula Mundi, donde desarrollaron el concepto de una cápsula de entierro orgánica hecha de plástico natural de almidón en la que el cuerpo del fallecido se coloca en posición fetal y de esta forma nutre las semillas de un árbol, el cual toma los componentes benéficos y contaminantes presentes en la descomposición del cuerpo. También transforma los espacios de enterramiento en bosques memoriales habitados y las tierras estériles pueden ser reforestadas (Rashmi, et al., 2015). Este fue propuesto inicialmente como un producto de exposición, por lo cual no se planteaba como un negocio, debido a impedimentos de normativa italiana.

Ilustración 4. Metodología Capsula Mundi



Fuente: Cañigueral, 2015.

3. Cementerio vertical: Esta idea surgió tomando como base la aprobación de una ley en Noruega, la cual plantea que los cuerpos que van a ser enterrados deben ir envueltos en plástico negro, sin embargo, la forma de enterrar el cadáver no soluciona por completo el problema. Por tal motivo, Martin McSherry, un estudiante de “Copenhagen’s Royal Danish School of Architecture” planteó en la conferencia de Oslo para los cementerios nórdicos, la construcción de un rascacielos como un nuevo cementerio, los diferentes pisos del edificio estarán diseñados especialmente para diferentes clases de religiones, incluyendo no creyentes (Song, 2017).

Ilustración 5. Propuesta de Cementerio Rascacielos, edificio al aire libre



Fuente: Song, 2017.

4. Cementerio del futuro, que ilumina el camino: El ganador de “Future Cemetery Design Competition”, realizado por la Universidad “Bath’s Center for Death and Society” y presentado por “Columbia University’s Graduate School of Architecture”, diseñó un prototipo llamado “Sylvan Constellation”, este dispositivo plantea la construcción de una red de recipientes que transforman la biomasa en una constelación de luces. Una ventaja de este modelo es el aprovechamiento que se le puede dar al cuerpo humano como biomasa. El doctor Jhon Troyer, director de la Universidad “Bath’s Center for Death and Society” y cofundador del prototipo, planteó que este invento es una combinación excepcional entre la disposición respetuosa de restos humanos (Song, 2017).

Ilustración 6. Propuesta de Cementerio Sylvan Constellation, usando la biomasa del cuerpo

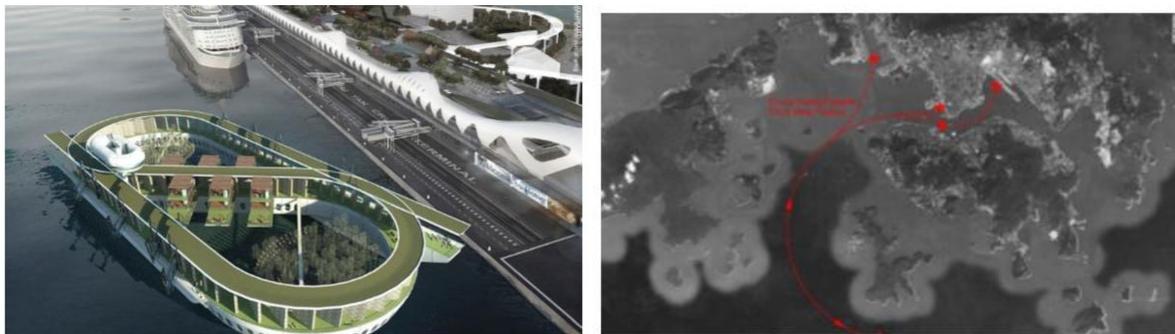


Fuente: Song, 2017.

6. Cementerio Flotante: Esta idea surge en Hong Kong. Paul Mui, creador del “Floating Eternity” explica que este barco se creó principalmente por la falta de espacio que hay en el país, la población piensa que enterrar el cadáver es una actividad poco práctica, por lo que el 90% opta por la cremación. Otra problemática que se evidencia es la falta de accesibilidad al repositorio de las cenizas, por un lado, en el sector público estos espacios tardan varios años para ser asignados y por otro lado los repositorios privados son muy costosos (Song, 2017).

El proyecto ofrece un servicio completo alrededor de la isla ya que dispone 370,000 espacios para depositar las cenizas de los difuntos y a su vez, este barco se transportaría alrededor del territorio para que toda población de la isla pueda tener acceso a este servicio y continuar con la tradición de visitar los restos de sus antepasados (Song, 2017).

Ilustración 7. Propuesta de Cementerio Flotante



Fuente: Song, 2017.

7. Propuesta de implantación de un cementerio ecológico en el vertedero clausurado de la Vall d'en Joan (Parque Natural del Garraf): esta tiene como objetivo demostrar la viabilidad de la creación de un cementerio ecológico donde se aprovecharán las cenizas resultantes de una incineración para nutrir y dar vida a un árbol en Catalunya, España (Tejedera, 2017).

8. Cementerio Roques Blanques en España, este es un parque cementerio que promueve actividades ecológicas, al implementar urnas cinerarias biodegradables, en el que plantan árboles para reforestar el área y al mismo tiempo brindan una solución ecológica para las cenizas. Este espacio fue reconocido con el premio mejor iniciativa medioambiental de la II edición del concurso de cementerios, en el cual optan por el avance en la reducción de emisiones de CO2 con la cremación, ataúdes sin barnices contaminantes y propiciar un lugar de esparcimiento y comunión con la naturaleza (Muñoz & Plazas, 2017).

Ilustración 8. Cementerio Roques Blanques en Barcelona, España



Fuente: Cementiri Comarcal Roques Blanques, s.f.

Ilustración 9. Urnas Biodegradables



Fuente: Huete, 2018.

Ahora bien, dentro del panorama colombiano, también se han propuesto nuevas alternativas que dan solución a la problemática que se generan en los cementerios, las cuales buscan la conservación de los recursos naturales. Entre estos se encuentra la “Propuesta para el Plan de Manejo Ambiental del Cementerio Jardines del Recuerdo”, este documento abarca un estudio detallado de cada uno de los impactos, severos y/o críticos, que son producto de los servicios de inhumación, cremación, exhumación, grava de lápidas y fundición de floreros. También contiene una matriz de impacto ambiental donde se clasifica el nivel del impacto (leve, moderado, crítico y severo) de acuerdo a lo observado en campo y finalmente, propone una serie de acciones para prevenir, atenuar o compensar los conflictos que se generan en el lugar (Lancheros, 2005).

Continuando con el objeto de investigación, el trabajo “Evaluación por Contaminación en suelos aledaños a los Cementerios Jardines De Recuerdo e Inmaculada” da a conocer una serie de datos numéricos los cuales comparan los suelos de los Cementerios y las instituciones que se encuentran aledañas a estas; la presencia los nitratos muestran que las instituciones de sepulturas de cuerpos efectivamente presentan una contaminación de mayor periodo de tiempo y esto se debe a la descomposición de aminoácidos provenientes de los cadáveres (Minota, 2010).

Por otro lado está el primer cementerio ecológico a nivel nacional fundado en Medellín en el año 2013, llamado Bosques de vida, este pretende cambiar la imagen paisajística de los cementerios con jardines de flores y senderos de piedras con la finalidad de transmitir tranquilidad y dejar atrás las tumbas de cemento; a su vez esta iniciativa pretende convertirse en el pulmón verde de la ciudad, involucrando la protección al medio ambiente, optimización de espacio, memorialización y diseño llamativo, disminuyendo la deforestación al emplear ataúdes biodegradables, además custodia de cenizas en urnas biodegradables y ubicados bajo árbol ancestral (Granda, 2013).

Ilustración 10. Bosques de Vida en Medellín



Fuente: Clima, 2015.

Otro proyecto que se ha desarrollado es la “Elaboración de un Modelo de Planeación Eco-sostenible para el Jardín Cementerio Serafín en el marco de los Procesos de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático” a cargo de Muñoz & Plazas, en el año 2017, el cual está dirigido al distrito con propósito social y ambiental. Este plantea una serie alternativas que buscan mitigar la propagación de dióxido de carbono, metano y otros gases de efecto invernadero, de tal forma que se logre convertir un cementerio tradicional en un cementerio eco-sostenible.

Las prácticas que se plantean son la incorporación un sistema paisajístico que brinde a la comunidad un confort urbano, la recirculación de agua para optimizar el recurso y un sistema fotovoltaico que busca mitigar el calentamiento global. En adición a esto, su rentabilidad en los ámbitos sociales, ecológicos y económicos, hacen que haya un desarrollo sostenible (Muñoz & Plazas, 2017).

Por otro lado, existen varias iniciativas que proponen el reemplazo de los ataúdes tradicionales por unos biodegradables, los cuales surgen como una idea de negocio, donde se ofrece un servicio económico, además de disminuir afectaciones en el medio ambiente, al dar un uso eficiente a los insumos y materias primas (Bedón, 2017). Estos ataúdes pueden ser de diferentes componentes y pasan por diferentes procesos dependiendo del fabricante, en ese sentido existen actualmente en el mercado ataúdes elaborados con cartón reciclado en un 80% y 20% celulosa, otros son elaboradas con 120 materiales reciclables, principalmente el bagazo de la caña, cascarilla de arroz, fique de la cabuya y resinas empobrecidas (Botero & Montoya, 2017).

Ilustración 11. Ataúdes biodegradables



Fuente: El Universal, 2016.

Para abarcar de manera general las alternativas innovadoras en cuanto a cementerios, a continuación, se muestra la tabla 3, en la cual están descritas las ventajas y desventajas de las propuestas anteriormente descritas.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de cada propuesta

Propuesta	Ventajas	Desventajas
Criogenización	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso novedoso - No emite gases contaminantes - No genera lixiviados 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos - Continúa en estudio - Alto consumo de energía
Capsula Mundi	<ul style="list-style-type: none"> - Genera refugio para la fauna - No emite emisiones - Utiliza materiales naturales 	<ul style="list-style-type: none"> - No trata los lixiviados - Impedimentos por normativa italiana - No se genera un retorno de inversión, puede no ser rentable
Cementerio Vertical	<ul style="list-style-type: none"> - Optimiza espacio - Se adapta a todas las religiones - Brinda espacio armónico para el doliente - Localización accesible ya que se encuentra dentro de la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza el método de cremación contribuyendo a generar enfermedades respiratorias - Emite gases contaminantes
Sylvan Constellation	<ul style="list-style-type: none"> - No genera lixiviados - Diseño se adapta a espacios - Diseño paisajístico llamativo - Disposición respetuosa de restos humanos 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de mantenimiento - Continúa en estudio
Cementerio Flotante	<ul style="list-style-type: none"> - Optimización de espacios - Idea innovadora - Genera empleo - Valor agregado para la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones atmosféricas del barco y de la incineración de cadáveres - Contribuye al desarrollo de enfermedades respiratorias - Deterioro de la capa de ozono - Se debe esperar una fecha específica para visitar el fallecido - Altos costos de mantenimiento
Cementerio ecológico en Relleno sanitario	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de espacios - Reforestación 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco moral - Generación de otros compuestos a causa de la combinación de diferentes sustancias - Contaminación atmosférica
Urnas biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> - Reforestación - Producto portátil - Materiales biodegradables 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones atmosféricas contaminantes
Bosques de Vida	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño paisajístico agradable - Variedad de precios opciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación atmosférica a causa de la cremación
Ataúdes biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales biodegradables - Generación de empleo - Menores riesgo de salud ocupacional - Bajos precios - Conservación de las zonas forestales 	<ul style="list-style-type: none"> - Permite el paso de lixiviados directamente al suelo

Fuente: Autores, 2019.

10.2 Marco teórico-conceptual

En primera instancia un *cementerio* es un lugar donde se dispone legalmente los cadáveres, restos o cenizas de un ser vivo; este cuenta con una dotación necesaria para brindar el servicio funerario de acuerdo con las normas y procedimientos avalados por la normativa vigente en el país. Cabe resaltar que en Colombia existen dos tipos de cementerios: cementerios en bóveda y parques cementerios (sepulturas bajo tierra) (Lancheros, 2005).

Los cementerios prestan todos o algunos de los siguientes servicios: inhumaciones, exhumaciones, cremaciones, capillas o velatorios, preparaciones de cadáveres (tanatopraxia) y fosa común; los impactos que se generen están relacionados directamente con los servicios que presta y las actividades de mantenimiento interno (Lancheros, 2005).

En contraste a lo anterior, un *cementerio sostenible* se puede definir como un reto o apuesta a la mitigación de la contaminación ambiental por medio de diferentes estrategias entre las cuales se pueden resaltar la adopción de buenas prácticas ambientales, optimización y uso de recursos no renovables. En adición a ello, esta institución innovadora genera un valor agregado en el ámbito económico puesto que ofrece el servicio funerario como un producto a la necesidad actual de la población sin comprometer los recursos de las futuras generaciones (Plazas & Muñoz, 2017).

La *contaminación* que se genera en los cementerios tradicionales se da específicamente en dos casos, el primero es en el *ambiente* debido a que algunos cuerpos son enterrados en bóvedas, al pasar el tiempo estos cadáveres sueltan gases, en muchas ocasiones con olores fétidos, los cuales son arrastrado por la corriente del viento a lugares aledaños al cementerio y podrían llegar a la ciudad (González, et al., 2005).

El segundo caso de *contaminación* se puede dar *eventualmente* puesto que, si el agua subterránea cuenta con un nivel freático muy bajo, este líquido puede alcanzar la superficie donde se encuentran los cajones de tal forma que arrastra los lixiviados generados por la mezcla del agua y la cadaverina. Esto puede ocasionar en un caso hipotético, fisuras o procesos de dinámica en el suelo provocando la contaminación del agua potable (González, et al., 2005).

De la mano al concepto de contaminación eventual, cabe resaltar que los líquidos lixiviados pueden llegar a generar de forma directa una *degradación del suelo*, esta consiste en la introducción de sustancias químicas u otro material externo, al mismo tiempo estas se encuentran en altas concentraciones lo cual genera una pérdida parcial o total de la productividad del terreno y a su vez, representa una amenaza para la salud (Minota, 2010).

Con respecto a la descomposición de cadáveres, estos al descomponerse inician un proceso de *putrefacción*, el cual consiste en la excreción de una serie de líquidos y gases con olores característicos que va eliminando el cuerpo en las respectivas fases de desintegración tanto los órganos como los tejidos humanos (García, 2016).

El líquido proveniente de la descomposición del cuerpo se denomina *lixiviado*, esta sustancia contiene dos conjuntos de elementos que son considerados peligrosos para la salud humana: el primero de ellos son sustancias tóxicas, en particular nitrogenadas, como la cadaverina (pentanodiamina), la putrescina (butanodiamina) y el nitrato; como segundo elemento de este líquido se encuentran microorganismos patógenos y no patógenos entre los que se encuentran distintos tipos de virus y bacterias (Peluso, 2006).

10.3 Marco normativo

En tabla 4, se enuncian las normas por la cuales se rige un establecimiento que presta servicios funerarios, sus actividades y procesos, estas se estipulan con el fin de ejercer un control en el funcionamiento y manejo de los recursos de agua, suelo y otras disposiciones legales como concesiones, permisos y autorizaciones.

Tabla 4. Matriz de normativa aplicada al proyecto

Componente	Normativa	Expide	Descripción
Cementerio	Decreto 829/1967	Alcalde Mayor de Bogotá	Se reglamenta el Cementerio Parque Jardines El Recuerdo
	Decreto 391/1991	Alcalde Mayor de Bogotá	Se reglamenta el trámite para la inscripción y obtención de la Licencia Sanitaria de Funcionamiento para las Funerarias o Agencias Mortuorias
	Decreto 201/1996	Alcalde Mayor de Bogotá	Se adopta el reglamento para la concesión de la administración, operación y mantenimiento de los cementerios y hornos crematorios de propiedad del Distrito Capital
	Resolución 5194/2010	Ministerio de la Protección Social	Se reglamenta la prestación de los servicios de cementerios, inhumación, exhumación y cremación de cadáveres.
Agua	Ley 9/1979	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias
	Ley 1753/2015	Congreso de Colombia	Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país” (cumplimiento del reglamento del sector de agua potable)
	Decreto 3100/2003	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones
	Decreto 3440/2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica el decreto 3100/2003 y se dictan otras disposiciones
	Resolución 1074/1997	DAMA	Se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos

	Resolución 2115/2007	Ministerio de la protección social Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	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
	Resolución 3956/2009	Secretaría Distrital de Ambiente	Se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital
	Resolución 631 de 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Aire	Decreto 948/1995	Presidente de la República de Colombia	Prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire
	Resolución 619/1997	Ministerio de Medio Ambiente	Se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas
	Resolución 0775/2000	DAMA	Se adopta el sistema de clasificación empresarial por el impacto sobre el componente atmosférico
	Resolución 0058/2002	Ministerio del Medio Ambiente	Se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos
	Resolución 0886/2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 0058 de 2002 y se dictan otras disposiciones

	Resolución 909 del 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establecen las normas y este andares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
	Resolución 2254 del 2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Norma de calidad del aire ambiente y otras disposiciones
Suelo	Política Nacional Para La Gestión Integral Ambiental del Suelo (GIAS) de 2013	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Aporta a la conservación y uso sostenible del suelo, el cual es determinante en los ciclos del agua, aire y los nutrientes que son indispensables para la preservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.
Medio Ambiente	Ley 99 de 1993	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, Se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA - y se dictan otras disposiciones.
	Decreto Ley 2811 de 1974	Ministerio de Agricultura	Se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Fuente: Autores, 2019.

10.4 Marco geográfico

El Parque Cementerio Jardines del Recuerdo está ubicado en la zona norte de Bogotá, específicamente en la calle 207 con autopista norte, hacia el costado occidental (Anexo 1) administrado bajo la jurisdicción de la localidad 11 Suba. De igual manera es importante mencionar que la institución cuenta con 4 lotes para sepultar a los difuntos (Anexo 2). Limita hacia el norte con el colegio San Viator del cual está separado por una vía principal, Avenida los Arrayanes, hacia el sur limita con la Escuela de Ingeniería Julio Garavito y el Cementerio Jardines de Paz, en el oriente se encuentra limitado por la Autopista Norte y hacia el occidente limita con el Cementerio La Inmaculada. Este se caracteriza por brindar un espacio de belleza y armonía para los dolientes, razón por la cual requiere de áreas mucho más extensas.

Este cementerio fue creado en el año 1964 por una empresa americana establecida en Barranquilla. Dos años después, el 19 de septiembre de 1966, ocupó el terreno de la hacienda “El Otoño” la cual contaba con un área de 65 hectáreas, esta extensión de tierra cuenta con tres principales funciones: servir como terreno para la sepultura de cadáveres, cuenta con vías para poder acceder al lugar y con zonas verdes. La apertura de este lugar se dio el 19 de enero de 1968 con el desarrollo de su primer servicio, cabe resaltar que el cementerio puede prestar el servicio a cualquier ciudadano sin importar la creencia religiosa del fallecido o de sus familiares (Cabrera Moya & García Ospina, 2006).

Es considerado como entidad prestadora de servicios y sus actividades son de tipo comercial, debido a que venden lotes y tumbas. Internamente cuenta con algunos procesos y actividades industriales como el grabado de lápidas, fundición de floreros y elaboración de prefabricados. Las instalaciones de este se componen de la zona de oficinas, cafetería, parqueaderos, capilla, cuarto del horno crematorio y campamento que incluye taller de maquinaria, taller de función de floreros, taller de grabado de lápidas y taller de prefabricados (Lancheros, 2005).

Este no hace parte de la red de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, por lo cual el agua utilizada para servicios del área administrativa, cafetería y zona de capillas es extraída de un pozo de agua subterránea autorizado por DAMA, en la cual se le otorgó la concesión de aguas subterráneas por cinco años por una cantidad de 2.981 m³ trimestrales. También existe un sistema de distribución y recirculación de aguas lluvias y agua del lago que es utilizada para el riego de flores (Lancheros, 2005).

En cuanto a los residuos convencionales, este genera inertes y un movimiento importante de residuos clasificados como peligrosos. Los servicios de inhumación, exhumación y cremación generan residuos anatomopatológicos y biosanitarios que son segregados y almacenados de acuerdo a las especificaciones del Decreto 2627/2000 y el Manual de Gestión integral de Residuos Hospitalarios y Similares. Dentro del Parque, la administración implementó una ruta sanitaria que permite realizar la recolección de éstos residuos organizada y eficientemente para ser depositados en el cuarto de almacenamiento central. Además, cuenta con un programa de reciclaje para los residuos convencionales, el cual permite separar algunos materiales como el aluminio, el icopor y los residuos de jardín que son utilizados en procesos industriales (Lancheros, 2005).

10.4.1 Localización

El parque Cementerio Jardines del recuerdo se encuentra en la jurisdicción de la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá, este cuenta con una extensión total de 9.202 Ha constituidas por 5.417 Ha de suelo urbano, 3.785 Ha de suelo rural y 1.469 Ha, representado en el distrito urbano un 15,2% de la superficie urbana del distrito. En cuanto a su ubicación, esta se encuentra en la zona noroccidental de la ciudad; además de ello limita al norte con Chía, al sur con la localidad de Engativá, al oriente con la localidad de Usaquén y al occidente con Cota (Castillo, 2013).

10.4.1.1 Localidad de Suba

Esta localidad se caracteriza por presentar un área urbana y rural definida (Anexo 3); las UPZ que conforman la zona urbana de la Localidad son: La Academia, Las Mercedes, Arrayanes, Guaymaral y La Hacienda. Las demandas actuales de estas localidades son para proyectos agroindustriales y expansión del norte de la ciudad (Lancheros, 2005).

10.4.1.2 UPZ La Academia

Dentro de la jurisdicción de la localidad, el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo se ubica en la UPZ La Academia (Anexo 4), esta tiene una extensión de 413 Ha lo que equivale a un 7,62% de la localidad. Con respecto al uso del sector, desde el 2002 al 2012 se encuentra un aumento en el área en cuanto a la construcción de colegios (San Viator, Gimnasio del Norte, San Alfonso Apóstol, Gimnasio los Andes) y universidades (Escuela Colombiana de Ingeniería, Campus deportivo Universidad Santo Tomás) entre las calles 200 y 240, como segundo lugar incrementó el establecimiento de clubes como los Arrayanes, Cafam, Búhos, entre otros (Castillo, 2013).

10.4.2 Uso del Suelo

Al analizar el sector, se pueden identificar dos tipos de suelo, que delimitan el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo, suelo urbano y sistemas de áreas protegidas, el humedal Torca - Guaymaral (Anexo 5).

En relación con los usos actuales del suelo, todas las UPZ de Suba son predominantemente residenciales, siendo Britalia, El Prado y la Alhambra de tipo residencial consolidado, San José de Bavaria, Niza y La Floresta de tipo residencial cualificado, La Academia, Guaymaral y Casa Blanca Suba son tipo desarrollo y Suba, El Rincón y Tibabuyes de tipo urbanización incompleta (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011).

Además, en Suba hay 392.453 predios, de los cuales 353.012 son residenciales y 39.441 no residenciales. En la zona rural de la localidad hay 1.540 predios, de los cuales el 41,23% tiene vivienda y el 58,77% no tiene ningún tipo de vivienda construida (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011).

La zona rural de suba está conformada por las veredas Tuna Baja, Salitre, Guaymaral Chorillos, Candil y el área agroforestal o de Reserva agrícola¹⁷, en donde se concentra la demanda de las tierras de aptitud agroecológica II y II en suelos de la denominada planicie aluvial del Río Bogotá (Sector Cuenca Alta), en fincas o haciendas de mediano y gran tamaño, bajo tenencia de propiedad o arrendamiento, sistemas con tecnología parcialmente adoptada según el tipo de agroecosistema

presente y sistemas de administración económica y contratación de mano de obra con salario definido.

En la zona rural de la localidad se concentran sectores dedicados a actividades comerciales y actividades recreativas que se localizan a lo largo de las vías principales como la autopista, vía Guaymaral y vía Suba – Cota. Debido a las condiciones medioambientales y la oferta de mano de obra en la zona, se han transformado amplias áreas de suelos de aptitud agraria en infraestructura para el montaje de cultivos de flores y hortalizas sobre sustratos o directamente en el suelo en invernaderos. Las zonas de cultivos de flores se distribuyen en toda la zona rural y se caracterizan por el uso intensivo de suelos, aguas subterráneas y superficiales y alta dosis de agroquímicos.

10.4.3 Cuencas Hidrográficas de Bogotá

La cuenca Torca tiene un área de drenaje de 6.008,69 Ha y su eje principal cuenta con una longitud de 13,06 km; el río nace en los cerros orientales y desemboca en el humedal Torca (Anexo 6).

En la hidrología del canal Torca existen dos cuencas tributarias:

1. Cuencas altas: Se localizan al oriente de la carrera séptima, son áreas de alta pendiente, forestadas en un gran porcentaje y presentan una alta infiltración debido a que sus suelos son franco arenoso o de tipo cantera (Lancheros, 2005).
2. Cuencas bajas: Estas cuentan con alto desarrollo urbanístico y coeficientes de infiltración bajos. Allí se encuentra ubicado el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo, sin embargo, al contar con una gran cobertura de pastos, cuenta con mayor infiltración que las cuencas bajas mencionadas anteriormente (Lancheros, 2005).

10.4.3.1 Humedal Torca

El Parque Cementerio Jardines del Recuerdo se encuentra en la desembocadura del canal torca, al costado izquierdo del humedal torca (Anexo 7).

Este humedal se caracteriza por ser una subcuenta del Río Bogotá, es alimentado por la quebrada salitrosa y aguas lluvias, y se considera un amortiguador de inundaciones. Además, este ecosistema cuenta con un sin número de amenazas entre las que se encuentran: pastoreo de ganado y presencia de equinos, fragmentación por ocupación del espacio, afectación de la calidad del agua por parte del canal de torca y lixiviados provenientes de los cementerios del sector, presencia de especies vegetales invasoras, sedimentación del cuerpo de agua, entre otros (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2018).

Con respecto a la contaminación, al canal Torca recibe actualmente, una mezcla de aguas lluvias y de aguas residuales, domésticas, industriales, que lo convierte paulatinamente en un caño a cielo abierto, poco atractivo para su contemplación y para las actividades recreativas de la zona (Lancheros 2005); las aguas residuales provienen de dos fuentes: la primera es la red de alcantarillado público, y la segunda son los vertimientos por parte de instituciones educativas que no cuentan con alcantarillado. Estas afluentes aportan al cuerpo de agua cargas de materia orgánica, sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015).

10.4.4 Geología

Teniendo en cuenta el anexo 8, la localidad de suba cuenta con dos formaciones, formación Sabana (Q1sa) y formación Chía (Q2ch).

La formación de la sabana (Q1sa) es conocida por los depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana, está constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba-lignita. Este depósito es resultado de un antiguo lago de planicies y deltas lacustres, los cuales son extensos, de aspecto aterrazado y con morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por los escarpes de estos (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017).

Está constituida por sedimentos finos y en los dos metros superiores son suelos constituidos por cenizas volcánicas; en general son arcillolitas grises con locales intercalaciones de arenas finas y niveles delgados de gravas y turbas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017).

La formación Chía (Q2ch) está constituida por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de los ríos. Adicionalmente está conformada por arcillas, en ocasiones pueden ser moteadas (grises y naranja) como se observa en el sector de Chía y localmente pueden contener limos y en áreas fangosas, arcillas orgánicas diatomíticas. Estos depósitos forman terrazas fluviales por erosión, son planas, de suave pendiente y son talladas por la acción de las corrientes fluviales actuales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017).

10.4.5 Características climatológicas

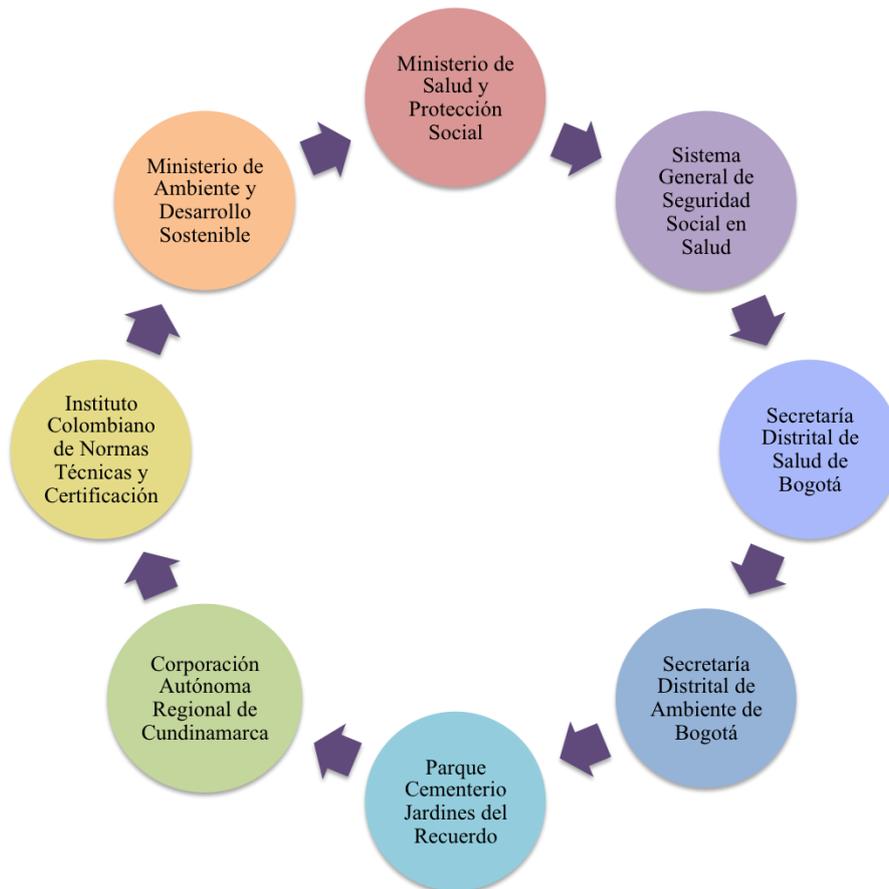
El clima de la ciudad de Bogotá es frío - seco, su temperatura promedio es de 13,1 °C y el promedio de lluvia total anual es de 797 mm. Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas, los meses de enero, febrero, julio y agosto son predominantemente secos y las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. En los meses secos de principios de año, llueve alrededor de 8 días/mes; en los meses de mayores lluvias puede llover alrededor de 18 días/mes (IDEAM, 2012).

La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 77 y 83 %, siendo mayor en los meses de abril y noviembre y menor en julio y agosto (IDEAM, 2012).

10.5 Marco institucional

Dentro de este marco se mencionan las principales instituciones que interfieren directamente con temas relacionados a los cementerios en Colombia, las cuales cumplen un papel de vigilancia y control sobre los manejos dentro de los cementerios.

Ilustración 12. Instituciones relacionadas con el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo



Fuente: Autores, 2019.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) de acuerdo con las funciones establecidas en la Ley 99 de 1993, tiene la facultad de dirigir y coordinar los procesos de planificación y ejecución armónica de las actividades de las entidades integrantes del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y entre ellas, de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR) (MinAmbiente, 2019).

Ministerio de Salud y Protección Social: Realizar el diseño y articulación de las políticas, planes, programas y proyectos de gestión de la calidad en materia de atención y las acciones de salud pública (MinSalud, 2017).

Sistema General de Seguridad Social en Salud: Vigilar y controlar el cumplimiento de las políticas y normas técnicas, científicas y administrativas que expida el Ministerio de Salud (Alcaldía Mayor de Bogotá, s.f.).

Secretaría Distrital de Salud de Bogotá: Inspeccionar, vigilar y controlar las instituciones que prestan servicios de salud e informar a las autoridades competentes sobre la inobservancia de las normas (Alcaldía Mayor de Bogotá, s.f.).

Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá: Formula participativamente la política ambiental del Distrito Capital (Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, s.f.)

Parque Cementerio Jardines del Recuerdo: Institución que ofrece un servicio funerario desde la velación de los cuerpos hasta su sepultura, ya sea bajo tierra o cremación del mismo.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca: Ente corporativos de carácter público, integrados por las entidades territoriales, encargados por ley de administrar -dentro del área de su jurisdicción- el medio ambiente y los recursos naturales renovables, y propender por el desarrollo sostenible del país (MinAmbiente, 2019).

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC): Reproducción de normas técnicas y la certificación de normas de calidad para empresas y actividades profesionales.

11 Metodología

11.1 Enfoque

La investigación cuenta con un enfoque mixto (Sampieri, 2011), por un lado es cuantitativa porque se van a determinar algunos parámetros físico-químicos del recurso suelo con el fin de conocer su estado actual por medio de las muestras tomadas en campo, las cuales serán enviadas al laboratorio especializado S.G.S. Colombia S.A.S. obteniendo resultados expresados numéricamente, así mismo la aplicación de encuestas a vendedores de flores y trabajadores de instituciones aledañas, tratadas con resultados estadísticos.

Por otro lado es cualitativa debido a que se consultará en las bases de datos información para consolidar una línea base de investigación en cuanto a propuestas innovadoras de cementerios sostenibles, proceso de descomposición de los cadáveres, degradación del suelo en los cementerios y posibles riesgos a la salud pública, debido a la contaminación de agua por parte de los lixiviados provenientes de la descomposición del cuerpo, la cual puede tener implicaciones sobre la salud humana de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007.

11.2 Alcance

Esta investigación es de tipo exploratorio (Sampieri, 2011), debido a que la propuesta de un cementerio sostenible se considera una alternativa innovadora en el país para el manejo de los cadáveres, ya que hasta el momento, aunque se hayan realizado trabajos de grado sobre la problemática que genera el inadecuado tratamiento que se le da a los lixiviados provenientes de la descomposición de los cadáveres, no se ha planteado una propuesta de cementerio sostenible que sirva como base para futuras investigaciones y posterior implementación en nuestro país.

11.3 Método

El proyecto cuenta con un método inductivo (Sampieri, 2011) ya que con base a los resultados y análisis de laboratorio que se obtengan del estado del recurso suelo y el consumo del agua por usuarios, se establecerá una propuesta de un cementerio sostenible para lugares que cuenten con las mismas y/o parecidas características en cuanto a clima, suelo y nivel freático de la ciudad de Bogotá.

11.4 Técnica

11.4.1 Revisión bibliográfica: Se utilizaron bases de datos que suministraron información sobre proyectos de grado en cuanto a temáticas relacionadas con propuestas de cementerios sostenibles en el mundo, fases de descomposición del cuerpo humano, estudios de agua y suelos realizados en cementerios de la zona norte de Bogotá y sus zonas aledañas, y los riesgos que se pueden presentar en la salud pública debido al consumo de agua de estas zonas, las cuales posiblemente han sido contaminadas por lixiviados generados de la descomposición de los cuerpos, según Resolución 2115/2007.

11.4.2 Observación: Como se muestra en la tabla 5, se realizaron 3 visitas al Parque Cementerio Jardines del Recuerdo para recolectar información del objeto de estudio, aplicar encuestas y toma de muestras para llevar a cabo el análisis de la información del proyecto.

Tabla 5. Visitas realizadas al Parque Cementerio Jardines del Recuerdo

Visita	Fecha	Propósito
1	28-02-2019	Radical carta de la Universidad en el Cementerio Jardines del Recuerdo para tener acceso a las instalaciones e información por parte de la institución.
2	19-03-2019	Tomar muestras de suelo para posteriormente ser llevadas al laboratorio S.G.S. Colombia S.A.S, para poder ser analizadas con los equipos correspondientes.
3	28-03-2019	Aplicar encuestas a operarios, vendedores de flores y trabajadores de instituciones aledañas al cementerio.

Fuente: Autores, 2019.

11.4.3 Encuestas: Con el fin de realizar un diagnóstico en cuanto al conocimiento y uso del agua, junto el interés de vincularse a un proyecto innovador para el manejo de cadáveres, se aplicó un cuestionario de 5 preguntas semiestructuradas, las cuales tenían como respuesta opción múltiple y preguntas abiertas para conocer la opinión de la persona que permitieran justificar su elección.

La población objetivo para la aplicación de las mismas fueron: vendedores de flores y personas que trabajan de instituciones aledañas (anexos 9 y 10) debido a que estas son las que están en contacto directo con el cementerio bajo estudio y por lo tanto pueden verse afectadas a causa de las prácticas dentro de este.

11.4.4 Toma de muestras:

Tomando como referencia la guía de monitoreo del Instituto Geológico Agustín Codazzi, se realizó el siguiente procedimiento mostrado en la ilustración 13:

Ilustración 13. Procedimiento a seguir para obtener una muestra de suelo que represente el área que se desea analizar con fines agropecuarios



Fuente: I.G.A.C., s.f.

Punto 1: Seleccionar un área no mayor de 10 hectáreas.

Punto 2: Para la toma de muestra, utilizar el barreno ya que este elemento puede mantener una cantidad y profundidad de muestra homogénea. En caso de contar con este instrumento, puede utilizar una pala procurando tomar una cantidad y profundidad similar a la del barreno.

Punto 3: Implementar el muestreo en zig-zag, en este método se toman unas 15 a 20 submuestras a lo largo y ancho del terreno. Luego mezclar en un balde.

Punto 4: Abrir una cavidad con medidas de 25 cm X 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, retirar los 2 cm primeros de suelo y extraer la muestra. En general la profundidad de muestreo debe estar entre 2 cm y 20 cm que es el área de acción de las raíces.

Punto 5: Mezclar en un balde las submuestras hasta homogeneizar en su totalidad.

Punto 6: Empacar aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas o de papel, tenga en cuenta que estas no debieron ser usadas previamente. Proceda a identificar la muestra precisando el número de lote, el cultivo o uso actual y el tipo y la cantidad de fertilizantes y enmiendas aplicadas. El rótulo de identificación no debe estar en contacto directo con el suelo a analizar (I.G.A.C., s.f.).

11.4.5 Pruebas de laboratorio: Se realizaron una serie de pruebas de laboratorio para determinar las condiciones del recurso suelo. Se analizaron los siguientes parámetros:

- Humedad
- pH
- Carbono orgánico total
- Nitrógeno total
- Nitratos.
-

11.5 Instrumentos

11.5.1 Bases de datos: Se consultó información teórica del proyecto en las siguientes bases de datos:

- Science Direct
- Sage Publishing
- ProQuest Central
- SpringerLink
- Repositorio de universidades
- Scielo

Cabe resaltar que se tuvo acceso a estas bases de datos por medio de la plataforma de la biblioteca Juan Roa Vásquez de la Universidad El Bosque.

11.5.2 Mapas: Se extrajeron mapas los cuales se especifican a continuación en la tabla 6

Tabla 6. Mapas con su respectiva numeración de anexo

Mapa	Anexo
Localización del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo	1
Distribución del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo	2
Localidad de Suba	3
UPZ La Academia	4
Uso de suelo de la localidad de Suba	5
Cuencas hidrográficas de Bogotá	6
Cercanía entre el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo y el Humedal Torca	7
Geología de la Sabana de Bogotá	8

Fuente: Autores, 2019.

11.5.3 Notas: Se tomaron apuntes de datos puntuales que fueron utilizados en la descripción del cementerio.

11.5.4 Fotografías: Durante la visita al cementerio y en el muestreo, se tomaron fotografías como evidencia del trabajo realizado.

11.5.5 Cuestionarios: Se elaboraron 2 formatos de encuesta para dos poblaciones objetivo: vendedores de flores y trabajadores de instituciones aledañas (ver anexos 9 y 10).

11.5.6 Laboratorio S.G.S Colombia S.A.S.: Se contrataron los servicios de esta institución para realizar los respectivos análisis de las muestras de suelo.

11.5.7 Utensilios para la toma de muestra: En el momento de tomar las muestras de suelos, se utilizaron objetos varios como 2 baldes, 2 cajas de bolsas ziploc, 1 pala pequeña, 1 pala grande y una regla.

11.6 Matriz de variables

A continuación, en la tabla 7, se presentan los indicadores correspondientes al componente ecológico, sociocultural y económico, dentro del cual se tienen en cuenta los parámetros físico-químicos que fueron evaluados en el laboratorio con su respectiva técnica.

Tabla 7. Matriz de variables ambientales

Componente	Variable	Aspecto	Indicador	Técnica	Instrumento	Resultados esperados
Ecológico	Suelo	Características físicas	Humedad	Gravimetría	Laboratorio	Determinar el estado del suelo en el cementerio bajo estudio
		Características biológicas	Carbono Orgánico Total	Walkley - Black	Laboratorio	
		Características químicas	pH	Potenciómetro	Laboratorio	
			Nitrógeno total	Semi-microKjeldahl	Laboratorio	
		Nitratos	Ensayo de nitratos extraídas con KCl 2N	Laboratorio		
	Usuarios de agua	Formas de consumo del recurso	No. de personas que toman agua directamente de la llave / No. total de personas encuestadas	Encuestas	Cuestionario	Determinar No. de personas que toman agua directamente de la llave / No. total de personas encuestadas
			No. de personas que no consumen agua directamente de la llave / No. total de personas encuestadas	Encuestas	Cuestionario	Determinar No. de personas que no consumen agua directamente de la llave
		Afectación en la salud de las personas	No. de personas que han presentado complicaciones en la salud por la ingesta de agua / No. total de personas encuestadas	Encuestas	Cuestionario	Determinar No. de personas que han presentado complicaciones en la salud por la ingesta de agua

Socio-cultural	Educación ambiental	Grado de conocimiento de la población de la contaminación generada por la descomposición de cadáveres	No. de personas que conocen el término "lixiviado" / No. total de personas encuestadas	Encuestas	Cuestionario	Determinar No. de personas que conocen sobre el término "lixiviado"
	Pensamiento	Tipo de servicio que va a adquirir	No. de personas que están a la expectativa de un servicio funerario que no afectará los recursos suelo y agua / No. total de personas encuestadas	Encuestas	Cuestionario	Determinar No. de personas que están a la expectativa de un servicio funerario que no afectara los recursos suelo y agua
Económico	Servicio funerario	Valor del servicio funerario	Costos indirectos	Tabla de costos	Excel	Proponer un servicio económicamente viable
			Costos directos			

Fuente: Autores, 2019.

11.7 Matriz de objetivos

Como se muestra en la tabla 8, se presenta la matriz de objetivos generales y específicos, describiendo detalladamente actividades, técnica e instrumentos requeridos para dar cumplimiento a cada uno de estos. Por otro lado, se consigna una casilla de resultados esperados, para orientar asertivamente la metodología.

Tabla 8. Matriz de objetivos

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades	Técnica	Instrumentos	Resultados esperados
Elaborar la primera fase de una propuesta de cementerio sostenible para Bogotá, mediante el análisis de algunos indicadores de calidad del suelo, factores sociales y económicos tomando como estudio de caso el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo-Bogotá.	Establecer indicadores de calidad del suelo con base en el muestreo de suelos de una zona del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo – Bogotá	Realizar consulta bibliográfica sobre la composición y efectos de los lixiviados producidos por la descomposición de los cadáveres.	Revisión bibliográfica	Bases de datos	Línea base de la investigación
		Consulta bibliográfica acerca del manejo de la descomposición de cadáveres.	Revisión bibliográfica	Bases de datos	
		Realizar una visita al Cementerio para inspeccionar las instalaciones.	Observación	Notas Fotografías	Selección de puntos de muestreo
		Realizar consulta bibliográfica de las generalidades de la zona de estudio: localización, geología, hidrología y uso del suelo.	Revisión bibliográfica	Bases de datos Mapas	Selección de parámetros físico químicos del suelo a analizar
		Conocer el estado actual del recurso suelo en el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo a través de pruebas de laboratorio.	Toma de muestras	Utensilios Fotografías	Matriz de impacto ambiental
			Pruebas de laboratorio	Laboratorio	
		Aplicar encuestas a personas que frecuenten de las instituciones aledañas al cementerio y vendedores de flores.	Encuestas	Cuestionarios	Gráficas de los resultados de la aplicación de encuestas

<p>Evaluar alternativas de prácticas innovadoras y amigables para el medio ambiente con el fin de proponer a futuro cementerios sostenibles para Bogotá.</p>	<p>Consultar bibliografía sobre prácticas innovadoras para el manejo de cadáveres a nivel nacional e internacional.</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Bases de datos</p>	<p>Matriz de selección de alternativas</p>
	<p>Comparar al menos 3 proyectos innovadores, tanto a nivel nacional como internacional, que hayan reemplazado el funcionamiento de los cementerios tradicionales.</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Bases de datos</p>	
	<p>Seleccionar la mejor alternativa de cementerio sostenible.</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Bases de datos</p>	
	<p>Plantear alternativas con sus respectivas ventajas ecológicas, sociales y económicas.</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Bases de datos</p>	<p>Alternativas sostenibles con sus respectivas ventajas</p>
	<p>Realizar una tabla de costos contrastando el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo y el cementerio tradicional.</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Bases de datos</p>	<p>Tabla de costos</p>
	<p>Establecer criterios para la localización, según tipo de suelo</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Bases de datos</p>	<p>Criterios para la localización de un cementerio</p>

Fuente: Autores, 2019.

11.7.1 Metodología primer objetivo: *Establecer indicadores de calidad del suelo con base en el muestreo de suelos de una zona del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo – Bogotá.*

En este primer objetivo, se llevó a cabo una metodología con enfoque cualitativo y cuantitativo, vistas desde dos momentos, donde la primera fase se considera cualitativa ya que comprende la formulación misma del proyecto, donde se ha recopiló toda la información secundaria de la investigación en cuanto a generalidades de la zona de estudio, fases de descomposición de cadáveres y resultados de análisis de parámetros de agua del cementerio bajo estudio.

La segunda fase, de enfoque cuantitativo, abarca el muestreo del recurso suelo en la institución a estudiar, la cual será descrita a continuación:

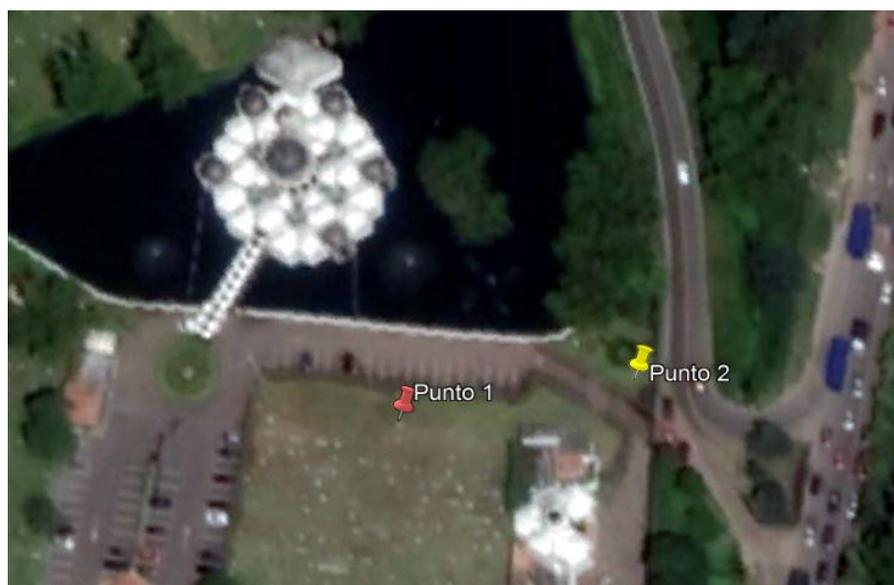
Para la selección de los puntos de muestreo, se establecieron 2 puntos de tal forma que se pudiera contrastar y comparar los resultados entre los mismos. Con respecto a la localización, se tomaron como referencia los puntos elegidos en el estudio *“Determinación de la presencia de cadaverina y putrescina mediante parámetros físicos, químicos y factores microbiológicos en cuerpos de agua aledaños al cementerio Jardines del Recuerdo”* puesto que en dicha investigación se analizaron parámetros físico-químicos de los cuerpos de agua de la institución bajo estudio; por este motivo se procedió a realizar el muestreo de suelo en estos mismos puntos los cuales serán mostrados a continuación en las ilustraciones 14 y 13.

Ilustración 14. Puntos de muestreo 1 y 2



Fuente: Google Earth Pro, 2019.

Ilustración 15. Puntos 1 y 2 en detalle



Fuente: Google Earth Pro, 2019.

A continuación, en la tabla 9 se muestran las coordenadas de los puntos de muestreo.

Tabla 9. Coordenadas punto 1 y 2

Coordenadas	Punto 1	Punto 2
Latitud	4°47'06,65'' N	4°47'6,90'' N
Longitud	74°02'30,59'' O	74°2'29,22'' O

Fuente: Google Earth Pro, 2019.

Punto 1 (color rojo): Se escogió este punto ya que, por primera instancia, en este lugar hay un lago y este a su vez, se encuentra localizado entre las tumbas cercano al recurso hídrico, este puede presentar alteraciones (Bonilla et al.; 2017). Denominado *suelo intervenido*.

Punto 2 (color amarillo): Este punto fue escogido en el canal del humedal Torca, debido a que se puede determinar la influencia que la actividad del cementerio puede impactar en el humedal (Bonilla et al.; 2017). Denominado *suelo no intervenido*.

Para la toma de muestras, se tomó en cuenta la metodología del I.G.A.C. Para obtención de muestras de suelo primero se despejó cada punto, retirando ramas y residuos del sitio de donde se tomó la muestra. Luego utilizando una pala, se procedió a cavar una profundidad de 20 cm en forma de V, como se aprecia en la ilustración 16.

Ilustración 16. Muestreo a 20 cm de profundidad



Fuente: Autores, 2019.

Como se muestra en las ilustraciones 17 y 18, se efectuó un recorrido en zig-zag, donde se tomaron 20 submuestras de cada muestreo, con una distancia aproximada de 50 cm entre los mismos.

Ilustración 17. Zig-zag en el suelo intervenido



Fuente: Autores, 2019.

Ilustración 18. Zig-zag en el suelo no intervenido



Fuente: Autores, 2019.

Para la recolección de las submuestras, como se describe en la ilustración 19, se utilizó una pala pequeña, para limpiar el fondo de la muestra y tomar una rebanada fina de suelo.

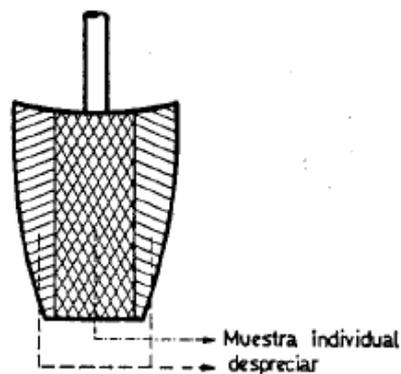
Ilustración 19. Corte y toma de muestra



Fuente: Andrades & Martínez, 2014.

Como se aprecia en la ilustración 20, una vez tomada la muestra con ayuda de la pala, se despreciaron los bordes y se seleccionó únicamente la parte central.

Ilustración 20. Toma de muestra en cada punto



Fuente: Andrades & Martínez, 2014.

Cada una de las submuestras fue almacenada en bolsas ziploc, respectivamente marcadas con el número de la muestra, como se evidencia en la ilustración 21.

Ilustración 21. Toma de submuestras en una bolsa ziploc, debidamente marcada por cada uno de los 20 muestreos



Fuente: Autores, 2019.

Como se muestra en la ilustración 22, se homogeneizaron las 20 submuestras en un balde. El balde de color blanco corresponde al muestreo de suelo intervenido y el balde de color rojo corresponde al suelo no intervenido.

Ilustración 22. Mezcla de toda la muestra, por cada punto de muestreo



Fuente: Autores, 2019.

Finalmente, se tomaron 1,5 Kg de cada uno de los puntos de muestreo, los cuales fueron almacenados en una bolsa ziploc por separado. Estos fueron marcados como Muestra 1 y Muestra 2 para su respectiva entrega al laboratorio S.G.S. Colombia S.A.S.

Los resultados de los parámetros del suelo, fueron diligenciados en el formato de la tabla 10.

Tabla 10. Formato para diligenciar los resultados de análisis de parámetros físico-químicos del suelo

Parámetro	Unidades	Suelo intervenido	Suelo no intervenido
Humedad			
Carbono Orgánico Total			
pH			
Nitrógeno total			
Nitratos			

Fuente: Autores, 2019.

Teniendo en cuenta los resultados del análisis de los parámetros del suelo entregados por el laboratorio S.G.S. Colombia S.A.S, se realizó una matriz de evaluación de impacto ambiental por medio del método EPM, tomando en cuenta los siguientes criterios:

Clase: Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción. Puede ser positiva (+) o negativa (-), dependiendo de si mejora o degrada el ambiente actual o futuro (Clase magistral EMA, 2018).

Presencia: Como no se tiene certeza absoluta de que todos los impactos se presenten, la presencia califica la probabilidad de que el impacto pueda darse. Se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia (Clase magistral EMA, 2018).

Duración: Evalúa el periodo de existencia activa del impacto y sus consecuencias. Se expresa en función del tiempo que se permanece el impacto (muy larga, larga, corta, etc.) (Clase magistral EMA, 2018).

Evolución: Evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece o se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias; se califica de acuerdo con la relación entre la magnitud máxima alcanzada por el impacto y la variable tiempo. Se expresa en unidades relacionadas con la velocidad con que se presenta el impacto (rápido, lento, etc.) (Clase magistral EMA, 2018).

Magnitud: Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad o proceso constructivo u operativo. Los valores de magnitud absoluta cuantificados o inferidos se transforman en función de la magnitud relativa (en porcentaje) que es una expresión mucho más comparable del nivel de afectación del impacto, la cual se puede obtener comparando el valor del elemento ambiental afectado con y sin proyecto, o con la magnitud existente de dicho elemento en toda la región (Clase magistral EMA, 2018).

Los rangos y valoraciones de los criterios de evaluación fueron tomados de la matriz EPM, estos se describen a continuación en la tabla 11.

Tabla 11. Rangos y valoraciones de los criterios de evaluación de la matriz EPM

Criterio	Rango	Valor (1)
Clase	Positivo (+) Negativo (-)	
Presencia	Cierta Muy probable Probable Poco probable No probable	1,0 0,7 < 0,99 0,3 < 0,69 0,1 < 0,29 0,0 < 0,09
Duración	Muy larga o permanente: Si es > de 10 años Larga: Si es > de 7 años Media: Si es > 4 años Corta: Si es > de 1 año Muy corta: Si es < de 1 año	1,0 0,7 < 0,99 0,3 < 0,69 0,1 < 0,29 0,0 < 0,09
Evolución	Muy rápida: Si es < de 1 mes Rápida: Si es < 12 meses Media: Si es < 18 meses Lenta: Si es < de 24 meses Muy lenta: Si es > 24 meses	0,8 ≤ 1,0 0,6 < 0,79 0,4 < 0,59 0,2 < 0,39 0,0 < 0,19

Magnitud	Muy alta: Si Mr (2) > del 80% Alta: Si Mr varía entre 60 y 80% Media: Si Mr varía entre 40 y 60% Baja: Si Mr varía entre 20 y 40% Muy baja: Si Mr < del 20%	0,8 ≤ 1,0 0,6 < 0,79 0,4 < 0,59 0,2 < 0,39 0,0 < 0,19
Importancia ambiental	Muy alta: Si Ca varía entre 8,0 ≤ 10,00 Alta: Si Ca varía entre 6,0 < 7,9 Media: Si Ca varía entre 4,0 < 5,9 Baja: Si Ca varía entre 2,0 < 3,9 Muy baja: Si Ca varía entre 0,0 < 1,9	
Constantes de ponderación		a = 7,0 b = 3,0

- (1) Valores que se utilizan para calificar cada uno de los criterios de la ecuación.
(2) Magnitud relativa

Fuente: EPM, 2012.

Teniendo en cuenta la fórmula de la importancia ambiental, se clasificó cada uno de los impactos en la importancia ambiental correspondiente.

$$Ca = C (P [a E M + b D])$$

Ca = Calificación ambiental (varía entre 0,1 y 10,0)

C = Clase, expresado por el signo + o – de acuerdo con el tipo de impacto

P = Presencia (varía entre 0,0 y 1,0)

E = Evolución (varía entre 0,0 y 1,0)

M = Magnitud (varía entre 0,0 y 1,0)

D = Duración (varía entre 0,0 y 1,0)

a y b = Factores de ponderación (a = 7.0 y b = 3.0)

A partir del resultado obtenido se determinó la importancia ambiental, de acuerdo a los siguientes rangos relacionados en la tabla 12.

Tabla 12. Rangos de importancia ambiental de la matriz EPM

Importancia ambiental	Rango
Muy bajo	0 - 2
Bajo	2,1 - 4
Medio	4,1 - 6
Alta	6,1 - 8
Muy alta	8,1 - 10

Fuente: EPM, 2012.

A partir los resultados de los parámetros analizados del suelo y su respectiva identificación de impactos, se diligenció el formato de la tabla 13, correspondiente a la matriz EPM.

Tabla 13. Formato para diligenciar la evaluación de impacto del recurso suelo, de acuerdo a la matriz EPM

Parámetro	Descripción	Impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Calificación ambiental	Importancia ambiental
Humedad									
Carbono Orgánico Total									
pH									
Nitrógeno total									
Nitratos									

Fuente: EPM, 2012 modificada por autores.

Con respecto al componente social, se aplicaron 14 encuestas a vendedores de flores y trabajadores de instituciones aledañas (Ver anexo 9 y 10). Luego de ello, los resultados de las encuestas se graficaron en un diagrama de barras para su posterior análisis.

11.7.2 Metodología segundo objetivo: *Evaluar alternativas de prácticas innovadoras y amigables para el medio ambiente con el fin de proponer a futuro cementerios sostenibles para Bogotá.*

En este segundo objetivo, se llevó a cabo una metodología de enfoque cualitativo, el cual se evaluó mediante una matriz de selección alternativas por componente ecológico, sociocultural y económico, propuesta por las autoras con base en la revisión bibliográfica, donde se mencionan repetitivamente estos parámetros, y otros de diseño planteados por Song (2017). Lo anterior se realizó con el fin de seleccionar las mejores alternativas mencionadas en el estado del arte como propuesta de un cementerio sostenible.

Para la evaluación de dicha matriz se tuvo en cuenta la calificación la cual se muestra en la tabla 14. Con respecto a la calificación, se propuso una metodología de valores numéricos, donde la alternativa con mayor puntaje resulta ser la más adecuada.

Tabla 14. Escala de valores de la matriz de selección de alternativas

Escala de valores	Calificación
Óptimo	3
Medianamente óptimo	2
No óptimo	1
No aplica	0

Fuente: Autores, 2019.

En la escala de valores se tuvieron en cuenta las siguientes razones:

Óptimo:

- No genera contaminantes al suelo, agua y/o aire.
- Brinda refugio a la fauna.
- Se adapta a las costumbres de las personas.
- Tiene un diseño paisajístico llamativo.
- Bajos costos.
- Bajo consumo energético.
- Es innovador.

Medianamente óptimo:

- Genera un tratamiento de los posibles contaminantes al suelo, agua y/o al aire.
- No afecta ni brinda refugio a la fauna.
- No se adapta en su totalidad a las costumbres.
- Precios asequibles.
- La alternativa ya ha planteado antes.

No óptimo:

- Contamina contaminantes al suelo, agua y/o al aire.
- No brinda refugio a la fauna.
- No se adapta a las costumbres de la comunidad.
- No cuenta con un diseño paisajístico llamativo.
- Altos costos.
- Alto consumo energético.
- No es innovador.

Se evaluaron 23 ítems, de los cuales se definieron unas características específicas para ser evaluados, estos se especifican a continuación:

- 1. Tratamiento de lixiviados:** Brinda una solución en cuanto a la problemática que generan los lixiviados, producto de la descomposición de los cuerpos.
- 2. Reforestación:** Requiere sembrar árboles en el perímetro urbano.
- 3. Optimización de espacios:** Ocupa el menor espacio posible dentro del perímetro urbano y/o se le da otro uso a uno desgastado.
- 4. Aporte de nutrientes:** Transforma los nutrientes presentes en la descomposición de cuerpos para que estos puedan ser aprovechados por el suelo.
- 5. Modificación de la estructura:** No afecta la capa vegetal del suelo.
- 6. Aumento de fauna:** Generar hábitat para la fauna del sector.
- 7. Contaminación del agua:** No genera vertimientos a cuerpos hídricos.
- 8. Consumo de agua:** Bajo consumo de agua.
- 9. Riesgos para la salud (agua):** No genera enfermedades transmitidas por el consumo de agua contaminada.
- 10. Contaminación atmosférica:** No emite emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
- 11. Riesgo a la salud pública (aire):** No genera enfermedades respiratorias por la mala calidad del aire.
- 12. Religión:** No se opone a las creencias de cualquier tipo de religión.
- 13. Costumbre:** Se ajusta a la disposición de cuerpos que se realizan de forma habitual.
- 14. Ética:** No atenta contra los principios morales del ser humano.
- 15. Diseño paisajístico:** Hace armonía con el entorno.

- 16. Costo de instalación:** El valor del servicio no excede los costos actuales de los servicios ya implementados.
- 17. Costo de mantenimiento:** Genera costos constantes a un largo plazo.
- 18. Consumo energético:** Demanda alto consumo de energía.
- 19. Ubicación:** Se localiza en terrenos suburbanos (Song, 2017).
- 20. Accesibilidad:** Es de fácil acceso y cercano a estaciones de transporte (Song, 2017).
- 21. Espacio arquitectónico:** Proporciona armonía entre espacio y servicios brindados al doliente (Song, 2017).
- 22. Emoción del espacio:** Proporciona energía positiva y tranquilidad al doliente (Song, 2017).
- 23. Innovación tecnológica:** Implementa nuevas tecnologías (Song, 2017).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se procedió a elaborar una matriz de selección de alternativas la cual se mostrará continuación en la tabla 15. Cabe resaltar que la alternativa de cementerio sostenible con mayor puntaje es la que más se adapta a la propuesta a plantear en el proyecto.

Tabla 15. Formato para diligenciar de matriz de selección de alternativas de cementerio sostenible amigables con el medio ambiente

Alternativa	Ecológico (Autores, 2019)											Socio-cultural (Autores, 2019)			Económico (Autores, 2019)			Parámetros de selección (Song, 2017)			Puntaje Total						
	Suelo					Agua			Aire			Religión	Costumbre	Ética	Diseño paisajístico	Costo de instalación	Costo de mantenimiento	Consumo energético	Ubicación	Accesibilidad		Espacio arquitectónico	Emoción del espacio	Innovación tecnológica			
	Tratamiento de lixiviados	Reforestación	Optimización de espacio	Aporte de nutrientes	Modificación de la estructura	Aumento de fauna	Contaminación	Consumo	Riesgo a la salud pública	Contaminación atmosférica	Riesgo a la salud pública																
Cementerio Vertical																											
Sylvan Constellation																											
Cementerio flotante																											
Criogenización																											
Capsula Mundi																											
Urnas Biodegradables																											
Cementerio ecológico en un relleno sanitario																											
Ataúdes Biodegradables																											

Fuente: Autores, 2019.

De acuerdo a las alternativas de cementerio sostenible amigables con el medio ambiente evaluadas anteriormente y los impactos generados del recurso suelo del cementerio por medio de los análisis de laboratorio, se generó una propuesta de un cementerio sostenible, como solución a las principales afectaciones encontradas en cementerio bajo estudio, como de evidencia en la tabla 16, teniendo en cuenta ventajas sociales, económicas y ecológicas que se consideraron aptos para la zona.

Tabla 16. Formato para diligencias para la propuesta del cementerio sostenible

Impacto ambiental			
Objetivo		Aspecto ambiental	
Actividad generadora del impacto			
Metas		Indicadores	
Tipo de medidas de control		Responsable	
Prevención		Corrección	
Mitigación		Compensación	
Medidas de control			
Seguimiento y monitoreo			

Fuente: IDEAM, 2002 modificada por autores.

En cada una de las alternativas de cementerios sostenible se expusieron sus ventajas y el desarrollo de las mismas, con respecto a la alternativa de siembra de árboles, se calculó la cantidad de plantas requeridas en un terreno, teniendo en cuenta factores como el área del terreno y el sistema de plantación a usar, en este caso se escogió el método de tresbolillo por lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$N=M/ (a^2*0,866)$$

Donde:

N = número de árboles requeridos

M = área a emplear (m²)

a = ancho entre árboles (m)

0,866 = constante (sin 60°)

Fuente: Corporación Nacional Forestal, 2013.

Finalmente, se elaboró una tabla de costos en donde se tienen en cuenta aspectos como costos indirectos, gastos administrativos, costo de producción unitario del ataúd, costo de las semillas de árboles, entre otros; lo que se quiso hacer con este ejercicio fue comparar los costos entre el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo y el cementerio sostenible

12 Resultados y análisis

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, con su respectivo análisis, de acuerdo con el método descrito anteriormente. Estos dan respuesta a la pregunta de investigación.

12.1 Resultados y análisis del objetivo 1: *Establecer indicadores de calidad del suelo con base en el muestreo de suelos de una zona del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo – Bogotá.*

12.1.1 Indicadores de calidad del suelo

12.1.1.1 Resultados y análisis de los parámetros fisicoquímicos del suelo

En la tabla 17 se muestran los resultados de las muestras de suelo tomadas el día 19 de marzo en el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo, en horas de la mañana. Las cuales fueron analizadas en el Laboratorio S.G.S Colombia S.A.S.

Tabla 17. Resultados de las pruebas del laboratorio del suelo

Parámetro	Unidades	Suelo intervenido	Suelo no intervenido
Humedad	%	78,00	68,03
Carbono Orgánico Total	%	11,29	9,64
pH	-	6,58	6,11
Nitrógeno total	%	0,71	0,45
Nitratos	%	0,012	0,008

Fuente: Laboratorio S.G.S Colombia S.A.S, 2019.

Las muestras de suelo tomadas en el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo corresponden a las siguientes coordenadas: punto 1 - 4°47'06,65" Norte y 74°02'30,59" Oeste y punto 2 - 4°47'6,90" N y 74°2'29,22" Oeste; estas muestras se caracterizan por presentar un % de humedad natural de 78% y 68% para los puntos 1 y 2 respectivamente, esta propiedad del suelo contribuye a la descomposición de la materia orgánica, facilitando los procedimientos de los organismos, además de influir en la disponibilidad de oxígeno en el suelo (Minota, 2010). En contraste, los resultados del estudio realizado por Minota en el año 2010, donde se presenta un 56,3% se evidencia que la humedad natural de estos suelos ha aumentado. Para ambos casos, las muestras fueron tomadas en temporada lluviosa (IDEAM, 2012).

Es importante resaltar que según “Estudio Hidrogeológico detallado de Bogotá, con énfasis en la zona norte de la ciudad” el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo se encuentra sobre formación de la sabana (Q1sa) la cual es conocida por los depósitos lacustrinos que afloran en toda la zona plana, está constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turba-lignita (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017). De acuerdo con Corredor (2011), el % de humedad corresponde a un suelo arcilloso, indicando que el suelo tiene

alta capacidad de retención de agua y nutrientes y, por consiguiente, presenta baja permeabilidad del agua (Aranibar, 2006). Además de que las muestras fueron tomadas en el mes de marzo el cual se caracteriza por ser un mes de transición hacia la primera temporada lluviosa del año, donde se ocasionan grandes precipitaciones a finales del mes (CAR, 2019).

Marzo se caracteriza por ser un mes de transición hacia la primera temporada lluviosa del año en la zona central y occidental del territorio de la CAR. Sin embargo, en el límite oriental el periodo seco se combina con algunos aguaceros puntuales por tratarse del paso de una temporada seca a una húmeda, debido a esto los últimos días del mes serán los más lluviosos.

A partir de los estudios realizados el contenido de carbono orgánico total es de 11,29% y 9,64% para los dos puntos respectivamente y según el libro según el libro “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Cundinamarca”, estos valores corresponden a un contenido de muy alto de este compuesto (I.G.A.C., 2000). El Carbono orgánico total resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de C en forma de CO₂ a la atmósfera, erosión y lixiviación. El carbono orgánico es considerado como el principal elemento de la Materia Orgánica, la cual se compone de un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y/o vegetal y a su vez, se encuentra en forma de residuos orgánicos vegetales, animales, microorganismos y de humus (Martínez, 2008).

Uno de los principales componentes del humus son los ácidos húmicos, estos forman parte de la fracción orgánica de la MO, desempeñando un papel importante en el ciclo global de carbono y nitrógeno y en la regulación de la movilidad de nutrientes y contaminantes ambientales (Christi et al., 2000).

En la parte superficial del suelo es donde se inician los procesos de transformación de MO y nutrientes, donde las condiciones climáticas y el manejo del suelo ejercen mayores alteraciones; por ello se analizaron los contenidos de carbono orgánico en la parte superficial del suelo (0-10 cm.) (Rodríguez, 2014) de acuerdo a lo anterior, se infiere que el suelo del cementerio bajo estudio tiene un alto contenido de MO además del color café oscuro observado durante la toma de muestras en el horizonte superficial A.

La MO por ser rica en restos orgánicos, proporciona una gran cantidad de nutrientes, esta favorece la microestructura del suelo siendo un elemento de mucho valor para evitar la erosión y en general, favorece el desarrollo de microfauna, todos estos factores brindan herramientas necesarias para conocer la fertilidad del suelo en cuestión (Garrido, 1993). Según una investigación elaborada por Mejía & Ruiz (2015) se plantea que el cadáver en su composición misma es MO por lo cual tiene importantes aportes de nitrógeno y carbono como fuente de energía, este puede servir como abono orgánico.

El resultado del pH de los puntos de la zona de estudio fueron 6,58 y 6,11, respectivamente, estos valores corresponden a un pH ligeramente ácido. El rango de acidez de un suelo depende de una serie de factores y procesos que giran en torno al proceso evolutivo del mismo, entre los que se destacan: el clima, el material parental, la naturaleza de los componentes orgánicos, el tiempo de evolución y el grado de eliminación de cationes, ya sea por lavado o por extracción continuada por las plantas, como el calcio, el magnesio y el sodio y el grado de su reemplazo por cationes generadores de acidez, como el aluminio y el hidrógeno (I.G.A.C., 2000). El clima de la zona de estudio es frío seco (IDEAM, 2012) y el material parental corresponde a depósitos lacustrinos (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017).

A causa de que el suelo es un retenedor de diferentes sustancias, el estado de este va a impactar directamente sobre la vegetación, donde el pH juega un papel muy importante como indicador de las posibles perturbaciones que generan los lixiviados de los cadáveres dentro de los cementerios, debido a que la alcalinidad o acidez de este puede afectar la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Minota, 2010).

En comparación con el estudio realizado por Minota “*Evaluación por contaminación en suelos aledaños a los Cementerios jardines del recuerdo e immaculada*” en el año 2010, los suelos del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo y la universidad Escuela de Ingenieros Julio Garavito, presentan un pH fuertemente ácido 5,3 y medianamente ácido 5,8, partiendo de estos datos y los resultados obtenidos en esta investigación, se puede inferir que el pH de esta zona tiene a ser medianamente ácido. Esta consideración se tiene en cuenta debido a que cuando el agua pasa a través del suelo, lixivia nutrientes básicos como calcio y magnesio del suelo, estos son reemplazados por elementos ácidos como aluminio y hierro, ocasionando que los suelos formados bajo condiciones de mucha lluvia sean más ácidos que los formados bajo condiciones secas (Williamson, 2012).

Como se mencionó anteriormente, este suelo es arcilloso, según Martínez, Fuentes & Acevedo (2008), a medida que aumenta el contenido de arcilla en la material madre, también incrementa el contenido de carbono orgánico en los suelos y este a su vez, está relacionado con el contenido de N; esto se debe a la fijación de sustancias húmicas en complejos órgano-minerales ayuda a preservar la materia orgánica en el suelo.

El nitrógeno en el suelo se encuentra en dos formas diferentes: orgánica y química, esta última aparece en forma de nitratos, nitritos y amonio (Garrido, 1993). Según Torres (2017), los suelos que presentan un valor entre 0,25% - 0,50% en clima frío, son considerado con un contenido medio de nitrógeno total, y las muestras que contienen más de 0,50% se califican con alto contenido de nitrógeno total. Teniendo en cuenta los resultados de laboratorio, las muestras del punto 1 y 2 que corresponde a 0,71% y 0,45%, se puede afirmar que el punto 1 cuenta con un contenido alto de nitrógeno mientras que el punto 2 se califica con uno medio.

En adición a esto, el nitrógeno es absorbido en cantidades altas por las plantas contribuyendo en gran medida al metabolismo en cuanto al procesamiento de carbohidratos y proteínas, en la regulación de la transpiración y contenido de agua de las células y en la fotosíntesis; la deficiencia del elemento genera una limitación considerable en el desarrollo de la planta (I.G.A.C., 2000). Estos valores pueden variar dependiendo del clima, pH, humedad del suelo y presencia de otros nutrientes (Torres, 2017).

Cabe resaltar que el nitrógeno en forma de nitrato es directamente asimilable por las plantas; sin embargo, es fácilmente lavable en profundidad, convirtiéndose en un potencial contaminante para las aguas subterráneas de forma irreversible (Garrido, 1993). Cabe resaltar que el ion NO_3 es un anión y por tanto no puede ser retenido por las arcillas como ocurre con los cationes, esto hace que sea fácilmente transportado por el agua. Por tal razón, las láminas de agua excesivas o lluvias abundantes favorecen el arrastre de NO_3 hacia estratos inferiores del perfil del suelo, es decir a aguas subterráneas, lo cual hace que el compuesto quede fuera del alcance de las raíces (Intagri, 2015).

Ahora bien, considerando los resultados del laboratorio en cuanto a nitratos, para el punto 1 y 2 fue de 0,01%; al compararlo con el estudio de Minota (2010), el cual tuvo como resultado un contenido de 0,0023%, se encontró que la cantidad de nitratos, en ambos puntos, fue considerablemente

mayor, esta cifra es muy alarmante puesto que en 9 años el contenido de nitratos ha aumentado considerablemente.

Este mismo estudio afirmó que la principal contaminación del suelo se debe a los nitratos puesto que es el producto final de la oxidación de la materia orgánica nitrogenada en putrefacción (cadáveres). Un suelo rico en nitratos produce plantas exuberantes, pero cuando no es aprovechado por ellas, este elemento puede llegar al agua subterránea y la vuelve potencialmente peligrosa para la salud humana, dado que en contacto con plomo y otros metales hace que aquella se disuelva (Minota, 2010).

12.1.1.2 Matriz de impacto ambiental

A continuación, se presenta la calificación que se le dio a cada uno de los impactos generados por los parámetros estudiados del suelo, a estos se les dio una calificación de acuerdo a la metodología de la matriz de evaluación de impacto ambiental EPM.

Tabla 18. Matriz de evaluación de impacto ambiental (matriz EPM)

Parámetro	Descripción	Impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Calificación ambiental	Importancia ambiental
Humedad	Alta capacidad de retención de agua y nutrientes	Contribuye a la descomposición de materia orgánica	Positivo	0,8	1	0,7	1	6,3	Alta
Carbono Orgánico Total	Contenido muy alto	Propicia la fertilidad del suelo	Positivo	1	1	0,5	0,9	6,2	Alta
pH	Ligeramente ácido	Afecta la disponibilidad de nutrientes	Negativo	0,2	1	0,7	1	1,6	Muy bajo
Nitrógeno total	Contenido medio	Favorece el metabolismo de las plantas	Positivo	0,7	1	0,7	0,7	4,5	Medio
	Contenido alto								
Nitratos	Contenido alto	Posible contaminación a aguas subterráneas	Negativo	0,8	1	0,5	1	5,2	Medio

Fuente: Autores, 2019.

De los impactos anteriormente calificados, se puede destacar que los parámetros con mayor puntuación fueron los correspondientes al % de humedad natural y % de carbono orgánico total,

estos a su vez, fueron catalogados como impactos positivos debido a que cuentan con condiciones óptimas para contribuir al proceso de descomposición de la materia orgánica y al mismo tiempo, propiciando al suelo condiciones de fertilidad óptima.

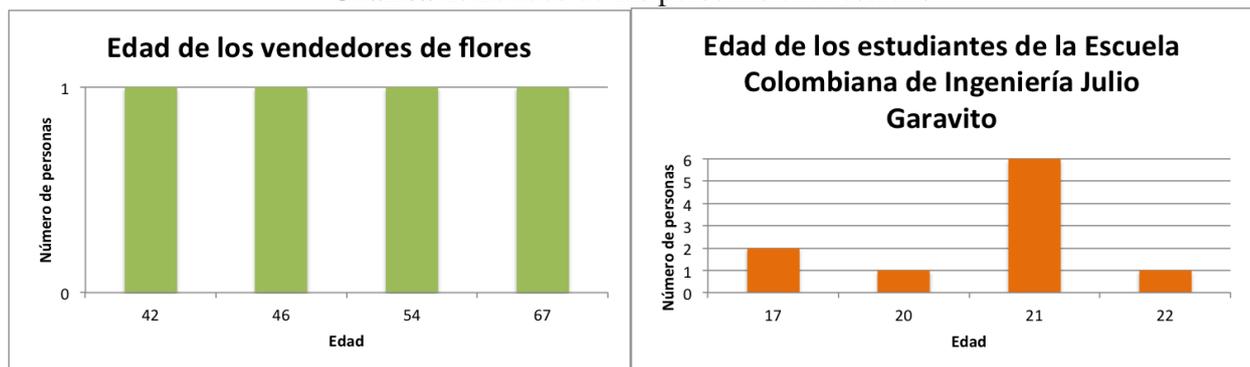
Con respecto a los impactos negativos, el más representativo es el que corresponde a la posible contaminación de aguas subterráneas debido al alto contenido de nitratos, cabe resaltar que este compuesto en grandes proporciones puede ser aprovechado por las plantas, sin embargo, en la zona de estudio, no se evidencian gran cantidad de árboles por lo que se puede afirmar que no son aprovechados por lo que puede llegar a infiltrarse y contaminar los acuíferos.

12.1.2 Componente social

12.1.2.1. Aplicación de encuestas

A continuación, se muestran los resultados de las encuestas realizadas a vendedores de flores (Anexo 9) y población más próxima a las zonas de muestreo (Anexo 10). Es importante aclarar que las gráficas de color verde hacen alusión a la población de vendedores de flores y las de color naranja, hacen referencia a la población más próxima a las zonas de muestreo

Gráfica 1. Edades de las personas encuestadas

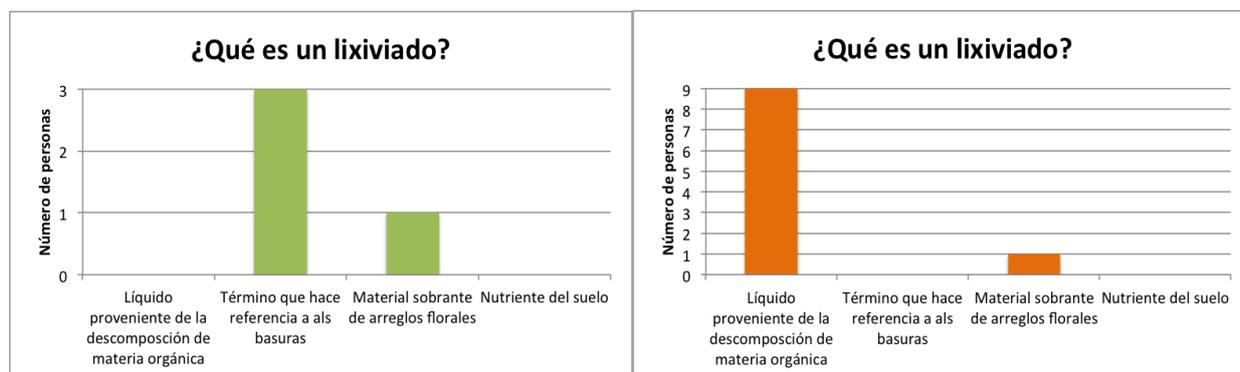


Fuente: Elaboración propia con base en las 14 encuestas aplicadas.

En cuanto al factor de la edad, se puede notar una diferencia notoria entre las dos poblaciones, por un lado, el rango de edad de la población objetivo 1, los vendedores de flores, se encuentra entre los 40 y 70 años mientras que en la población objetivo 2, la población más próxima a las zonas de muestreo, no sobrepasa los 22 años. Este indicador permitió apreciar el grado de interés de la persona en la aplicación de la encuesta.

Como segunda pregunta en el formato de encuesta, se preguntó si la persona tenía una idea clara sobre el término “lixiviado”, con la cual se pretendió determinar el nivel de conocimiento de la población objetivo correspondiente, debido a que se encuentran constantemente expuestas a estos por la cercanía al cementerio.

Gráfica 2. ¿Qué es un lixiviado?



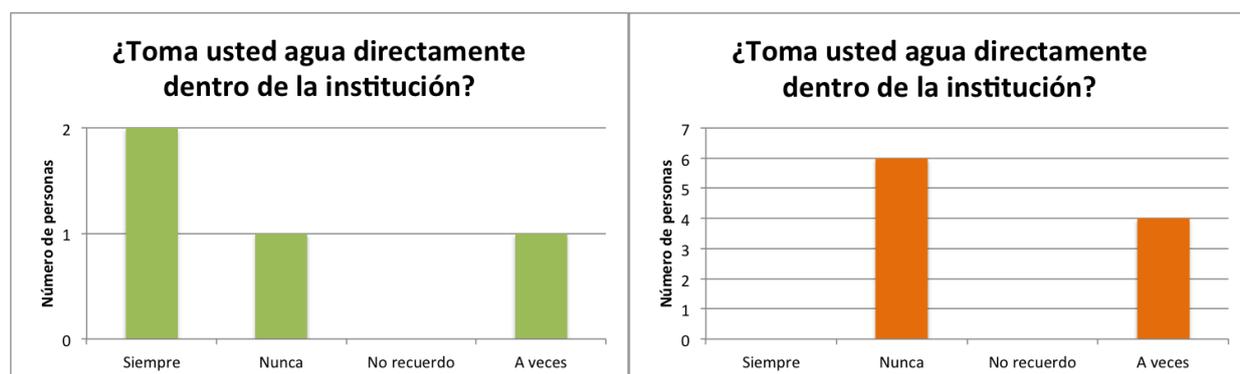
Fuente: Elaboración propia con base en las 14 encuestas aplicadas.

De acuerdo con los resultados, se determinó que el 75% población objetivo 1 relacionó el término “lixiviado” con los residuos sólidos provenientes de rellenos sanitarios y el 25% de la misma, con material sobrante de arreglos florales. En ese sentido se puede percibir la falta de información o desinterés de los trabajadores propios del cementerio frente a temas relacionados directamente con su labor, y así mismo se puede conocer el grado de educación del personal encargado de ciertas áreas dentro del cementerio.

Con respecto a la población objetivo 2, los resultados arrojan que el 90% de la población acertó en la respuesta, pero esto no quiere decir que necesariamente tengan conocimiento al respecto, debido a que, en la mayoría de los casos, los encuestados optaron por adivinar o asociarlo directamente con el tema en cuestión.

La tercera pregunta del cuestionario hizo alusión a la ingesta de agua proveniente de la llave del cementerio o de la universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, esto varió según la persona encuestada, lo cual se pudo corroborar con las razones dadas.

Gráfica 3. ¿Toma usted agua directamente de la llave?



Fuente: Elaboración propia con base en las 14 encuestas aplicadas.

Para ambas poblaciones las razones por las cuales toman o no toman agua de la llave, son muy variadas. En cuanto a la población 1, una persona contestó que confía en el agua debido a que proviene del sistema de Acueducto, otras dos afirmaron que muchas veces tomaban agua de la llave por pereza de ir hasta el punto de agua potable, el cual muchas veces se encontraba cerrado y lejos

de su lugar de trabajo y, por último, una persona confirmó que solo tomaba agua embotellada o de filtro, ya que desconfiaba del agua de la llave.

Por parte de la población 2, 6 de los 10 encuestados respondieron nunca haber tomado agua de la llave dentro de su institución, debido motivos tales como: Desconfianza del sistema de Acueducto, sensación nauseabunda por estar cercano a un cementerio y en otros casos toman agua únicamente en los puntos potables de la universidad.

De esta forma se puede afirmar la existencia de las diferentes percepciones en cuanto al agua proveniente directamente de la llave, ninguna de estas personas tiene razones contundentes para justificar sus preferencias, simplemente no les dan importancia o desconfían para prevenir futuras complicaciones.

La cuarta pregunta se relaciona directamente con la anterior, la cual permite conocer el grado de exposición de la persona con base en la frecuencia de consumo agua proveniente la llave.

Gráfica 4. ¿Con qué frecuencia bebe agua proveniente de la llave dentro de su institución?



Fuente: Elaboración propia con base en las 14 encuestas aplicadas.

Ahora bien, la frecuencia de este apartado también varía, para la población 1, de las personas que afirmaron tomar agua de la llave, dos ejecutan esta acción todos los días y la otra solo a veces, en el debido caso que se acabe el agua que trae de su casa. Para la mayoría de la población 2, el cual corresponde al 60%, esta pregunta no aplica debido a que no consumen agua de la llave por los motivos expresados anteriormente y el restante los hace con baja frecuencia, en los casos donde se les acaba de agua embotellada o la que llevan de la casa. Con base a esto, se puede deducir que las personas que toman agua de la llave lo hacen por un hábito.

Continuando con el quinto enunciado, el cual también se relacionada directamente con la pregunta 4, permite identificar si la población que tiene como hábito el consumo del agua de la llave, en instituciones que están ubicadas en zonas aledañas al cementerio, se ve afectada a causa de esta acción.

Gráfica 5. ¿Alguna vez presentó uno de los siguientes síntomas? Relaciónelo con la pregunta anterior



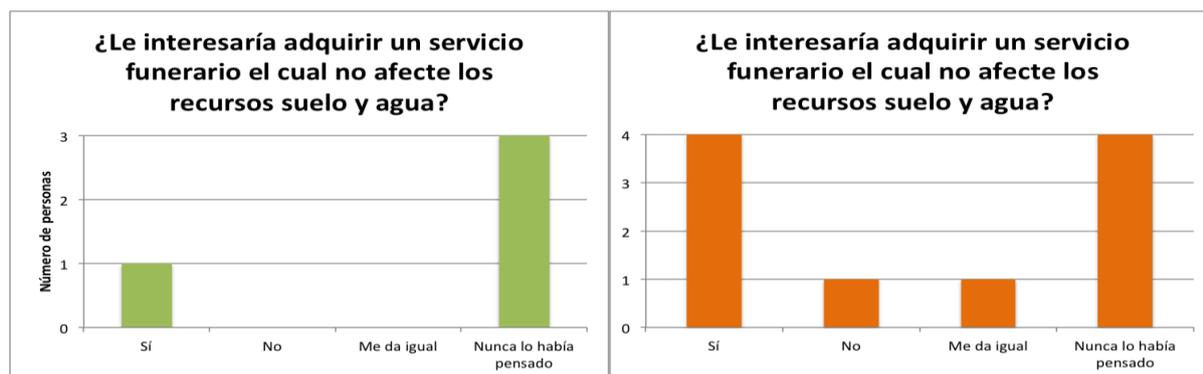
Fuente: Elaboración propia con base en las 14 encuestas aplicadas.

Con base a los resultados de la pregunta anterior, se interpreta que del total de las personas encuestadas que afirman tomar agua de la llave, solo el 14% (1 persona) presenta algún síntoma relacionado con este hábito y el porcentaje restante (6 personas), no ha presentado ninguna complicación por la ingesta de esta agua.

Motivo por el cual se puede decir que los lixiviados provenientes de la descomposición de los cuerpos no están afectando las tuberías existentes en el previo, ni está contaminando los cuerpos de agua que están ingiriendo las personas dentro de este.

Finalmente, en el apartado seis, se formuló con el fin de conocer la percepción de las personas las cuales se encuentran en constante contacto con el cementerio, esto conduce a pensar que esta población tiene una visión más amplia en cuanto a la aceptación de nuevas propuestas alternativas a los cementerios tradicionales, lo cual hace relevante esta pregunta dentro del ejercicio investigativo, puesto que permite determinar el grado de aceptación.

Gráfica 6. ¿Le interesaría adquirir un servicio funerario el cual no afecte los recursos suelo y agua?



Fuente: Elaboración propia con base en las 14 encuestas aplicadas.

Las respuestas a este apartado indican que el 36% del total de encuestados les interesa adquirir un servicio funerario que no afecte los recursos suelo y agua; en contraste a esto, el 50% menciona que nunca lo había pensado, lo cual confirma que esta iniciativa es innovadora, sin embargo, puede significar que el personal dentro de esta organización no tiene conocimiento o no se interesa la posible contaminación que pueden causar la descomposición de los cuerpos en los recursos suelo y agua. En cualquiera de los dos casos, estas cifras se consideran de gran valor para generar una propuesta de cementerio sostenible.

Sin dejar de lado la población restante que corresponde a un 14%, no demuestra interés sobre el tema, lo cual se considera de igual manera valioso para la investigación, esto hace pensar que estas personas se encuentran alejados de temas relacionados con el ambiente, no se han visto afectadas por la muerte de un ser querido y por esto mismo, no conocen el funcionamiento de una funeraria o un cementerio.

12.2 Resultados y análisis del objetivo 2: *Evaluar alternativas de prácticas innovadoras y amigables para el medio ambiente con el fin de proponer a futuro cementerios sostenibles para Bogotá.*

12.2.1 Matriz de selección de alternativas de cementerio sostenible amigables con el medio ambiente

En la construcción de la matriz de selección de alternativas se tuvieron en cuenta los parámetros para la propuesta de un cementerio sostenible, indicados por Song en 2017, los cuales fueron explicados en anterior ítem correspondiente a metodología; también se tuvieron en cuenta parámetros relevantes sobre aspectos ecológicos y socio-culturales desarrollados a lo largo del marco de referencia.

Ahora bien, con respecto a la calificación, se establecieron cuatro valores con su respectivo significado, estos van acompañados de un color significativo, mostrados a continuación:

- El número 3 define el apartado como una condición óptima y es representado con el color amarillo.
- El número 2 define el apartado como una condición medianamente óptima y es representado con el color amarillo.
- El número 1 define el apartado como una condición no óptima y es representado con el color rojo.
- El número 0 hace alusión a que el apartado no aplica y es representado con el color blanco.

En la tabla 19 se propone la matriz de selección de alternativas de cementerio sostenible amigables con el medio ambiente con sus respectivas calificaciones y el puntaje total, el cual fue determinado a partir de la suma del valor asignado de cada uno de los parámetros en cuestión.

Tabla 19. Matriz de selección de alternativas de cementerio sostenible amigables con el medio ambiente

Alternativa	Ecológico (Autores, 2019)											Socio-cultural (Autores, 2019)				Económico (Autores, 2019)			Parámetros de diseño (Song, 2017)					Puntaje Total
	Suelo						Agua			Aire		Religión	Costumbre	Ética	Diseño paisajístico	Costo de instalación	Costo de mantenimiento	Consumo energético	Ubicación	Accesibilidad	Espacio arquitectónico	Emoción del espacio	Innovación tecnológica	
	Tratamiento de lixiviados	Reforestación	Optimización de espacio	Aporte de nutrientes	Modificación de la estructura	Aumento de fauna	Contaminación	Consumo	Riesgo a la salud pública	Contaminación atmosférica	Riesgo a la salud pública													
Cementerio Vertical	3	0	2	0	2	0	3	3	3	1	1	3	3	3	2	2	3	1	1	3	2	3	2	46
Sylvan Constellation	3	3	2	0	3	2	3	2	3	3	3	1	1	3	3	1	2	3	2	3	3	3	3	55
Cementerio flotante	3	0	3	0	0	0	2	3	3	1	1	3	1	3	2	1	1	1	3	1	3	3	2	40
Criogenización	3	3	2	2	3	2	3	2	3	3	3	1	1	3	3	1	2	1	3	3	3	3	3	56
Capsula Mundi	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	1	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	60
Urnas Biodegradables	3	3	3	3	3	0	3	2	3	1	1	3	1	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	57
Cementerio ecológico en un relleno sanitario	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	1	1	2	2	2	2	3	3	2	3	2	56
Ataúdes Biodegradables	2	0	2	2	3	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	59

Fuente: Autores, 2019.

Considerando los aspectos ecológicos, socioculturales, económicos y de diseño planteados por Song en 2017, propuestos en la matriz de selección de alternativas de cementerio sostenible amigables con el medio ambiente, se establecieron con mayor puntaje las propuestas de Capsula Mundi y Ataúdes biodegradables; dentro de estas se resalta la innovación tecnológica, bajo costo de instalación, bajo consumo energético, además de no generar emisiones que afecten la calidad del aire.

Parte de la innovación que se quiere buscar, es la minimización de impactos negativos hacia el ambiente por lo cual estas propuestas no representan un aporte significativo a la contaminación del aire ya que no utilizan la cremación. Por una parte, Capsula Mundi plantea que el cuerpo debe disponerse en posición fetal y a su vez, tiene que quedar envuelto bajo tierra en una cápsula orgánica hecha de plástico natural de almidón (Rashmi, et al., 2015). Por otra parte, el Ataúd biodegradable propone su construcción con materiales reciclados entre los que se destacan cartón, celulosa, bagazo de la caña de azúcar, cascarilla de arroz, fique de la cabuya y resinas empobrecidas (Botero & Montoya, 2017).

Con respecto al ámbito sociocultural, el proyecto Capsula Mundi no se adapta al ítem de costumbre debido a que al ser un modelo que se sale de los estándares tradicionales genera controversias en la comunidad, esta situación influyó para que no haya sido aprobado por la normativa italiana (Rashmi, et al, 2015). En contraste a lo anterior, la propuesta de ataúdes biodegradables cuenta una condición óptima en cuanto a la costumbre ya que la práctica de colocar el cadáver dentro del ataúd y enterrarlo bajo tierra, es una técnica conocida hoy en día.

En el aspecto económico, es importante resaltar que, en las dos alternativas seleccionadas, este aspecto fue uno de los más significativos debido a que el costo de instalación es menor al que se está acostumbrado a pagar hoy en día. Sumado a esto, no requiere de un alto consumo energético puesto que no maneja maquinaria, como hornos crematorios, que cuentan con alta demanda de este servicio.

Finalmente, enfatizando los resultados en los parámetros de diseño propuestos por Song en 2017, se tiene como resultado que los dos proyectos con mayor puntaje cumplen con todos los criterios planteados por este autor, esto quiere decir que se ubican en terrenos suburbanos, son de fácil acceso, brindan un espacio de armonía y tranquilidad para los dolientes y por último se considera una iniciativa innovadora para el país (Song, 2017).

12.2.2 Propuesta de cementerio sostenible

Con base a los resultados obtenidos en la matriz de selección de alternativas de cementerio sostenible amigables con el medio ambiente, se presenta en la tabla 20 la cual muestra tres alternativas con sus ventajas a nivel social, económico y ambiental con su respectivo manejo:

Tabla 20. Alternativas para propuesta de cementerio sostenible en Bogotá

Alternativa	Ventajas	Manejo
<p>Ataúdes biodegradables</p>	<p>Ecológicas: -Utiliza materiales reciclables (bagazo de caña de azúcar, cascarilla de arroz, fique de cabuya) para su fabricación. -Emplea resina Cereplast elaborada con materias plásticas biodegradables. -Sustituye la madera como materia prima, contribuyendo a la conservación de los bosques.</p>	<p>1. Comprar ataúd biodegradable. 2. Aplicar la resina Cereplast. 3. Implementar el ataúd en los entierros fúnebres.</p>
	<p>Sociales: -Brinda mejores condiciones en cuanto a seguridad industrial de los trabajadores. -Ofrece condiciones que no afectan la salud de los trabajadores. -No modifica las costumbres fúnebres que se tienen en la actualidad.</p>	
	<p>Económicas: -Proporciona menor gasto de energía. -Garantiza menor costo de producción. -Genera empleo.</p>	
<p>Microorganismos</p>	<p>Ecológicas: -Degrada resina. -Retiene nitrógeno, por medio de simbiosis con las raíces. -Incrementa los macrófagos. -Aumenta velocidad de degradación de cadáver.</p>	<p>1. Involucrar a la Secretaría de Distrital de Salud de Bogotá para el manejo de los microorganismos en la zona. 2. Obtener autorización en vida de la aplicación de microorganismos. 3. Concientizar a la población para su adecuada utilización. 4. Comprar <i>Micorrizas</i> y <i>Azospirillum</i>. 5. Aplicar microorganismos al cadáver.</p>
	<p>Sociales: -Controla de olores fétidos.</p>	
	<p>Económicas: -Genera ingresos económicos. -Requiere pocos materiales. -Se aplica In situ.</p>	

Siembra de árboles	<p>Ecológicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Protege de cuencas, cuerpos de agua y mejora los suelos. -Favorece la calidad del aire. -Retiene el agua contaminada. -Provee hábitat. -Atenúa o minimiza de partículas, vientos, vectores y olores. -Regula el clima y controla de temperatura. -Capta el dióxido de carbono (CO2) para transformarlo en oxígeno O2. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vincular a la CAR y Secretaría de Medio Ambiente del Distrito. 2. Sensibilizar a la población sobre los beneficios de la arborización. 3. Comprar semillas de los siguientes árboles: Mangles (<i>Escallonia pendula</i>), Aliso (<i>Alnus acuminatalos</i>) y Acacia Japonesa (<i>Acacia melanoxylon</i>). 4. Crear un vivero. 5. Proponer estrategias para implementar la cultura de la siembra de árboles en los cementerios. 6. Propiciar el mantenimiento de los árboles en los cementerios.
	<p>Sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brinda un espacio de armonía para el doliente. - Contribuye a la disminución de enfermedades respiratorias. - Aporte al bienestar físico y psicológico, a la recreación, a la educación y al descanso. - Aporte productivo, empleo e ingreso. 	
	<p>Económicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ahorro en productos para tratamiento de agua. - Disminuye obras de pavimentación. - Reduce la inversión en equipos de purificación del aire. 	

Fuente: Autores, 2019.

12.2.2.1 Ataúdes Biodegradables

La idea de un ataúd biodegradable existe en el mercado hace algunos años, en la actualidad hay variedad de empresas que optaron por la fabricación de ataúdes con base de materias primas biodegradables que no generan mayores afectaciones al ambiente y tienen un costo bajo, para que fuese asequible para todas las personas a diferencia de los ataúdes tradicionales. Dicho esto, es pertinente resaltar empresas que existen a nivel nacional e internacional, las cuales se encargan de la fabricación y comercialización de este tipo de productos ecológicos, entre ellos la empresa argentina RESTBOX, donde los ataúdes son elaborados con 70% de cartón reciclado y 30% de celulosa (Botero & Montoya, 2017).

A nivel nacional, tenemos la Fábrica de Cofres Guillermo Castillo, una empresa con más de 40 años en el mercado, ubicada en Cali, la cual se dedica a la fabricación y comercialización de ataúdes y urnas ecológicas, elaboradas con 120 materiales reciclables, principalmente el bagazo de la caña, cascarilla de arroz, fique de la cabuya, cáscara de papa y resinas empobrecidas, presentado como único fabricante comercializador que tiene dicho producto patentado a nivel 41 mundial y se estima que se descompone en su totalidad al cabo de 6 años, en la tabla 21 se mencionan las especificaciones técnicas del ataúd. Además, como no hay presencia de máquinas, no se produce ruido, y por ende favorece las condiciones laborales de los trabajadores ya que disminuyen los riesgos de contraer enfermedades laborales, lo cual tiene lugar en el caso contrario de los ataúdes convencionales (Botero & Montoya, 2017).

Tabla 21. Especificaciones técnicas del ataúd

Dimensiones	Unidades	Standard	Tolerancia
Longitud	cm	195	+/- 0,5
Ancho	cm	60	+/- 0,5
Alto	cm	45	+/- 0,5

Fuente: Bedón, 2017.

Otro beneficio en cuanto a la utilización de materiales reciclables, es el apoyo a microempresas del sector agrario por la compra de sus desechos, los cuales se emplean como materia prima de producción, este a su vez consume solo 10% de energía que se requiere en los procesos tradicionales de fabricación de ataúdes (Botero & Montoya, 2017). Dicho proceso genera un valor agregado, brindando reconocimiento al país al ser un producto patentado de bajo costo, producción eficiente y contribución a la conservación de bosques.

Sin embargo, estos productos al ser biodegradables permiten el paso de los lixiviados provenientes de los cadáveres para el caso de los ataúdes de cartón, y los que son impermeables tienen como componente la resina que resulta siendo tóxica para el suelo, por tal motivo se requiere el uso de resina de igual forma biodegradable, para que de esta forma el ataúd se descomponga al cabo de la etapa de descomposición del cuerpo y los compuestos ya no sean un agente contaminante.

Para tal caso se aconseja la resina Cereplast, elaborada de materias plásticas biodegradables (Tecnología del plástico, 2007), para diversas aplicaciones, en este caso específicamente cumple la función de impedir el paso de líquidos directamente al suelo. Debido a que ha sido diseñada para

cumplir con el estándar para biodegradabilidad y compostabilidad, la resina se descompondrá en 180 días o menos en condiciones óptimas de compostaje. Además, teniendo en cuenta que el tiempo de descomposición de un cuerpo humano tiene la siguiente duración (Aranibar, 2006):

- Recién nacidos: 1000 horas (seis semanas).
- Niños: 1440 horas (ocho semanas).
- Adultos: 2520 horas (15 semanas).

Se puede asegurar que esta resina resulta ser un producto bastante útil dentro de la composición del ataúd, debido a que se descompone poco tiempo después de terminada la etapa de descomposición del cuerpo (27 semanas) (Tecnología del plástico, 2007).

En adición a esto, en el año 2017, se registró que el 43% de residuos que ingresan al Relleno Sanitario Doña Juana, corresponden a plástico, papel, cartón y vidrio, lo que equivale a casi \$1.000 millones desperdiciados a diario, donde se desperdician alrededor de 407 toneladas de cartón (Correa & Ruiz, 2017). Por este motivo resulta muy viable la opción de los ataúdes elaborados a partir de láminas de cartón corrugado reciclado, para el caso de Bogotá, de esta forma se reutiliza un material aprovechable al mismo tiempo que se disminuye la cantidad de residuos que ingresan diariamente al relleno.

12.2.2.2 Microorganismos

Para esta alternativa es esencial la implementación de microorganismos, debido a que para la descomposición de la resina, que compone al ataúd, es necesario el calor, alta humedad y microorganismos, los cuales son típicamente encontradas en los compostajes y por ende, el cadáver también estará en condiciones que permiten su rápida descomposición, además de incrementar la fauna de macrófagos, que igualmente serán de ayuda en este proceso; esto requiere una adecuada combinación de elemento, aire y agua.

En la tabla 22 se especifican los efectos en el grado de descomposición de distintas variables como la temperatura, esta última tiene una influencia marcada en el proceso de putrefacción, la cual se desenvuelve plenamente en el rango de los 18 a 37 °C. Se observa que en los límites 25 a 37 °C la actividad microbiológica tiende a su mayor auge, reduciéndose significativamente en el límite más frío (<18 °C) y/o más caliente (Aranibar, 2006).

Tabla 22. Valores que afectan el grado de descomposición del cuerpo humano

Variables	Efectos en el grado de descomposición
Temperatura	5
Acceso a insectos	5
Tipo y profundidad del entierro	5
Acceso a carnívoros y roedores	4
Trauma (perforación, presión)	4

Humedad, aridez	4
Precipitación	3
Tamaño y peso del cuerpo	3
Embalsamiento	3
Vestuario	2
Superficie donde es colocado el cuerpo	1

Fuente: Aranibar, 2006

De acuerdo a los componentes del cuerpo humano, se requieren microorganismos que sean capaces de utilizar estos como fuente de carbono y energía, como se muestra a continuación en la tabla 23, tomando como promedio un hombre adulto de 70 Kg, el cual contiene aproximadamente:

Tabla 23. Composición del cuerpo humano

Sustancia	Cantidad (gr)
Carbono	16.000
Nitrógeno	1.800
Calcio	1.100
Fósforo	500
Azufre	140
Potasio	140
Sodio	100
Cloro	95
Magnesio	19
Hierro	4,2
Agua	(70 - 74)% en peso

Fuente: Aranibar, 2006.

Así mismo es importante mencionar la relación directa entre los microorganismos y los árboles, que para este caso puntual, resulta muy eficaz adicionar hongos *Micorrizas*, los cuales hacen simbiosis con las raíces de los árboles fijadores de Nitrógeno, favoreciendo la absorción de fósforo, calcio, potasio y magnesio (Botero & Russo, 2002), los cuales le permiten a la planta realizar sus actividades metabólicas (Jardín Botánico José Celestino Mutis, s.f.), dichos elementos se encuentran en la composición del cuerpo humano como se muestra en la tabla 23. Por ende, resulta una relación muy positiva dentro de esta propuesta.

En adición a esto, el cuerpo humano contiene una gran variedad de microorganismos, los cuales siguen un orden determinado en el proceso de descomposición. En primer lugar, actúan los microorganismos aerobios (bacterias y hongos filamentosos), seguidos por las bacterias anaerobias facultativas presentes en el tracto gastrointestinal y para concluir, las bacterias anaerobias estrictas finalizan el proceso (Campobasso, 2004). Sumado a esto, a lo largo del proceso de putrefacción cadavérica, se generan compuestos malolientes como ácido sulfhídrico, mercaptanos, indol escatol, amoníaco y aminas de tipo cadaverina y putrescina (Galloway, 1998).

Por lo cual, resulta importante la adición de microorganismos que ayuden a controlar estos malos olores y de esta manera evitar incomodidades en las personas; para esta propuesta se recomiendan bacterias del género *Azospirillum*, debido a que tienen la capacidad de promover el crecimiento de las plantas, estimulando principalmente un ensanchamiento y alargamiento de las raíces, lo cual aumenta significativamente la superficie de absorción de los nutrientes que se encuentran en el suelo. Sumado a esto, también tiene la habilidad de tomar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en un nutriente aprovechable por las raíces de la planta (Peñaherrera, 2011).

De acuerdo a un estudio realizado por Casas y Pérez en 2008, el cual estudió la interacción planta-*Azospirillum* en el cultivo de caña de azúcar, por medio del aislamiento de un número elevado de microorganismos, los cuales han mostrado una gran actividad nitrogenasa, entre ellos el género de las bacterias *Azospirillum*, en este estudio se observó que efectivamente este género comprende un grupo de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, fijando el nitrógeno atmosférico en condiciones aeróbicas, produciendo sustancias estimuladoras.

Por otro lado existe el estudio “*Características agronómicas del trigo en función de Azospirillum brasilense, ácidos húmicos y nitrógeno en la casa de vegetación*” de Rodríguez et al. (2014), El cual resalta que la utilización combinada de bacterias promotoras del crecimiento vegetal y los recursos biológicos del suelo deben considerarse como fijadores de nitrógeno, debido a que la materia orgánica presente en el suelo originada de la descomposición química y biológica de residuos, así como la actividad microbiana dan lugar a las sustancias húmicas el principal componente de la materia orgánica en agua y suelos. Estos son empleados en el medio agrícola gracias a sus capacidades de favorecer la absorción de nutrientes y las tasas de crecimiento.

Las variedades de bacterias son un recurso ecológico y ambientalmente viable cuyo uso se debe fomentar como control biológico puesto que puede generar importantes ingresos económicos. Los microorganismos son clave para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida sobre el planeta, pues participan en procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos en diferentes matrices como agua, suelo y aire (Montaño et. al., 2010).

La inversión en los métodos biológicos es baja y lo resalta Garzón, Rodríguez y Hernández (2017) al indicar que la implementación de microorganismos es, a menudo, considerada como un

tratamiento económico y efectivo para el ambiente porque incurre en pocos materiales para la depuración de los contaminantes y se puede realizar in situ.

12.2.2.3 Siembra de árboles

Con base a la propuesta de Capsula Mundi, se opta por la siembra de árboles nativos como componente importante para la calidad del suelo, mejorando la aireación y estructura de este recurso, así como el aumento los nutrientes disponibles, manteniendo la humedad y reduciendo la erosión (Burbrige, et al., 1990). Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo, reteniendo agentes contaminantes que, a su vez, aporta nutrientes orgánicos al suelo, mejorando su estabilidad y la calidad del aire, mejorando las condiciones físicas del suelo como: porosidad y densidad aparente, por ende, en grandes masas disminuye enfermedades respiratorias, al retener dióxido de carbono y proporcionar oxígeno. Por último, estos crean un microclima favorable para los animales proporcionándoles sombra, menor radiación y menos temperatura (Botero & Russo, 2002).

Adicional a esto, los árboles contribuyen en gran medida a la purificación del agua, dependiendo de la especie, lo cual se ve reflejado en una disminución en los costos para el tratamiento de este recurso, además de conservar el ecosistema y así mismo, aporta un ahorro significativo en cuanto a inversiones de tecnología avanzada para purificar el aire. Otro factor importante de las zonas arborizadas es la capacidad de retener las partículas de polvo en sus hojas, manteniendo en buen estado el pavimento cercano, lo cual se considera favorable económicamente (González, 2002). De acuerdo con esto el Jardín Botánico José Celestino Mutis sintetizó las funciones de la arborización más comunes dentro de la ciudad de la siguiente manera:

- Aporte estético, cultural y simbólico.
- Aporte al bienestar físico y psicológico, a la recreación, a la educación y al descanso.
- Atenuación o minimización de partículas, vientos, vectores, olores y ruido.
- Conformación de espacios y subespacios.
- Valorización de la propiedad privada y del espacio público.
- Protección de cuencas y cuerpos de agua y mejoramiento de suelos.
- Provisión de hábitats.
- Regulación climática y control de temperatura.
- Captación de dióxido de carbono (CO₂).
- Aporte productivo, empleo e ingreso.

Gracias a los beneficios que traen las plantaciones arbustivas en las zonas urbanas, hoy en día muchas ciudades luchan por consagrarse como la “Ciudad Árbol”, para ello surgió el indicador ambiental de “numero habitante”, esta propuesta se busca que por cada persona que habite en una ciudad haya un árbol (González, 2002). Para el caso puntual de Bogotá, según el Observatorio Ambiental de la ciudad, para el año 2018 hubo 0,34 árboles por habitante, esta es una cifra muy alarmante debido a que no se acerca ni a la mitad de la meta establecida, por tal motivo se considera que la propuesta de siembra de árboles, dentro de un cementerio, como plan de reforestación, ayuda a aumentar significativamente esta cifra y tal vez, en un futuro a mediano plazo, pueda a llegar cumplir con el indicador.

Esta iniciativa trae además un efecto social muy importante para este tipo de proyectos en cuanto a la generación de empleo tanto directo como indirecto en los diversos sectores: público, privado, formal y comunitario, contribuyendo de esta forma a la ejecución de las actividades (Jardín Botánico José Celestino Mutis, s.f.).

Otro beneficio que otorga la plantación de árboles sobre cada ataúd enterrado, es la belleza paisajística, que se refleja en actitudes culturales y significados simbólicos asignados por el hombre, es decir que cada persona puede asociar diferentes especies de árboles a situaciones o recuerdos, incluso puede generar sentimientos, lo que implica una influencia psicológica en la comunidad (Jardín Botánico José Celestino Mutis, s.f.) por esta razón se pretende que los dolientes se sientan tranquilos y cómodos al momento de visitar a su ser querido.

Por estas razones se propone la plantación de árboles que sean fijadores de nitrógeno, a causa del alto contenido de nitratos encontrados en el estudio de suelos del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo en la ciudad de Bogotá, las especies planteados son Mangles (*Escallonia pendula*), Aliso (*Alnus acuminatalos*) y Acacia Japonesa (*Acacia melanoxylon*). En primera instancia, los mangles (*Escallonia pendula*), el cual se muestra en la ilustración 22, es una especie originada en las cordilleras Central y Oriental de Colombia y se desarrollan entre los 2400 y 3100 msnm, en cuanto a su requerimiento ecológico pueden crecer en suelos bien drenados y son medianamente tolerantes a la sombra (Morales, 2018).

Ilustración 23. Fotografía del árbol Mangle



Fuente: Morales, 2018

Con respecto al árbol aliso (*Alnus acuminatalos*), que se muestra en la ilustración 23, este crece entre 2100 y 3000 msnm, sus raíces son capaces de fijar el nitrógeno debido a la presencia de nódulos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico, estos nódulos forman grupos hasta de 6 cm de diámetro y se concentran en los primeros cinco centímetros del suelo. Entre los componentes químicos de estos nódulos se halla un glucósido de color amarillo rojizo capaz de inhibir el crecimiento de hongos patógenos (Morales, 2018).

Ilustración 24. Fotografía del árbol Aliso



Fuente: Morales, 2018

Otra especie fijadora de nitrógeno es la Acacia Japonesa (*Acacia melanoxylon*), la cual se muestra en la ilustración 24, es originaria de Australia sin embargo en la actualidad se encuentra en centro y sur América, y específicamente en Colombia se ha observado en 2000 y 2800 msnm. Este árbol es una especie fijadora de nitrógeno y sirve para recuperación de suelos y control de erosión, además proporciona sombra y es útil como barrera corta vientos y cerca viva (Florez & Umaña, 2006).

Ilustración 25. Fotografía del árbol acacia japonesa



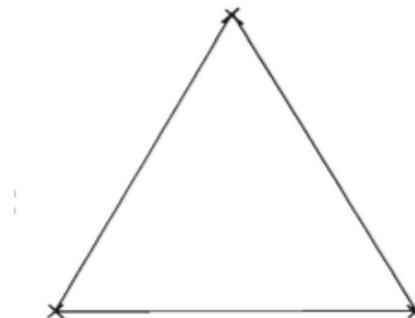
Fuente: Florez & Umaña, 2006

Teniendo en cuenta los parámetros del Jardín Botánico José Celestino Mutis, basados en el Decreto No. 472 de 2003, se deben considerar unos aspectos importantes para arborización de una zona dependiendo del terreno, condiciones ambientales del entorno ya sea urbano o rural, y de esta forma garantizar la supervivencia de la especie. Los cuales se enuncian a continuación:

- **Diagnóstico de la zona:** Caracterización general, estado, usos actuales e inventario de arborización existentes.
- **Criterios de diseño:**
- **Plantación:** Materiales (vegetal, sustrato y tutores).
 - a. Ecológicos: Integralidad, versatilidad, viabilidad, funcionalidad, eficiencia.
 - b. Paisajísticos: Armonía, proporción, estéticos, sonoro, sensorial.
 - c. Sociales: Aceptación y compromiso, cultura ciudadana.
 - d. Urbanísticos: Normativos, físicos, seguridad urbana.
- **Mantenimiento:** Riego, fertilización, replante, poda de césped, poda ramas bajas.
- **Manejo:** Poda (Mejoramiento, formación y estabilidad), poda de copa, poda de raíces, bloqueo y traslado, otros tratamientos y tala.
- **Actividades complementarias:** Plan de seguridad, participación ciudadana y manejo de desechos.

Finalmente, el sistema de plantación que se recomienda es el tresbolillo ya que permite la siembra de mayor cantidad de árboles en una menor área respetando la distancia necesaria entre las especies; como se observa en la ilustración 25, este método pretende la formación un triángulo equilátero con la plantación, cada árbol debe ser el vértice de esta figura guardando siempre la distancia entre las filas de las plantas (Carbo & Vidal, 1978).

Ilustración 26. Esquema de plantación tresbolito



Fuente: Carbo & Vidal, 1978

La ventaja que tiene este sistema, frente al sistema rectangular, es que el número de plantas que caben en la superficie es mayor, también es considerado como el método más apropiado para plantaciones intensivas y permite dar 3 direcciones al cultivo, con lo cual la tierra queda más trabajada disminuyendo el riesgo de dejarla desnivelada o expuesta a la erosión (Carbo & Vidal, 1978).

A continuación, se muestra el cálculo correspondiente al número de plantaciones que se va a plantar en un área de 10.000 m², cabe resaltar que el ancho que se va a tomar entre cada árbol será de 3m.

$$N = M (a^2 * 0,866)$$

$$N = 10.000 \text{ m}^2 / ((3\text{m})^2 * 0,866)$$

$$N=1283$$

El número de árboles requeridos para esta propuesta será 1283.

12.2.3 Componente económico

12.2.3.1 Tabla de costos

A continuación se presenta la tabla 24, relacionada con el costo del servicio del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo con base en la información suministrada por la funcionaria del grupo recordar Lilia Vargas, en contraste con el valor de los servicios del cementerio sostenible en donde los datos obtenidos fueron tomados del valor comercial de los productos; para el caso de los microorganismos y el abono se tomó como referencia la empresa Agro biológicos SAFER, para la resina biodegradable se tomó la empresa Cereplast, para el ataúd biodegradable se tuvo en cuenta el trabajo de investigación “Ataúdes Ecológicos-Ecobox” de Bedón y finalmente en cuanto al costo del lote, este valor fue propuesto por los autores.

Tabla 24. Costos directos del servicio

Parque Cementerio		Cementerio sostenible	
Descripción	Costo (\$)	Descripción	Costo (\$)
Servicios directos		Servicios directos	
Lote	30.670.000	Lote	4.000.000
Lote por 5 años	5.700.000		
Cenízaro	8.400.000		
Derechos de ocupación	2.800.000	Derechos de ocupación	2.000.000
Derechos memoriales	2.300.000	Derechos memoriales	2.000.000
Ataúd	3.000.000	Resina Biodegradable (25 Kg)	9.000
		Micorrizas (2 Kg)	50.376
		Azospirillum (10 L)	94.450
		Abono (5 Kg)	64.200
		Semilla (1 Kg)	170.000
		Ataúd	500.000
Servicios funerarios	2.500.000	Servicios funerarios	2.500.000
Total Compra del lote	41.270.000	Total	11.388.026
Total Arriendo del lote por 5 años	16.300.000		
Total Cenízaro	19.000.000		

Fuente: Autores, 2019.

Cabe aclarar que el cementerio parque Jardines del Recuerdo cuenta con 3 servicios para guardar el cuerpo, el primero de ellos es la compra de un lote, en este predio se dispone a enterrar el fallecido, el cual puede permanecer el tiempo que quiera, debido a que este lugar es propiedad de sus familiares, el precio de este puede variar entre la cantidad de cuerpos que se disponen allí; en este caso se tomó el valor promedio de un lote individual o doble.

Como segunda opción se tienen el arriendo del lote por cinco años, este consiste en tener acceso a enterrar el cuerpo del difunto por un periodo de 5 años, pasado el tiempo, deben exhumar el cuerpo y someterlo a la incineración, luego de ello se tiene la opción de adquirir un cenízaro, este último es la tercera opción la cual se puede hacer desde que fallece la persona, o simplemente llevarse las cenizas a casa.

Teniendo en cuenta los tres servicios descritos anteriormente y el ofrecido por la alternativa sostenible, este último es más óptimo en términos de costeo puesto que las medidas implementadas (siembra de árboles, aplicación de microorganismos y utilización de ataúdes biodegradables) lo hace menos costoso.

De la mano a la tabla anterior, se procede a elaborar la tabla 25, con el fin de realizar el contraste de los costos indirectos en las dos instituciones, estos están constituidos principalmente por el salario de los trabajadores y los servicios necesarios para desarrollar la actividad de un cementerio.

Tabla 25. Costos indirectos del servicio

Parque Cementerio		Cementerio sostenible	
Descripción	Costo (\$)	Descripción	Costo (\$)
Pago de servicios		Pago de servicios	
Agua	13.000.000	Agua	13.000.000
Luz	15.000.000	Luz	10.000.000
Internet	1.200.000	Internet	1.200.000
Gastos administración		Gastos administración	
Sueldo Gerente	12.000.000	Sueldo Gerente	12.000.000
Auxiliar Administrativo	1.500.000	Auxiliar Administrativo	2.000.000
Auxiliar Cartera	1.200.000	Auxiliar Cartera	1.800.000
Operario	1.100.000	Operario	1.500.000
Total	45.000.000	Total	41.500.000

Fuente: Autores, 2019.

Con respecto al precio de este apartado, es importante resaltar que el cementerio sostenible presenta una disminución en el costo del servicio de la luz, con respecto al Parque Cementerio Jardines del Recuerdo, debido a que no cuenta con el proceso de cremación y por lo tanto se disminuye el costo en este rubro. Otro apartado relevante son los gastos administrativos, en el cementerio sostenible se aumentó un poco con el fin de motivar al trabajador en su labor.

Con base a las alternativas planteadas y anteriormente descritas, a continuación, se presenta la tabla 26 la cual contiene la propuesta para establecer un cementerio sostenible en Bogotá.

Tabla 26. Propuesta de Cementerio sostenible

Impacto ambiental	
Contaminación de los recursos suelo y agua debido a la infiltración de lixiviados producto de la descomposición de los cadáveres	
Objetivo	Aspecto ambiental
Plantear algunas medidas de manejo que mitiguen los efectos generados por la contaminación de lixiviados en los recursos	Infiltración de nitratos en la solución del suelo que atraviesan el perfil alcanzando aguas subterráneas

suelo y agua	
Actividad generadora del impacto	
Parque Cementerio Jardines del Recuerdo no tomó en cuenta el manejo de lixiviados generados por la descomposición de cadáveres	
Metas	Indicadores
Sembrar en una hectárea 1200 árboles, teniendo en cuenta un ancho de 3 m entre los árboles	Número de árboles = $\text{área a emplear} / ((\text{ancho entre árboles})^2 * 0,866)$
Aplicar <i>Micorrizas</i> y <i>Azospirillum</i> al 100% de árboles a sembrar	Número de árboles con <i>Micorrizas</i> y <i>Azospirillum</i> = $(\text{cantidad de árboles con } \textit{Micorrizas} \text{ y } \textit{Azospirillum} / \text{total de árboles sembrados}) * 100$
Implementar ataúdes biodegradables en el 100% de los entierros	Número de ataúdes biodegradables empleados en los entierros = $(\text{cantidad de ataúdes biodegradables empleados} / \text{total de entierros realizados}) * 100$
Disminuir los costos en el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo al menos en un 20%	% de ahorro = $((\text{Costo total de un cementerio tradicional} - \text{costo total de un cementerio sostenible}) / \text{Costo total de un cementerio tradicional}) * 100$

Tipo de medidas de control				Responsable
Prevención		Corrección		Gerente del Cementerio Ingeniero ambiental
Mitigación	X	Compensación		

Medidas de control
Ataúdes biodegradables
Microorganismos: <i>Micorrizas</i> y <i>Azospirillum</i>
Siembra de árboles: Mangles (<i>Escallonia pendula</i>), Aliso (<i>Alnus acuminatalos</i>) y Acacia Japonesa (<i>Acacia melanoxylon</i>).
Seguimiento y monitoreo
<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición ataúd biodegradable. 2. Aplicar la resina Cereplast en el ataúd 3. Implementar el ataúd biodegradable en los entierros fúnebres.

1. Acoger los informes de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá para la evaluación, manejo y establecimiento del cementerio sostenible
 2. Concientizar a la población para su adecuada utilización de EPI.
 3. Evaluar la presencia de *Micorrizas* y *Azospirillum* en la rizosfera del suelo.
-
1. Crear un vivero para fomentar la siembra de las siguientes especies de árboles:
 - Mangles (*Escallonia pendula*).
 - Aliso (*Alnus acuminatalos*)
 - Acacia Japonesa (*Acacia melanoxylon*).
 2. Vincular a la CAR y Secretaría de Medio Ambiente del Distrito para la siembra de los árboles en mención.
 3. Sensibilizar a la población sobre los beneficios de la arborización a través de campañas educativas, para fomentar la siembra y el mantenimiento de los mismos.

Fuente: Autores, 2019.

Finalmente, se observa en la tabla 27 el contraste entre la propuesta de cementerio sostenible y el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo en cuanto a componentes ecológico, social y económico con el fin de demostrar la viabilidad y la necesidad de establecer un cementerio sostenible.

Tabla 27. Contraste entre Parque Cementerio Jardines del Recuerdo y la propuesta de un cementerio sostenible

	Parque Cementerio Jardines del Recuerdo	Cementerio sostenible
Ecológico	No toma en cuenta el manejo de los lixiviados generados por la descomposición de los cadáveres	Toma en cuenta el manejo de los lixiviados generados por la descomposición de los cadáveres
	Cuenta con el servicio de hornos crematorios siendo una fuente fija de emisiones a la atmósfera	Plantea una disposición de cadáveres de entierro bajo tierra
	En las instalaciones hay pocos árboles sembrados	Propone la siembra de un árbol por cada entierro a realizar
	Emplea ataúdes de madera, cabe resaltar que se requieren dos árboles para fabricar un féretro.	Plantea la implementación de ataúdes biodegradables
Social	Ofrece un ambiente de paz para los dolientes	Brinda un ambiente de paz y armónico para el doliente
	Representa un riesgo potencial para la salud de la población aledaña ya que al no tratar los lixiviados, éstos pueden llegar a contaminar las aguas subterráneas	El funcionamiento de este disminuye los posibles riesgos en la salud de la población aledaña

	Cuando no se compra el lote, 5 años después el doliente debe someterse a la exhumación del cadáver	A través de la siembra de árboles se pretende conmemorar al difunto por un largo periodo de tiempo
Económico	Los costos de los servicios de agua, luz e internet son de \$29.200.000	Busca reducir costos en cuanto al servicio de la luz en un 30% debido a que no requiere un horno crematorio
	Los costos del espacio para disponer el cadáver son: Compra del lote: \$30.670.000 Arriendo del lote por 5 años: \$5.700.000 Cenízaro: \$8.400.000	Se estima que el costo del lote para enterrar al difunto es de \$4.000.000
	Los sueldos de los funcionarios de la institución son: Gerente: \$12.000.000 Auxiliar administrativo: \$1.500.000 Auxiliar de cartera: \$1.200.000 Operario es de \$1.100.000	Para los cargos de auxiliar administrativo, auxiliar de cartera y operario, se plantea el aumento aproximado de 35% en el sueldo como incentivo laboral

Fuente: Autores, 2019.

12.2.4 Criterios para la localización, según tipo de suelo

Determinados tipos de suelos no retienen la descomposición del cuerpo, mientras otros, como los arcillosos, conservan la materia orgánica por un largo espacio de tiempo. Así los suelos impermeables doblan el tiempo de transformación del cuerpo, mientras que los suelos aluviónicos, los calcáreos, los silicosos y los secos o arenosos, no retienen la descomposición. Son poco recomendables los suelos arcillosos, rocosos y desagregados, por su excesiva porosidad (Aranibar, 2006).

Se establecen dos indicadores:

1. **Tipo de suelo:** Para una buena localización de los cementerios, se deben realizar sondeos para la determinación de los tipos de suelos.
2. **Nivel del agua:** A través de sondeos es necesario determinar la altura del nivel freático, factor que determinará la selección del sitio más adecuado.

Los procesos en los suelos de los cementerios deben permitir que los cuerpos de los difuntos se descompongan en su totalidad al cabo de 5 o 10 años. De otro modo, se requerirá de más inversión económica para ampliar el espacio disponible para otros cadáveres o acelerar el proceso natural artificialmente. Según Juárez (2006), para lograr las condiciones óptimas dentro de los terrenos de enterramiento se recomienda:

- **Porosidad:** Esta determina en gran medida los procesos de infiltración y escurrimiento del agua que influye en la erosión hídrica y el transporte de agua en el suelo. Además del flujo

de aire, acondicionada por el tamaño, abundancia y distribución de poros. Siendo esta un indicador de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (González, et al., 2012).

- **Permeabilidad al aire y agua:** Propiedad del suelo para transmitir el agua y el aire, entre más permeable sea éste, mayor será su filtración (FAO, 2019).
- **Sequedad moderada:** Falta de líquido o humedad.

En algunos casos los suelos dotados de buenas propiedades físicas, pierden parcial o totalmente estas propiedades por la acumulación de sustancias presentes en la descomposición cadavérica, la cual se infiltra en los poros del suelo reduciendo sus dimensiones, esta saturación puede producirse por la repetición frecuente de inhumaciones, contribuyendo a la impermeabilidad (Juárez, 2006).

Ahora bien, si la humedad del suelo es excesiva y hay falta de aire, entonces el proceso de putrefacción se verá retrasado y da paso a la saponificación del cuerpo. Por tal motivo debe existir una altura mínima de 1.00 metro entre el fondo impermeable de las fosas y la altura máxima del agua subterránea, así mismo los terrenos cuya capa acuífera está lo suficiente alta para alcanzar y sumergir los féretros, este debe ser descartado (Juárez, 2006).

Los terrenos húmedos, turbosos, arcillosos o con fango no son aptos, tampoco lo son los impermeables, como arcillas, margas y limos, que resultan indrenables, ya que, para que funcionen los drenajes hace falta cierta permeabilidad (Juárez, 2006).

13 Conclusiones

- El indicador de calidad del suelo nitratos, presentó variaciones en los dos puntos de muestreo, de acuerdo a lo reportado por la literatura, puede estar relacionado con productos de descomposición de cadáveres, el cual puede ser indicativo de contaminación.
- De acuerdo con las encuestas realizadas tomadas como indicador social, las personas que consumen agua directamente de la llave no reportaron complicaciones en la salud, posiblemente no hay relación directa de las prácticas realizadas en el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo.
- Con respecto a la evaluación de prácticas innovadoras y amigables con el medio ambiente para proponer a futuro cementerios sostenibles para Bogotá, se debe tener en cuenta factores socioculturales y económicos como la religión, costumbres, ética, costos de instalación, mantenimiento y consumo energético.
- A partir de la propuesta del cementerio sostenible para Bogotá, se evidencia un menor costo de adquisición del servicio, utilización de ataúdes con materiales reciclables y biodegradables, condiciones seguras para el trabajador y optimización de espacios, en comparación a un cementerio tradicional.
- Para generar una propuesta de un cementerio sostenible es importante realizar un diagnóstico previo, donde se estudien las condiciones de la zona y el estado actual de los recursos, de esta forma conocer el principal causante de contaminación, para dar soluciones efectivas.
- En Colombia no existen actualmente normas que regulen y controlen las prácticas dentro de los cementerios ocasionando una posible contaminación de los recursos naturales, viéndose afectado no solo el cementerio, sino también sus alrededores.
- La propuesta de cementerio sostenible puede ser aplicada en cualquier municipio que cuente con condiciones de clima, geología, altitud y nivel freático similares a las de Bogotá.

14 Recomendaciones

- Se considera importante continuar con el desarrollo de las siguientes fases de la propuesta para garantizar el establecimiento de un cementerio sostenible.
- Se sugiere realizar un estudio de la matriz agua en el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo, y su posible contaminación con el fin de proponer indicadores de calidad.
- Para futuros trabajos se recomienda realizar la evaluación de los indicadores de calidad del suelo propuestos en el presente trabajo, teniendo en cuenta más zonas a evaluar dentro del Parque Cementerio Jardines del Recuerdo.
- Se recomienda desarrollar proyectos en cuanto a alternativas sostenibles para el manejo de cadáveres, considerando que el 86% de la población encuestada manifiesta estar interesada en vincularse a una propuesta de cementerio sostenible.
- Se recomienda a futuro incluir en el análisis de suelo los indicadores de estructura y estabilidad estructural, con el fin de evaluar el impacto de las tumbas en el suelo de estudio.
- Con respecto a la aplicación de encuestas, se sugiere abarcar a un mayor número de personas y realizar un estudio de mercado para determinar si la población compraría este servicio.

15 Referencias bibliográficas

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (06 de abril de 2002). Decreto 1713 de 2002. Recuperado el 17 de Mayo de 2018, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5542>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). *Diagnóstico de la Localidad de Suba, Sector hábitat*. Recuperado el 23 de 10 de 2018, de <http://historico1.habitatbogota.gov.co/index.php/publicaciones/nosotros/habitat-en-cifras/diagnosticos-locales/494-diagnostico-suba-dic2011/file>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). *Estudio Hidrogeológico detallado de Bogotá, con énfasis en la zona norte de la ciudad*. Recuperado el 23 de 10 de 2018, de <http://www.bogota.gov.co/vander-hammen/estudios/Anexos%20Capitulo%203.pdf>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2018). *Ficha de parques ecológicos distritales de humedales - PEDH*. Recuperado el 23 de 10 de 2018, de http://humedalesdebogota.ambientebogota.gov.co/inicio/wp-content/uploads/2018/06/Ficha_Técnica_Torca_Guymaral.pdf
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006). *Ley 1021 de 2006*. Recuperado el 10 de Marzo de 2018, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2012>
- Andrades, M. & Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. Tercera edición. Universidad de la Rioja, pp. 10-12.
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2013). *Mapa geológico de la Sabana de Bogotá*. Recuperado el 23 de 10 de 2018, de <ftp://ftp.ani.gov.co/Iniciativas%20Privadas/IP%20ACCESOS%20NORTE%20FASE%201/PMA%20Cerro%20de%20torca/ATLAS/7.Geologico%20Bogota.compressed.pdf>
- Aranibar, S. (2006). *Evaluación y gestión de riesgos por cementerios en Lima metropolitana y Callao*. Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal. pp. 18-28.
- Ávila, P. L., Bacter, J. I., Madero, M. D., López, C. B., León, B. M., Acosta, B. L., Gómez, M.C., Delgado, L.G., Gómez, C., Lozano, J. M., & Reguero, M. T. (2006). *Fundamentos de criopreservación*. Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología Vol. 57 No. 4, pp. 292.
- Bedón, Y. D., Repuerto, E.C., Huamantica, S. V., León, A. S. & Torres, E. A. (2017). *Ataúdes Ecológicos-ECOBOX*. Tesis de grado. Lima, Perú: Universidad San Ignacio de Loyola. pp. 67.
- Beltrán M., & Miralles J., (2005). *Ecofunerales*. Revista virtual Perspectiva ambiental. Barcelona: Fundación Terra. pp. 35.
- Bonilla, L. A., Hernández, D. S., Morales, J. S., Polanía, M. C., & Rueda, A. M. (2017). *Determinación de la presencia de cadaverina y putrescina mediante parámetros físicos, químicos y factores microbiológicos en cuerpos de agua aledaños al cementerio Jardines del Recuerdo*. Bogotá: Universidad El Bosque. pp. 2-3.
- Botero, D. R. & Montoya, L. F. (2017). *Bioféretros: Ataúdes y Urnas Biodegradables*. Pereira: Universidad Católica de Pereira. pp. 34-75-88-96-95.
- Botero, R. & Russo R. (2002). *Utilización y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales*. San José de Costa Rica: Escuela De Agricultura De la Región Tropical Húmeda. pp. 4.
- Brown, T. J. (2010). *Introduction of the foundation of Magnolia Cemetery*. Obtenido de University of South Carolina: <https://www.sc.edu/uscpres/books/2010/3872x.pdf>
- Burdrige, P., Norgaard, R. & Hartshorn, G. (1990). *Pautas ambientales para los proyectos de reasentamiento en los trópicos húmedos*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma: Estudio FAO medio ambiente y energía 9. pp. 47.
- Cabrera, A. & García, E. (2006). *Identificación de microorganismos indicadores y determinación de puntos de contaminación en aguas superficiales provenientes del cementerio Jardines del recuerdo ubicado en el norte de Bogotá*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. pp. 28.

- Cañigüeral, J. (2015). *Capsula mundi, los nuevos ataúdes*. Recuperado el 20 de Abril de 2019 de <http://www.cienporciencurioso.com/capsula-mundi-los-nuevos-ataudes/>
- Castillo, A. M. (2013). *Dinámica de la construcción por usos, Localidad de Suba 2002-2012*. (U. A. Distrital, Productor) Recuperado el 23 de 10 de 2018, de <https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/16.pdf>
- Cementiri Comarcal Roques Blanques. (s.f.). Recuperado el 20 de Abril de 2019 de <https://www.parc-roquesblanques.com>
- Campobasso, C. P.; Marchetti, D. y Introna, F. (2004). *Postmortem artifacts made by ants and the effects of ant activity on decomposition rates*. London: Proceedings of the 2nd Meeting of the European Association for Forensic Entomology. 29-30.
- CAR. (2019). *Boletín Hidrológico*. No. 77.
- Carbo, A. & Vidal, O. (1978). *Marqueo de plantaciones*. Paginas divulgadoras Núm. 21/78 HD. Madrid: Ministerio de Agricultura. pp. 5.
- Clima. (2015). *Cementerio Bosque de Vida: ejemplo en prácticas ecológicas*. Medellín-Colombia.
- Corredor, F., & Moreno, Y. (2011). *Obtención del contenido de humedad en suelos finos, usando horno microondas sin reductor de calor empleando una potencia de 400W*. Bogotá: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería.
- Corporación Nacional Forestal. (2013). *Guía básica de buenas prácticas para plantación forestales de pequeños y medianos propietarios*. Ministerio de agricultura. Chile: Gobierno de Chile.
- Christi, I., Knicker, H., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R. (2000). *Chemical heterogeneity of humic sub- stances: Characterization of size fractions obtained by hollow-fibre ultrafiltration*. European journal of soil science, 51 (4). pp. 617-25.
- DANE. (s.f.) *Indicadores demográficos*. Departamento de Planeación Nacional.
- El Universal. (2016). *En Colombia, "ataúdes ecológicos" salvan centenares de árboles*.
- Espinoza, J. E. (2001). *Evaluación de impacto ambiental de un cementerio tipo parque ecológico*. Revista de investigación UNMSM. Vol. 4. Núm. 8. pp. 1.
- EPM. (2012). *Evaluación ambiental*. Recuperado el 20 de febrero de 2019 de: https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_5.pdf
- Florez, L. A. & Umaña, J. A. (2006). *Evaluación de la adaptación, comportamiento y efecto en la pradera de la Acacia Negra (Acacia decurrens), de la Acacia Japonesa (Acacia melanoxylon), y del Aliso (Alnus acuminata), como cerca viva en un sistema de producción de ganado de la leche en el trópico alto colombiano*. Trabajo de grado. Bogotá: Universidad De La Salle. pp. 52
- García, P. E. (2016). *Análisis de la putrefacción a través de la representación plástica del cuerpo-cadáver en la morgue*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Didáctica de la Expresión Plástica.
- Garrido, S. V. (1993). *Interpretación de análisis de suelos*. Hojas divulgadoras, Núm. 5. PP 23-24-33.
- Garzón, J., Rodríguez, J. & Hernández, C. (2017). *Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible*. Universidad y Salud, 19(2), 309-318.
- Galloway, A. & Snodgrass, J.J. (1998). *Biological and chemical hazards of forensic skeletal analysis*. Journal of Forensic Sciences 43. pp. 940-948.
- González, A. S., Gómez, J. G., García, I. G., & Chávez, A. M. (2007). *Riesgo de los líquidos criogenización. Técnica industrial* 268. pp. 33.
- González, C (2002). *Beneficios del arbolado humano*. Madrid: Consejo Superior de Investigación Científica.

- González, E., Severo, Y., Villegas, R., & Ybarra, N. (2005). *Nuevo cementerio en Río Grande-Primera parte*. Estructplan Constructora, Río Grande.
- Google Earth Pro. (2019). *Cementerio Jardines Del Recuerdo*. Recuperado el 12 de marzo de 2018, de googleearthpro.com
- Google Maps. (2019). *Cementerios de Bogotá*. Recuperado el 12 de marzo de 2018, de googlemaps.com
- Granda, C. M. (2013). *Primer cementerio ecológico del país está en Medellín*. El Tiempo.
- Huete, J. (2018). *Urnas biodegradables convertidas en árboles*. Innovaspain. Recuperado el 20 de Abril de 2019 de <https://www.innovaspain.com/urnas-biodegradables-arboles/>
- IDEAM. (2002). *Guía ambiental para sistemas de acueducto*. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005574/cartillas/sistemasacueducto/Sistemasacueducto4.pdf>
- IDEAM. (2012). *Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos*. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>
- I.G.A.C. (2000). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agrícola.
- I.G.A.C. (s.f.). *Guía de muestreo*. Recuperado el 10 de 03 de 2019, de <https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/guademuestreo.pdf>
- Intagro (2015). *Lixiviación de nitratos en agricultura*. Ciudad de México.
- Instituto de Estudios Urbanos. (2011). *Suelo de la Localidad de Suba, Bogotá*. Recuperado el 23 de 10 de 2018, de <https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0114-suelo/docs/cs11.pdf>
- INGEOMINAS (2011). *Las aguas subterráneas un enfoque práctico*. Universidad Nacional de Colombia. pp. 27, Cap. 1.
- Jardín Botánico José Celestino Mutis. (s.f.). *Manual de arborización para Bogotá*. pp. 3
- Lancheros, H. P. (2005). *Propuesta del Plan de Manejo Ambiental para el Parque Cementerio Jardines del Recuerdo Regional Bogotá*. Proyecto de grado. Bogotá: Universidad El Bosque. pp. 30-25-55.
- Martínez, E. H., Fuentes, J. P. & Acevedo, E. H. (2008). *Carbono Orgánico y propiedades del suelo*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. pp. 68-96.
- Minota Zea, Y. M. (2010). *Evaluación por contaminación en suelos aledaños a los Cementerios jardines de recuerdo e immaculada*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería. pp. 169-173.
- Mejía, G. S. & Ruiz, J. D. (2015). *Compostaje de mortalidad como alternativa para el manejo del cadáver y el residuo del equino en el Centro de Veterinaria y Zootecnia CES*. Medellín: Universidad CES. pp. 19 – 30.
- Montaño et. al. (2010). *Los microorganismos: pequeños gigantes*. Elementos, Ciencia y Cultura, 77, 15-23.
- Morales, L. N. (2018). *Utilización de árboles fijadores de nitrógeno Escallonia pendula y Alnus acuminata para la recuperación de suelos erosionados*. Trabajo de grado. Sogamoso: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. pp. 26 - 30
- Muñoz, J. Y., & Plazas, T. M. (2017). *Elaboración de un Modelo de Planeación Eco-sostenible para el Jardín Cementerio Serafín en el marco de los Procesos de Mitigación y Adaptación al cambio climático*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. pp. 10.
- Observatorio Ambiental de Bogotá (s.f). *Árboles por habitante*. Recuperado el 10 de abril de 2019, de <http://oab.ambientebogota.gov.co/esm/indicadores?id=49&v=1>

- Pacheco, A., & Rodriguez, L. (2003). Groundwater contamination from cemeteries cases of study. Porto: Universidade do Porto.
- Peluso, Vives, Varni, Cazena, González Castelain, & Usunoff. (2006). *Evaluación preventiva espacial del riesgo sanitario por la instalación de un cementerio parque*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Prov. de Buenos Aires, Comisión de Investigaciones Científicas, Azul.
- Peñaherrera, D. (2011). *Manejo integrado del cultivo del maíz de altura*. Quito: Módulo IV. Unidad 5. pp. 25.
- Pérez, J., & Casas, M. (2005). *Estudio de la interacción planta-Azospirillum en el cultivo caña de azúcar (Saccharum sp.)*. Cultivos tropicales, 26(4). pp. 13.
- Rashmi A.S., Vangara, N. & Sahithi, P. (2015). *Capsula Mundi: An Organic Burial Pod*. European Journal of Advances in Engineering and Technology, 2(8), pp. 49.
- Rodríguez, E. G. (2014). *Cambios en el contenido de carbono orgánico e índice de estabilidad estructural procedentes de varios usos de suelo de sistemas ganaderos y altitudes en la provincia del sumapaz*. Tesis de posgrado. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, L. F., Guimarães, V. F., Silva, M. B. D., Pinto Junior, A. S., Klein, J., & Da Costa, A. C. (2014). *Características agronómicas do trigo em função de Azospirillum brasilense, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 31-37. pp. 32.
- Sampieri, R. (2011). *Metodología de la investigación*. pp. 4-91.
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá. (s.f.). Principales funciones de la Secretaría Distrital de Ambiente. Recuperado el 18 de septiembre de 2018, de <http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/funciones>
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2015). *Descripción y contexto de las cuencas hídricas del Distrito Capital*. Recuperado el 23 de noviembre de 2018, de http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=698885eb-239e-4c23-89ca-99d18bef5865&groupId=586236
- Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. (2015). Cuencas Hidrográficas de Bogotá. Recuperado el 23 de Noviembre de 2018, de <http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Documentos%20Vigilancia%20en%20Salud%20Pblica%20Geografica1/Cartograf%3%ADa%20distrital%20por%20dimensiones/2015/Mapa.%20Cuencas%20hidrográficas%202015.pdf>
- Secretaria Distrital de Salud Bogotá. (2013). *Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano*. Acueducto Asoperabeca. Localidad de Sumapaz. pp. 15.
- Sidoli, O. C. (2006). *La contaminación producida por los cementerios*. Iusambiente. pp. 6
- Song, S. (2017). *Architecture of afterlife: Future cemetery in metropolis*. United States: Mānoa, Hawaii.
- Spongberg, A. L. & Becks, P. M. (1999). *Organic Contamination in Soils Associated with Cemeteries*. Department of geology. Toledo: University of Toledo.
- Steenhoudt, O., & Vanderleyden, J. (2000). *Azospirillum, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects*. FEMS microbiology reviews, 24(4). pp. 487–506.
- Tecnología del plástico. (2007). *Materias plásticas biodegradables de Cereplast para diversas aplicaciones*. Estados unidos.
- Tejedera, K. N. (2017). *Propuesta de implantación de un cementerio ecológico en el vertedero clausurado de la Vall d'en Joan (Parque Natural del Garraf)*. Proyecto de grado. España: Universidad Politécnica de Catalunya. pp. 10-20-25-49-50.
- Torres, J. G. (2017). *Interpretación de análisis de suelos*. Sistema Nacional de Aprendizaje.
- Üçisik, A., & Rushbrook, P. (1998). *The impact of cemeteries on the environment and public health*. World Health Organization.

Williamson, J. (2012). *Cambiando el pH del suelo*. Clemson University.

Zapata, R. (2004). *La química de la acidez del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.