

TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Propuesta de espacios ecológicos utilizando un sistema de cosecha de lluvia de los techos de los edificios en el Cementerio Metropolitano de Pavas, San José Costa Rica.

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADA EN INGENIERÍA
FORESTAL

Noily Sofía Mora Vega

María Fernanda Pereira Jiménez

Cartago, Costa Rica, 2018



TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Propuesta de espacios ecológicos utilizando un sistema de cosecha de lluvia de los techos de los edificios en el Cementerio Metropolitano de Pavas, San José Costa Rica.

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADA EN INGENIERÍA
FORESTAL

Noily Sofía Mora Vega

María Fernanda Pereira Jiménez

Cartago, Costa Rica, 2018

PROPUESTA DE ESPACIOS ECOLÓGICOS UTILIZANDO UN SISTEMA DE COSECHA DE LLUVIA DE LOS TECHOS DE LOS EDIFICIOS EN EL CEMENTERIO METROPOLITANO DE PAVAS, SAN JOSÉ COSTA RICA.

Sofía Mora Vega ¹

María Fernanda Pereira Jiménez ²

Resumen

Los espacios verdes son considerados los pulmones de las ciudades, permiten mantener la relación entre los habitantes y la naturaleza mientras mejoran la salud de la población a través de la purificación del aire. Estos colaboran a que el manto acuífero mantenga la humedad del suelo y sirven de enlace entre el medio ambiente y los habitantes. Las áreas verdes crecen en importancia, mientras que son considerados un factor importante en la salud y el bienestar del habitante urbano.

La propuesta consiste en convertir al Parque Cementerio Metropolitano en un pulmón de Pavas para optimizar el espacio y honrar la memoria de los seres queridos, a la vez que se protege al medio ambiente a través de un sistema de riego en cual se analiza la alternativa de cosecha de lluvia de los techos como fuente permanente de agua para efectuar el riego durante la época seca.

Este trabajo consta de dos apartados de los cuales, el primero introduce sobre el diseño de parque ecológico en las áreas verdes del Cementerio Metropolitano donde se realizará la creación de islas con diferentes especies y elementos que muestren un sitio armónico donde exprese su belleza paisajística. El segundo apartado aborda el tema de diseño de un sistema de riego que utilice agua de lluvia captada como fuente permanente. Se estima que durante la época lluviosa que va de abril a noviembre, se puede captar y almacenar aproximadamente 1 100 m³ de agua.

Abstract

Green spaces are considered the lungs of cities, they allow to maintain the relationship between the inhabitants and nature while improving population's health through air purification. They collaborate so that the aquifer mantle maintains the humidity of the soil and serves as a link between environment and population. Green areas grow in importance, since they are considered a significant factor in the health and well-being of the urban inhabitant.

The proposal consists of converting the Metropolitan Cemetery Park into a lung of Pavas to optimize the space and honor the memory of the loved ones, while environment is protected through an irrigation system in which the alternative of harvesting rain from roofs is analyzed as a permanent source of water for irrigation during the dry season.

This work consists of two sections, of which the first introduces the design of an ecological park in the green areas of the CampoSanto in the Metropolitan Cemetery where the creation of islands with different species (arboreal, ornamental) show a harmonious site expressing its scenic beauty. The second section addresses the design of an irrigation system that uses rainwater collected as a permanent source. In the analysis carried out, it is estimated that during the rainy season from April to November, approximately 1.100 m³ of water could be caught and stored.

Keywords: Landscaping design, cemetery, ecological park, urban forestry, sustainable development.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por el M.Sc. Mario Guevara Bonilla, Licda Mileidy Jiménez Matamoros y el PhD Edwin Antonio Esquivel Segura, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Tecnológico de Costa Rica.



MSc. Mario Guevara Bonilla
Tecnológico de Costa Rica
Director de Tesis



MSc. Dorian Carvajal Vanegas
Tecnológico de Costa Rica
Coordinador de Trabajos
Finales de Graduación



Licda. Mileidy Jiménez Matamoros
Gerencia de Desarrollo Social
Junta de Protección Social
Lectora de Tesis



PhD. Edwin Antonio Esquivel Segura
Tecnológico de Costa Rica
Lector de Tesis



Noily Sofía Mora Vega
Estudiante



María Fernanda Pereira Jiménez
Estudiante

Dedicatoria

Fernanda Pereira:

Dedico este logro a mi familia por brindarme su apoyo durante este recorrido, en especial a mis hermanas, sobrino, mi madre Xinia Jiménez, y mi padre Carlos Pereira que han sido mis guías.

A las personas que conocí durante este transcurso de conclusión de la carrera.

Les agradezco su apoyo durante la culminación de este ciclo.

Sofía Mora:

Dedico este trabajo a mis padres y hermano que me han brindado su apoyo incondicional en esta etapa importante en mi vida.

A mi familia siendo el soporte necesario para mí desarrollo.

A mis amigos por el apoyo en cada aventura que decido emprender.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por permitirnos llevar a cabo este trabajo.

A nuestros familiares y amigos que nos apoyaron.

Al TEC y a la Escuela de Ingeniería Forestal por darnos la oportunidad académica.

A los profesores que forman parte de nuestra formación personal y profesional.

A los profesores Mario Guevara y a Edwin Esquivel por sus motivaciones y acompañarnos en esta etapa.

A la Junta de Protección Social por facilitarnos información, apoyo, y estadía en sus instalaciones para realizar el proyecto final de graduación.

Al equipo asesor de la JPS que nos acompañó en el proceso: Flory, Mileidy, Luis, colaboradores de los departamentos, Planificación institucional, Gerencia de desarrollo social y administración de Cementerios, porque con cada uno de ellos aprendimos lo necesario para llevar a cabo el trabajo.

Al Instituto Meteorológico Nacional por facilitar la información necesaria para realizar el estudio.

Índice general	
Resumen.....	i
Abstract.....	ii
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Índice general.....	vi
Índice de cuadros.....	viii
Índice de figuras.....	viii
Introducción General	1
Objetivo general	2
• Realizar el diseño de un espacio ecológico en el Cementerio Metropolitano de Pavas, utilizando un sistema de cosecha de agua de lluvia.....	2
• Objetivos específicos	2
DISEÑO DE ESPACIOS ECOLÓGICOS PARA EL PARQUE DEL CEMENTERIO METROPOLITANO, PAVAS, SAN JOSÉ, COSTA RICA.....	3
Sofía Mora Vega ¹	3
Resumen	3
Abstract	4
Introducción.....	5
Materiales y Métodos	7
Área de estudio.....	7
Categorización del sitio	8
Selección de especies	9
Diseño de siembra	9

Resultados	10
Categorización del sitio	10
Selección de especies	15
Diseño de siembra	18
Discusión	19
Categorización del sitio	19
Selección de especies	20
Diseño de siembra	21
Conclusiones	22
Referencias	23
DISEÑO DE SISTEMA DE COSECHA LLUVIA PARA RIEGO DE ESPACIOS VERDES EN EL CEMENTERIO METROPOLITANO DE PAVAS, COSTA RICA. ...	27
Resumen	27
Abstract	28
Introducción	29
Materiales y Métodos	30
Área de estudio.....	30
Datos climáticos locales y cosecha de lluvia.....	31
Almacenamiento y distribución del sistema de riego	35
Resultados y Discusión	35
Datos climáticos locales y cosecha de lluvia.....	35
Almacenamiento y distribución del sistema de riego	41
Referencias	44

Índice de cuadros

Cuadro 1. Lista de especies y número de individuos por especies del CampoSanto Metropolitano.	11
Cuadro 2. Cantidad de especies según su estado fitosanitario CampoSanto Metropolitano.	12
Cuadro 3. Lista de selección de especies que se utilizaran en la remodelación de las áreas verdes del cementerio.	16
Cuadro 4. Balance hídrico mediante el método de Thornthwaite para datos de temperatura promedio del año 2016, en la localidad de Pavas San José, Costa Rica. (09°57'23,53" N, 84°08'16,8" O).	40

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio del Parque Cementerio Metropolitano, Pavas, San José, Costa Rica.	8
Figura 2. Daño fitosanitario en la corteza del fuste por el coleóptero <i>Apate monachus</i> en la especie de la <i>Casuarina equisetifolia</i> (casuarina).	13
Figura 3. Distribución de árboles a cortar según su condición fitosanitaria (enfermos) en el Cementerio Metropolitano.	14
Figura 4. Diseño de muestreo de los sitios óptimos para el establecimiento de las islas en tres etapas de elaboración CampoSanto Cementerio Metropolitano.	18
Figura 5. Croquis de distribución de especies arbóreas y ornamentales en las islas en el Cementerio Metropolitano.	22
Figura 6. Ubicación geográfica del área de estudio del Parque Cementerio Metropolitano, Pavas, San José, Costa Rica.	31

Figura 7. Porcentaje mensual de precipitación en Pavas, Costa Rica.	36
Figura 8. Ubicación de los edificios de captación en el cementerio Metropolitano de Pavas, Costa Rica.....	37
Figura 9. Edificios principales de cementerio Metropolitano de Pavas.	37
Figura 10. Precipitación promedio mensual y oferta de agua al mes en Pavas, Costa Rica.....	38
Figura 11. Comportamiento de la oferta de agua de lluvia en el periodo de 1996-2016 Pavas, Costa Rica.....	39
Figura 12. Comportamiento de la evapotranspiración para los datos promedio durante el periodo 2016.	40
Figura 13. Distribución del sistema de riego en el Cementerio Metropolitano de Pavas	42
Figura 14. Esquema de cosecha de lluvia para riego.....	43

Introducción General

En todas las formas de organización social la concepción de la imagen y del ritual de la muerte siempre estuvo asociada a la jerarquía del individuo en la comunidad y, a la pertenencia a un sistema de creencias, o prácticas religiosas (Carballo & Batalla, 2015). Es por esto que nace la necesidad de la creación de los cementerios y que por la diversidad de cultos se desea hacer una unificación de un sitio idóneo y no ligado con la religión específica para dar el último adiós a un ser querido.

El concepto de calidad de vida, a través de un goce de la naturaleza y la introducción del factor verde como atractivo para la generación de nuevas formas urbanas fue llamada “cultura de la clorofila” (Cabrales, 2005). Por eso la idea de creación de los cementerios como jardines o parques donde se muestre la belleza escénica del sitio de una forma armónica y agradable para los visitantes cobra importancia cada vez más.

El parque ecológico consiste en crear un lugar que invite a visitarlo, caminar y permanecer en él, no solo en momentos de sufrimiento sino de relajación y esparcimiento, donde se muestra una nueva imagen al CampoSanto exponiendo un paisajismo urbano moderno y de enriquecimiento tanto de la flora como fauna del sitio, utilizando especies tanto arbóreas y ornamentales para así garantizar la belleza escénica del lugar, sin perder el recogimiento apropiado para el lugar.

El interés de la Junta de Protección Social por proyectos de aprovechamiento sostenible de los recursos crea la posibilidad de realizar este estudio que permite conocer la factibilidad de cosechar agua de lluvia dentro de sus instalaciones para posteriormente utilizarla en el riego de las zonas verdes. La importancia de utilizar agua llovida trasciende más allá de la cantidad de agua a cosechar, permite disminuir las escorrentías de los techos en periodos de fuertes lluvias disminuyendo así las inundaciones en las ciudades.

Objetivo general

- Realizar el diseño de un espacio ecológico en el Cementerio Metropolitano de Pavas, utilizando un sistema de cosecha de agua de lluvia.
- Objetivos específicos
- Diseñar espacios ecológicos para el Parque del Cementerio Metropolitano, Pavas, Costa Rica.
- Analizar la cosecha de lluvia como fuente principal de abastecimiento en zonas verdes del Cementerio Metropolitano de Pavas durante la época seca.

DISEÑO DE ESPACIOS ECOLÓGICOS PARA EL PARQUE DEL CEMENTERIO METROPOLITANO, PAVAS, SAN JOSÉ, COSTA RICA.

Sofía Mora Vega¹

Resumen

La nueva silvicultura urbana implica una planificación adecuada de sitios donde las especies forestales cumplen múltiples funciones y minimizan los riesgos que ellas pudieran tener en el futuro. En el Parque Ecológico del Cementerio Metropolitano, se efectuó un censo de los árboles presentes se les evaluó la condición fitosanitaria de las especies, dando como resultado que los 480 individuos que se identificaron pertenecen a 18 especies. La especie que presenta mayor afectación es la *Casuarina equisetifolia* L., la cual se ve dañada en la corteza por un coleóptero el *Apate monachus*, el cual provoca perforaciones y exudaciones. Es así como para fomentar la conservación del lugar principalmente con especies nativas se diseñó la siembra de pequeñas islas con un distanciamiento de cada 4 metros, la altura de las especies que se recomendó es máximo de 15 metros en las áreas alejadas de los edificios y para el área que está cercana al Aeropuerto establecer especies de 2 metros de altura para así no afectar el tráfico aéreo, pero siempre manteniendo el orden de la creación de cada isla y dando armonía al sitio permitiendo a los visitantes un espacio de recogimiento que les permita sobrellevar la pena sufrida de mejor manera.

Palabras claves: Diseño paisajístico, *Apate monachus*, parque ecológico, silvicultura urbana.

Abstract

The new urban forestry implies adequate planning of sites where forest species fulfill multiple functions and minimize the risks they may have in the future. In the Ecological Park of the Metropolitan Cemetery, a census of the present trees was carried out. The phytosanitary condition of the species was evaluated, resulting in the 480 individuals that were identified belonging to 18 species. *Casuarina equisetifolia* L., which is damaged in the bark by a coleoptera, *Apate monachus*, causes perforations and exudations. Thus, to promote the conservation of the place mainly with native species, the planting of small islands was designed with a distance of every 4 meters, the height of the recommended species is maximum of 15 meters in the areas far from the buildings and for the area that is close to the airport to establish species of 2 meters high so as not to affect air traffic, but always maintaining the order of creation of each island and giving harmony to the site allowing visitors a space of meditation that allows them to cope the pain suffered in the best way.

Keywords: Landscaping design, *Apate monachus*, ecological park, urban forestry.

Introducción

El arbolado urbano puede proporcionar a la sociedad y al medio una mayor belleza paisajística. Estos incluyen numerosos bienes físicos, biológicos, sociales y económicos, como son mejor microclima y calidad del aire, reducir los niveles de ruido, suministrar el hábitat para la fauna silvestre (Heisler *et al.*, 1995) y mejorar la salud física y mental de la población, mientras que, el bosque urbano proporciona mayor desarrollo económico (González, 2002).

La construcción de lugares verdes en la ciudad, promueve armonía y relación de los seres vivos que comparten en el espacio. Por ello, es importante ubicar y crear espacios verdes en zonas altamente urbanizadas para así poder garantizar la conectividad ecológica. “Dado que, el uso de flora en los diseños de zonas verdes se ha distinguido por una necesidad relacionada con la caracterización de los cambios climáticos en el planeta, con la intención de mejorar la calidad de vida de los seres vivos”. (Castillo y Ferro 2015).

El desafío es establecer modelos para la planificación de espacios ecológicos, tomando en cuenta el desarrollo urbanístico para el establecimiento y mantenimiento de las áreas verdes donde es necesario mejorar la selección de especies (arbóreas, ornamentales) y de sitios, que garanticen el futuro de esos espacios que se crean para satisfacer las necesidades ambientales de la ciudad (Carrieri, Codina, Manzano, Videla, Vespa, Kocsis, Fioretti, 2009).

Las zonas verdes permiten la recreación y a su vez la relajación en áreas como son los jardines, plazas y parques; por lo que es necesaria la estructuración de cada uno de esos espacios a partir de las necesidades de los habitantes y del ambiente. Algunas de las tendencias ecológicas han incrementado el desarrollo urbanístico verde del país, por los grandes beneficios con la naturaleza, donde las edificaciones están siendo modificadas desde su perspectiva no solo de material, concreto o cemento, sino también de su impacto ambiental, por motivo de que el ser humano ha

ido cambiando su visión, convirtiéndose en ciudades más sostenibles (Thomson, 1998).

El lugar que ocupan los cementerios en el paisaje de espacios verdes debe ser de armonía, oración y respeto por los seres que se encuentran ahí, permitiendo a los familiares propiciar un sitio de confort y tranquilidad para esas personas que no están con ellos, esto se da principalmente en los cementerios, que incluyen las palabras «parque» y «jardín» en sus nombres y que han sido diseñados para estos fines (Cueto & Piovani, 2016).

Referente a lo anterior es importante poner en práctica los procesos de arboricultura que favorece el desarrollo ambiental y el manejo especies arbóreas que se plantan. Y a su vez embellecer un lugar como un cementerio u otros espacios públicos o privados, con el fin de ayudar a la ecología y los estilos de vivencia de una ciudad, ya que a través de la historia se ha explicado que las zonas verdes contribuyen a un mejoramiento de la calidad de vida, disminuye la cantidad de estrés de las personas, y mejora su salud; con ello contribuye a una mayor sensibilización con la naturaleza. “El diseño de espacios ecológicos está mayormente relacionado a lo determinado por espacios públicos como lo son plazas y parques donde son áreas comúnmente para la recreación son de gran impacto” (Gómez & Mesa, 2015).

Del plan estratégico institucional 2015-2020 de la Junta de Protección Social (JPS) nace la necesidad de aumentar las áreas verdes. Es así como en el Parque Cementerio Metropolitano administrado la JPS se denota la falta de espacios ecológicos que brinden un ambiente más fresco, agradable para los visitantes con mayor belleza escénica y así poder permitir un tiempo de recogimiento y mayor bienestar a los familiares ante la pérdida de un ser querido y que a su vez pueda atraer más clientes que mejoren los costos administrativos del lugar.

Este trabajo tiene como objetivo general, diseñar espacios ecológicos para el Parque del Cementerio Metropolitano, Pavas, Costa Rica. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

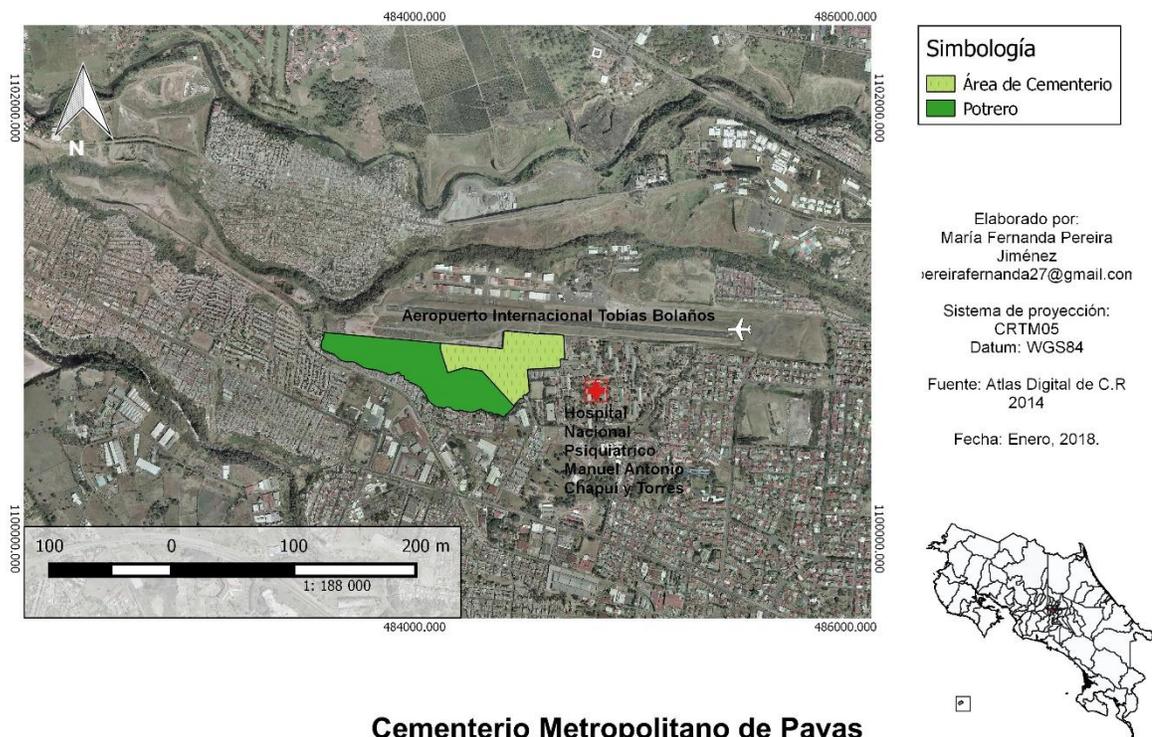
1. Identificar las áreas aptas para la creación de espacios ecológicos.
2. Realizar la selección de especies vegetales aptas para el sitio.
3. Diseñar el arreglo espacial de siembra en los sitios óptimos para las especies de vegetación recomendadas.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el Parque del Cementerio Metropolitano en Pavas, distrito número nueve de Pavas, en la provincia de San José, Costa Rica. El sitio colinda con el Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños Palma y con el Hospital Nacional Psiquiátrico Manuel Antonio Chapuí Torres. Sus coordenadas geográficas son: Latitud 9°57'00" N y Longitud 84°08'00" O.

Este CampoSanto tiene una extensión de 32 hectáreas, de las cuales 17 son ocupadas por área de fosas, infraestructura y área disponible para una futura expansión. Las 15 hectáreas restantes son áreas de potrero ocupadas actualmente por la Policía montada de la Municipalidad de San José (figura 1). El sitio registra una temperatura promedio de 27 °C, una precipitación de 1100 mm y tiene una altitud de 1002 msnm (IMN, 2017).



Cementerio Metropolitano de Pavas

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio del Parque Cementerio Metropolitano, Pavas, San José, Costa Rica.

Categorización del sitio

Mediante un sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) y un sistema de información geográfica (SIG) se identificaron las áreas potenciales para el diseño de espacios ecológicos dentro del área del Cementerio. Se censaron todos los árboles en la propiedad, a cada individuo se le midió el diámetro en centímetros con cinta diamétrica a 1,3 metros de altura, se ubicó espacialmente y se evaluó su condición fitosanitaria de acuerdo a las siguientes categorías (Murillo y Badilla 2010).

- Totalmente sano: sin evidencia de problemas fitosanitarios y con buena nutrición aparente.

- b) Aceptablemente sano: con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no se presente en más de un 50%.
- c) Árbol enfermo: con problemas fitosanitarios, más del 50% del fuste presenta el problema.

Selección de especies

La selección de especies se hizo por medio de los criterios de estructura vertical, forma de copa, floración y frutos atractivos. Para que sean agradables para la fauna y los visitantes del cementerio dando así un paisaje más armónico y espiritual. En cada espacio se eligieron las especies que mejor se adapten en el sitio. Para la selección se contempló la altura máxima de las especies que se pueden establecer de conformidad con la Ley General de Aviación Civil N° 5150 de 14 mayo de 1973, la cual establece que:

Artículo 96.- Las construcciones e instalaciones de los terrenos adyacentes o inmediatos a los aeródromos y aeropuertos, dentro de las zonas de protección y seguridad de éstos, estarán sujetas a las restricciones que señalen los reglamentos respectivos y a la que con fines de seguridad dicte la Dirección General de Aviación Civil. Costa Rica, 2013.”

Cabe destacar que se realizará un estudio de alturas como lo indica la Ley General de Aviación Civil N° 5150 para otorgar el permiso de alturas establecido para las especies que se desean plantar cerca de la tapia del aeropuerto.

Diseño de siembra

Se realizó un diseño espacial de siembra el cual contempló en las áreas libres el establecimiento plantas y arbustos y donde es necesario sustituir los árboles ya establecidos que se requieren hacer una reposición de la especie que presentan

daños fitosanitarios. Los sitios óptimos para poder crear son las áreas desocupadas y en los taludes ya que por motivos de trabajos de exhumación e inhumación.

Resultados

Categorización del sitio

En el cuadro 1 se muestra la lista de especies que se encuentran actualmente en el CampoSanto y la cantidad que hay de cada especie. El número total de árboles censados fueron de 480 individuos para un total de 18 especies, de las cuales predominaron *Casuarina equisetifolia* (casuarina) con 211 individuos, *Cupressus lusitánica* (ciprés) 151 individuos y *Delonix regia* (malinche) con 40 individuos y las otras especies están en un rango entre 1 y 4 individuos.

Otras especies importantes son *Anacardium occidentale* L., *Cojoba arborea* (L.) y *Syzygium malaccense* (L.) que brindan alimento a fauna, que poseen una floración llamativa, *Jacaranda mimosifolia*, *Tabebuia ochraceay* y *Tabebuia rosea* que presentan follaje todo el año por lo que su sombra es permanente *Cedrella tonduzii* C. y *Persea schiedeana*

Se encontró que las especies frecuentemente presentaban daños fitosanitarios en el cuadro 2 se muestra la incidencia de la afectación que se determinó mediante la realización de un censo siguiendo la metodología (Murillo y Badilla 2010), donde se muestra que 7 especies están completamente sanas por otra parte las especies con mayor afectación es *Cupressus lusitanica* Mill. (ciprés) que presenta un número de 92 individuos enfermos con más del 50% del árbol dañado, la especie *Casuarina equisetifolia* L (Casuarina) tiene un número de 62 individuos enfermos con más del 50% del árbol afectado.

Cuadro 1. Lista de especies y número de individuos por especies del CampoSanto Metropolitano.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Árboles (n)	Categoría
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Marañón	1	Nativa
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Manguifera indica</i> L.	Mango	3	Exótica
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda	5	Naturalizada
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Llama del bosque	3	Naturalizada
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Cortés amarillo	4	Nativa
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble sabana	16	Exótica
<i>Casuarinaceae</i>	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarina	211	Exótica
<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Ciprés	151	Exótica
<i>Fabaceae/Caes.</i>	<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Malinche	40	Exótica
<i>Fabaceae/Mim.</i>	<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	Lorito	26	Exótica
<i>Lauraceae</i>	<i>Persea schiedeana</i> Ness	Aguacate	4	Exótica
<i>Meliaceae</i>	<i>Cedrella tonduzii</i> C. DC.	Cedro amargo	2	Exótica
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus benjamina</i> L.	Laurel de la india	1	Exótica
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus</i> sp	Higuerón	4	Exótica
<i>Myrtaceae</i>	<i>Callistemon viminalis</i>	Hisopo	2	Exótica
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	2	Exótica
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	2	Nativa
<i>Myrtaceae</i>	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & I. M. Perry	Manzana agua	3	Exótica
Total general			480	

Cuadro 2. Cantidad de especies según su estado fitosanitario CampoSanto Metropolitano.

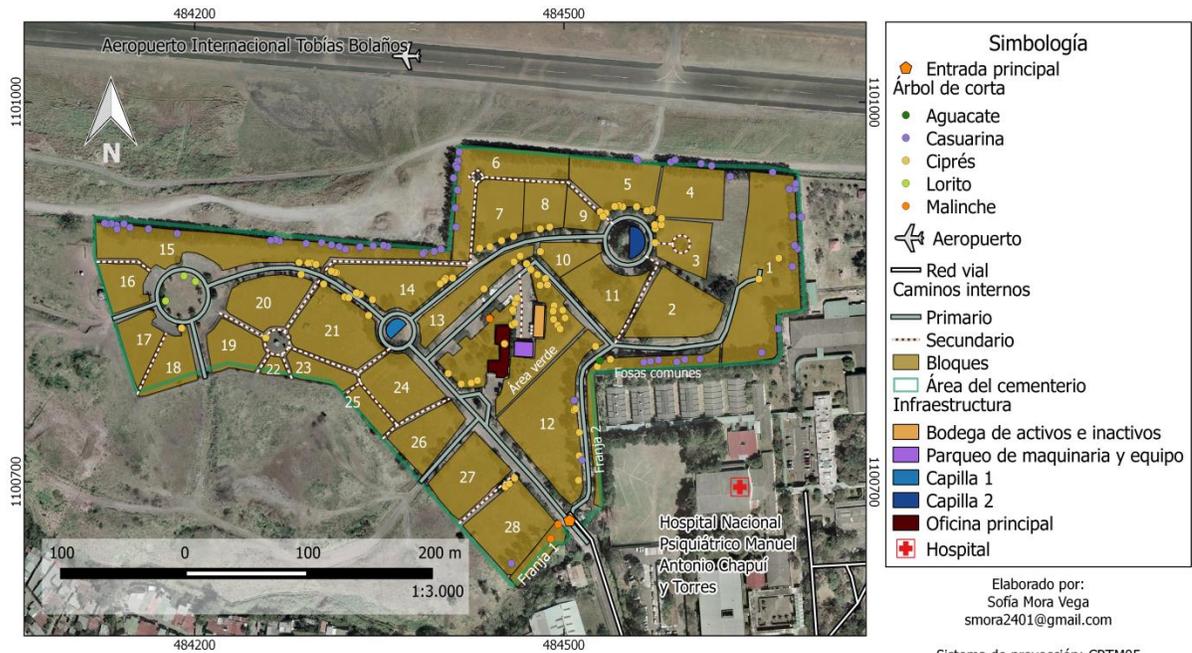
Familia	Nombre científico	Nombre común	Totalmente sano	Aceptable mente sano -50%	Árbol enfermo +50%
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Marañón	1		
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Manguifera indica</i> L.	Mango	3		
	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.				
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Don</i>	Jacaranda	5		
	<i>Spathodea campanulata</i> P.	Llama del			
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Beauv.</i>	bosque	2		1
	<i>Tabebuia ochracea</i>				
<i>Bignoniaceae</i>	(<i>Cham.</i>) Standl.	Cortés amarillo	4		
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.)				
<i>Bignoniaceae</i>	<i>DC.</i>	Roble sabana	15	1	
<i>Casuarinaceae</i>	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarina	112	37	62
<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Ciprés	28	31	92
<i>Fabaceae/Caes.</i>	<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Malinche	31	5	4
	<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton				
<i>Fabaceae/Mim.</i>	& Rose	Lorito	19	4	3
<i>Lauraceae</i>	<i>Persea schiedeana</i> Ness	Aguacate	2	1	1
<i>Meliaceae</i>	<i>Cedrella tonduzii</i> C. DC.	Cedro amargo	1	1	
		Laurel de la			
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus benjamina</i> L.	india			1
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus sp</i>	Higuerón	3	1	
<i>Myrtaceae</i>	<i>Callistemon viminalis</i>	Hisopo	2		
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	2		
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	2		
	<i>Syzygium malaccense</i> (L.)				
<i>Myrtaceae</i>	Merr. & I. M. Perry	Manzana agua	2	1	
Total general			234	82	164

Las lesiones que presenta el árbol *C. equisetifolia* (figura 2) son daños que se encuentran a diferentes alturas del fuste grandes perforaciones hechas por el coleóptero *Apate monachus*, provocando exudaciones y un olor desagradable (González, 2017), siendo un riesgo ya que podría provocar la caída de alguno de estos árboles pues debilita el fuste del mismo, además es la especie que presenta mayor número de individuos distribuida por en el sitio el cual por sus afecciones puede ocasionar un peligro para los visitantes así como para las instalaciones.



Figura 2. Daño fitosanitario en la corteza del fuste por el coleóptero *Apate monachus* en la especie de la *Casuarina equisetifolia* (casuarina).

A continuación, en la figura 3 se muestran los árboles que se recomiendan cortar ya que muestran daños fitosanitarios severos en el fuste y ramas muy gruesas y son un riesgo para los visitantes debido a que en la zona hay fuertes vientos y es un sitio con constante visitantes.



Cementerio Metropolitano de Pavas.

Figura 3. Distribución de árboles a cortar según su condición fitosanitaria (enfermos) en el Cementerio Metropolitano.

Los árboles que se cortan serán utilizados para leña, para realizar bancas rústicas y como maceteros donde se le incorporen diferentes plantas para así aprovechar el recurso y embellecer el lugar.

Los árboles que continúan en el cementerio se les realizarán tratamientos silviculturales como podas de ramas gruesas, liberación (raleos) y eliminación de bejucos para ayudar con la forma y estructura de copa para así garantizar la permanencia unos años más a los árboles mientras se incorporan las nuevas especies del diseño paisajístico.

Selección de especies

La selección de las especies que se desean establecer tanto arbóreas como ornamentales deben cumplir con características deseadas para el establecimiento tales como composición florística atractiva durante todo el año, porte medio de altura y ramificaciones, fructificación atractivo para enriquecimiento de la fauna y la diversidad del sitio que fomenten la conectividad con otras áreas verdes dentro del GAM. También plantas con bajos requerimientos hídricos, especies resistentes a plagas, enfermedades y por último especies que sean tolerantes a la exposición solar ya que el sitio presenta acción directa de los rayos solares, siendo necesario ubicar las diferentes especies en función de mayores o menores necesidades de luz y sol.

Para el diseño de siembra de estable un distanciamiento de cada 4 metros esto debido a la restricción de acceso de la maquinaria para realizar obras de exhumación e inhumación y una altura de las especies que se máximo de 15 metros en las áreas alejadas de los edificios y cerca de la tapia que es colindante con el aeropuerto de 2 metros de altura para las especies que se establezcan, pero siempre manteniendo el orden de la creación de cada isla y proporcionando armonía al sitio.

A continuación, se describe en el siguiente cuadro 3 propuesta de selección de las especies correspondientes para el diseño paisajístico en Cementerio Metropolitano.

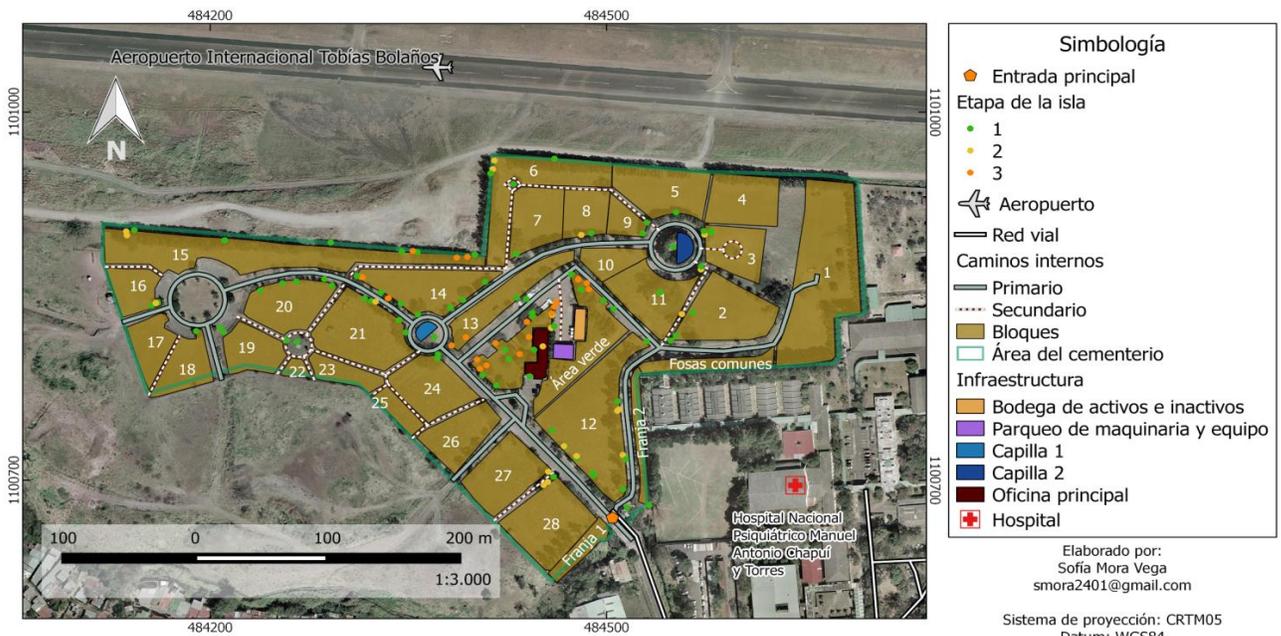
Cuadro 3. Lista de selección de especies que se utilizaran en la remodelación de las áreas verdes del cementerio.

Clasificación	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Características
Flores	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Exótica	Floración
Flores	Fabaceae/Pap.	<i>Diphysa americana (Mill.) M. Sousa</i>	Guachipelín	Nativa	Floración
Flores	Fabaceae/Caes.	<i>Bauhinia purpurea L.</i>	Casco de venado	Exótica	Floración
Flores	Euphorbiaceae	<i>Croton draco Cham. & Schltld.</i>	Targuá	Nativa	Floración
Flores	Cordiaceae	<i>Cordia collococa L.</i>	Muñeco	Nativa	Floración
Flores	Verbenaceae	<i>Duranta Erecta</i>	Garbancillo	Nativa	Floración
Flores	Magnoliaceae	<i>Magnolia poasana (Pittier) Dandy.</i>	Candelillo	Nativa	Floración
Flores	Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica L.</i>	Jupiter	Exótica	Floración
Flores	Bignoniaceae	<i>Tabebuia ochracea (Cham.) Standl.</i>	Cortez amarillo	Nativa	Floración
Frutos	Clusiaceae	<i>Garcinia intermedia (Pittier) Hammel.</i>	Jorco	Nativa	Frutos
Frutos	Primulaceae	<i>Ardisia revoluta kunth.</i>	Tucuico	Nativa	Frutos
Frutos	Meliaceae	<i>Trichilia havanencis Jacq.</i>	Uruca	Nativa	Frutos
Frutos	Myrtaceae	<i>Syzygium paniculatum</i>	Liliana	Exótica	Frutos
Follaje atractivo	Fabaceae/Pap.	<i>Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.</i>	Guanacaste	Nativa	Follaje
Follaje atractivo	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca DC.</i>	Aceituno	Nativa	Follaje
Follaje atractivo	Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius L.</i>	Pirul	Exótica	Follaje
Follaje atractivo	Fabaceae/Pap.	<i>Erythrina fusca Lour</i>	Poro	Nativa	Follaje
Follaje atractivo	Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria L.</i>	Jaboncillo/Chumico	Nativa	Follaje
Frutales	Myrtaceae	<i>Psidium friedrichsthalianum (O. Berg) Nied</i>	Cas	Nativa	Frutos
Frutales	Myrtaceae	<i>Eugenia stipitata</i>	Arazá	Nativa	Frutos
Frutales	Rutaceae	<i>Citrus limettioides</i>	Limón dulce	Exótica	Frutos
Frutales	Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	mandarina	Exótica	Frutos
Frutales	Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica (Thunb.) Lindl</i>	níspero	Exótica	Frutos
Frutales	Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	güisaro	Nativa	Frutos
Frutales	Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i>	guayabita del Perú	Exótica	Frutos
Frutales	Fabaceae/Mim.	<i>Inga spectabilis (Vahl) Willd</i>	guaba	Nativa	Frutos
Frutales	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito L.</i>	caimito	Nativa	Frutos
Ornamentales	Acanthaceae	<i>Pachystachys lutea</i>	camarón amarillo	Exótica	Floración

Clasificación	Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Características
Ornamentales	<i>Rubiaceae</i>	<i>Mussaenda philippica</i>	aurora / musa	Exótica	Floración
Ornamentales	<i>Acanthaceae</i>	<i>Justicia brandegeana</i>	camarón rojo	Nativa	Floración
Ornamentales	<i>Fabaceae</i>	<i>Senna papilosa (Britton & Rose) H. S. Irwin & Barneby</i>	candilillo	Nativa	Floración
Ornamentales	<i>Acanthaceae</i>	<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>	pavoncillo rojo	Exótica	Floración
Ornamentales	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Acalypha hispida</i>	rabo de gato	Nativa	Floración
Ornamentales	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Codiaeum variegatum</i>	croto	Exótica	Floración
Ornamentales	<i>Acanthaceae</i>	<i>Justicia aurea</i>	pavón amarillo	Nativa	Floración
Ornamentales	<i>Fabaceae/Caes.</i>	<i>Senna reticulata</i>	saragundí	Nativa	Floración
Ornamentales	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tecoma stans (L.) C. Juss. ex Kunth</i>	vainillo / candelillo	Nativa	Floración
Ornamentales	<i>Lythraceae</i>	<i>Lagaerstroemia indica</i>	Júpiter	Exótica	Floración
Ornamentales	<i>Dracaenaceae</i>	<i>Dracaena fragrans</i>	caña india	Exótica	Follaje
Ornamentales	<i>Acanthaceae</i>	<i>Aphelandra squarrosa</i>	camarón	Exótica	Follaje
Ornamentales	<i>Araliaceae</i>	<i>Schefflera arboricola</i>	cheflera	Nativa	Follaje
Ornamentales	<i>Dracaenaceae</i>	<i>Dracaena marginata</i>	dracaena	Exótica	Follaje
Ornamentales	<i>Dracaenaceae</i>	<i>Dracaena godseffiana</i>	juanita	Exótica	Follaje
Ornamentales	<i>Oleaceae</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>	olivo	Exótica	Follaje
Heliconias	<i>Strelitziaceae</i>	<i>Strelitzia reginae</i>	ave del paraíso	Exótica	Floración
Heliconias	<i>Heliconiaceae</i>	<i>Heliconia psittacorum</i>	avecilla	Exótica	Floración
Heliconias	<i>Zingiberaceae</i>	<i>Etlingera elatior</i>	bastón de emperador	Exótica	Floración
Heliconias	<i>Zingiberaceae</i>	<i>Alpinia purpurata</i>	ginger	Exótica	Floración
Palmeras	<i>Arecaceae</i>	<i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	palmera botella	Exótica	Follaje
Palmeras	<i>Arecaceae</i>	<i>Adonidia merrilli</i>	palmera navideña	Nativa	Follaje
	<i>Cyclathaceae</i>	<i>Carludovica palmata</i>	estococa	Nativa	Follaje
Palmeras	<i>Arecaceae</i>	<i>Licuala grandis</i>	licuala	Exótica	Follaje
Enredaderas	<i>Polemoniaceae</i>	<i>Cobaea scandens</i>	campánula	Exótica	Floración
Enredaderas	<i>Acanthaceae</i>	<i>Thunbergia grandiflora</i>	emperatriz	Exótica	Floración
Enredaderas	<i>Araliaceae</i>	<i>Hedera helix</i>	hiedra	Exótica	Follaje
Enredaderas	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Pyrostegia venusta</i>	Triquitraque	Exótica	Floración
	<i>Nyctaginaceae</i>	<i>Bougainvillea glabra</i>	Veraneras	Exótica	Floración

Diseño de siembra

Establecer pequeñas islas en el cada sitio óptimo a distancias mínimas de 4 metros de un árbol a otro de igual forma creación de las islas para así no obstruir el paso de la maquinaria y según la morfología de las especies que se desean establecer, formando espacios ecológicos siguiendo un patrón con una secuencia de repeticiones para así lograr la armonía del sitio y dar un manejo más adecuado de las zonas que se desean implementar.



Cementerio Metropolitano de Pavas.

Figura 4. Diseño de muestreo de los sitios óptimos para el establecimiento de las islas en tres etapas de elaboración CampoSanto Cementerio Metropolitano.

Las zonas seleccionadas para el diseño paisajismo fueron 92 en total las cuales se dividen en 3 etapas para su elaboración, en la primera etapa se van a desarrollar 49

islas la cual es la que marca el patrón para el crecimiento del diseño, en la segunda 21 islas y la tercera etapa 22 islas para así concluir con la creación del diseño y llegar a la madurez en los espacios ecológicos y alcanzar los objetivos deseados.

Discusión

Categorización del sitio

La siembra de especies arbóreas sin criterios que permitan armonizar los requerimientos propios del hábitat urbano de las plantas constituye una limitación en el enfoque de los planes de arborización y/o reforestación urbana actual. La manera en que hoy se gestionan y manejan los árboles urbanos, así como muchas de las soluciones de diseño adoptadas han cambiado recientemente (Castillo y Ferro 2015). Para ello los espacios ecológicos deben ser diseñados de manera planificada y ordenada para así mostrar un sitio más atractivo utilizando los recursos disponibles de agua por medio de la cosecha de lluvia de los edificios y realizar un sistema de recolecta y distribución de riego para las áreas verdes del paisajismo del CampoSanto.

El paisaje se define desde el punto de vista estructural como el mosaico espacial cada una de las cuales conforma características homogéneas en cuanto a flora y otros elementos inertes como piedras y madera (Forman, 1995). Por eso se desea establecer especies que cumplan con características semejantes las cuales deben de formar un sitio que se muestre un orden y un patrón en colores y formas de las especies presentes.

Selección de especies

De acuerdo con (Castillo & Ferro, 2015) actualmente el arbolado urbano presenta problemas de diversas índoles, tanto genéticos y que ocasionan daños materiales que se agravan por la inapropiada selección de especies. Durante la elaboración de este estudio se identificaron especies y los sitios en los que se plantó inicialmente en el CampoSanto que no fueron las más idóneas, dado que están generando problemas por altura y desarrollo de las especies en sitios poco favorables. Conforme a los datos reportados en el Cuadro 1 las especies que presentan mayor cantidad de individuos que son (*Cupressus lusitanica* y *Casuarina equisetifolia*) que a su vez son las especies afectadas por daños fitosanitarios que en este momento representan un peligro para la población y las instalaciones, por lo tanto, es necesario contemplar la generación de programas de manejo forestal que establezcan planes de podas, riego y tratamiento de fitopatologías (Falcón,2007); esto con el fin de asegurar que en entorno sea seguro para los visitantes y, el entorno biológico.

Se sabe que los árboles aportan gran cantidad de beneficios en entornos urbanos, pero una selección inadecuada del material vegetativo puede provocar serios daños si no se ubicaron en el sitio adecuado, siendo un aspecto muy importante en la arborización urbana la selección de especies (Yépez & Arboleda, 2009), es necesario tomar en cuenta que para una apropiada selección de especies se tomó se considere: tolerancia al clima, humedad, exposición, condiciones del suelo en el sitio, árboles que se desarrollen bien en condiciones adversas, que cumplan con el uso deseado del sitio (Nowak, Dwyer & Childs, 1997).

Teniendo claro estas variables, en las visitas a campo y la considerando la recomendación de especies ornamentales (Rojas-Rodriguez, Cruz, & Madrigal, 2016) en el cuadro 3 se seleccionaron las especies que potencialmente se pueden plantar

dentro del CampoSanto pues presentan características de floración, fructificación vistosas que permitirán realzar el aspecto paisajístico y embellecimiento del entorno. Por esta razón la selección se distribuye en siete categorías que son: floración, fructificación, follaje atractivo, frutales, ornamentales, heliconias, palmeras y enredaderas (cuadro 3), debido a la diversidad de especies disponibles la separación responde a las necesidades de crear sitios llamativos. Una forma de lograr este objetivo es a través de especies que presenten floración llamativa por ejemplo el famoso Cortez amarillo (*Tabebuia ochracea*) especie que tiene una floración masiva en la época seca cuando han perdido su follaje. (Sánchez & Cascante, 2008). Las especies de fructificación se eligieron considerando el beneficio de la fauna, pues, es muy importante fomentar en el Parque ecológico la conectividad urbana, y el jorco (*Garcinia intermedia*) es una especie de gran importancia para alimento de la fauna y de las aves.

Diseño de siembra

En el caso de los cementerios, mucho antes de la consolidación de la tipología «parque» o «jardín» en América Latina, ya se contaba con antecedentes en Europa de diseños que ponían especial cuidado por el entorno natural y la vegetación (bosques y lagos) y que apuntaban a una sutil integración de las construcciones a dicho ambiente, tal como ilustra el estudio comparativo de (Clayden & Woudstra, 2003) de cementerios. La idea principal de llegar a ser un parque ecológico ya que el sitio cuenta con 17 hectáreas donde se puede desarrollar espacios de conservación de especies arbóreas principalmente nativas para así fomentar la fauna y ser un paso de conectividad interurbana.

Con respecto al diseño de los espacios verdes, tal como señala (Thuillier, 2005) en su descripción de las urbanizaciones privadas, el realce máximo de la naturaleza que constituye un elemento fundamental y que permite a los arquitectos apoyarse en puntos llamativos del terreno. De este modo para el estudio en el CampoSanto se va a trabajar el diseñar en sitios ya seleccionados donde tenemos la oportunidad de

implementar el diseño sostenible con las edificaciones presentes y el traslado de la maquinaria entre las áreas verdes y poder lograr un sitio agradable y ordenado. Por lo tanto, se establece un distanciamiento de 4 metros entre cada sitio donde se establecerán las islas para así respetar las vías de acceso de la maquinaria para que realice las obras de exhumación e inhumación.

Para el diseño paisajístico se muestra en el siguiente croquis la distribución de las especies arbóreas como las etapas de las islas la cual se establecen en tres etapas.

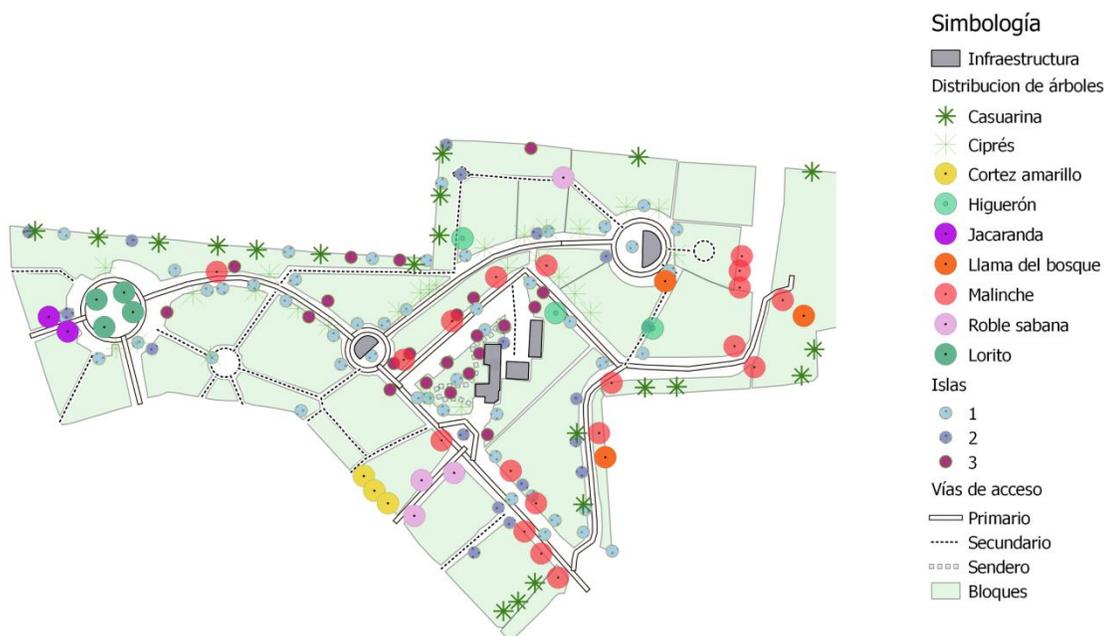


Figura 5. Croquis de distribución de especies arbóreas y ornamentales en las islas en el Cementerio Metropolitano.

Conclusiones

Se identificaron los sitios óptimos para la creación de los espacios ecológicos.

Las especies fueron seleccionadas según los criterios deseados como son composición florística tipo de copas y también de enriquecimiento de la flora y fauna en el sitio y así poder embellecer el lugar.

Se realiza el arreglo espacial de siembra de las especies para el diseño de los espacios ecológicos en pequeñas islas donde así se pueda mostrar una uniformidad y armonía del lugar.

También poder ser parte de la conectividad de la gran área metropolitana ser un sitio de paso de especies.

Referencias

Arufe Giráldez, V., Corts Seoane, L., & Alcides Surez, X. (2013). Estudio descriptivo de los servicios ofrecidos para los usuarios de parques biosaludables de Galicia. / Descriptive study of services offered to users of parks bio healthy of galicia. Retos: Nuevas Perspectivas De Educación Física, Deporte y Recreación, (24): 60-62.

Bellver, E. (2017). Eco. Medio ambiente. Accesado en el link [https://Tendencias .Com/Eco/Que-Es-Un-Ecosistema-Urbano/](https://Tendencias.Com/Eco/Que-Es-Un-Ecosistema-Urbano/). 23 de mayo de 2017.

Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CR. CATIE. 53p.

Carrieri, S. A., Codina, R. A., Manzano, E., Videla, E., Vespa, M. J., Kocsis, C. A., Fioretti, S. (2009). Propuesta de metodología para la calificación bio-ambiental de espacios verdes mediante coeficientes ecofisiológicos. Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias, 41(1): 1-21.

Castillo Rodríguez, L., & Ferro Cisneros, S. A. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: "Verde con respuntes negros". Arquitectura Y Urbanismo, 36(1): 5-24.

Castillo Rodríguez, L., & Pastrana Falcón, J. C. (2015). Diagnóstico del arbolado viario del vedado: Composición, distribución y conflictos con el espacio construido. *Arquitectura Y Urbanismo*, 36(2): 93-118.

Clayden A. y Woudstra J, 2003. Some European Approaches to Twentieth-Century Cemetery Design. *Continental Solutions for British Dilemmas*, «Mortality», pp.189-208.

Codina, R. A., Carrieri, S. A., Passera, C. B., Fioretti, S. B., Naranjo, G., & Manzano, E. R. (2005). Cálculo del valor ambiental de los jardines frontales urbanos. Mendoza (Argentina). *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias*, 37(1): 87-96.

Coelho, d. N., Alves Rocha, G., & Salguero, d. N. (2015). Parque ecológico das tumbabas: Un paradoxo na relato homem-natureza em Juazeiro del norte (ce). *Boletín Goiano De Geografía*, 35(2): 321-337.

Cover, G. (2009). *Arboricultura*. México DF. Accesado en <http://greencover.com.mx/desktop/arboricultura-que-es.php>. 23 de mayo de 2017.

del Cueto, C., & Piovani, J. I. (2016). Los cementerios privados en el área metropolitana de Buenos Aires: Arquitectura y paisaje como claves de diferenciación social. *Visioni LatinoAmericane è la Revista Del Centro Studi por América Latina*, 15:1-13.

Dorigo, T. A., & Nascimento Lamano-Ferreira, A. P. (2015). Contribuyes da percepção ambiental de frequentadores sobre praças em parques no Brasil (2009-2013): *Revista De Gesto Ambiental E Sustentabilidade (GeAS)*, 4(3): 31-45. Recuperado de: doi:10.5585/geas.v4i3.138

Falcon, A, 2007, *Espacios verdes para una ciudad sostenible*, Barcelona, Gustavo Gilli.

Fernández, L., & Carr, M. (2011). "La muralla verde" áreas verdes como dispositivo para disciplinar la población, gran buenos aires (1976-1983). *Provincia*, (25):115-142.

- Flores-Xolocotzi, R. (2012). Incorporando desarrollo sustentable y gobernanza a la gestión y planificación de áreas verdes urbanas. *Frontera Norte*, 24(48):165-190.
- Forman, R. T. T. (1995): *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gómez Piovano, J., & Mesa, A. (2015). Análisis de los modos de acceso y los patrones de uso de la población respecto a los espacios verdes urbanos, como base para su planificación. *Urbano*, 18(32): 38-49.
- Granero, M. (2007). Provisión de servicios urbanos, vivienda social y calidad de vida. *I + A: Investigación + Acción*, 11(10): 267-284.
- Heisler, G.M. Grant, R, H. Grimmond S, and Souch C (1995) Urban forests cooling our communities? In: Kollin C and Barratt M eds, *Proc 7th National Urban Forest Conference*, pp. 31-34. American Forests, Washington, DC
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2017. Datos meteorológicos. Estación Meteorológica Aeropuerto Tobías Bolaños(DA). Pavas, San José, Costa Rica.
- Lamichhane, D., & Thapa, H. B. (2012). Participatory urban forestry in nepal: Gaps and ways forward. Recuperado de: doi: 2878/10.1016/j.ufug.2011.07.008
- Lima. A.M.L.P. Cavalheiro, F.; Nucci, J.C.; Sousa, M.A.L.B.; Fialho, N. Del Picchia, P.C.D. P., 1994. Problemas de utilização na Conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. *Anais. II Congresso de Arborização Urbana*. São Luis, MA: 539-553, Brasil.
- Maggioni, T. Martn, J. Menna, J., & Re, G. (2012). Recorrido guiado por los espacios verdes de la universidad nacional de Córdoba: Una forma de democratización del conocimiento científico. *Fundamentos En Humanidades*, 13(26): 243-258.
- Mena, C.; Ormazábal, Y.; Morales, R. y Gajardo, J., 2011. Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral, Chile, mediante fotointerpretación y SIG. *Ciencia Forestal*, Santa María, v. 21, n. 3: 521-531, Chile

- Murillo, O. y Badilla, Y. 2010. Calidad de la plantación forestal. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. p 67.
- Nowak, D. J., Dwyer, J. F., & Childs, G. (1997). Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*, 17-38.
- Paredes, D. F. R. (2014). Beneficios socio ambientales de las infraestructuras verdes urbanas y su aplicación en la construcción y planificación urbanística en la ciudad de Bucaramanga. *Puente: Revista Científica*, 8(2):15-41.
- Rojas-Rodríguez, F. E., Cruz, G. B., & Madrigal, Q. J. (2016). Plantas ornamentales del trópico, 2a ed, Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.27-614.
- Roldan, D. (2015). Justificación, producción, usos y disputas de los espacios verdes en la Argentina el parque independencia de rosario durante la primera mitad del siglo XX. *Historelo: Revista De Historia Regional Y Local*, 7(13):191-222.
- Smith, W.H (1990). *Air pollution and Forest*. Springer- Verlag. New York. p 618.
- Thomson, I. H. (1998). "Environmental Ethics and the Development of Landscape Architectural Theory", *Landscape Research*, 23(2), 175-194.
- Thuillier G., 2005. El impacto socio-espacial de las urbanizaciones cerradas: el caso de la Región Metropolitana de Buenos Aires, Vol. XXXI, N° 939; pp. 5-20, Santiago de Chile.
- Yépez, F., & Arboleda, M. E. (2009). Promoción de la emergencia en urape (*Bauhinia monandra* Kurz) y retama (*Thevetia peruviana* (Pers) Schum), especies potenciales para la arboricultura urbana.*Bioagro*, 21(1)

DISEÑO DE SISTEMA DE COSECHA LLUVIA PARA RIEGO DE ESPACIOS VERDES EN EL CEMENTERIO METROPOLITANO DE PAVAS, COSTA RICA.

María Fernanda Pereira Jiménez ²

Resumen

El Cementerio Metropolitano de Pavas es administrado por la Junta de Protección Social, en los últimos años la lluvia ha sido menor al promedio típico de la Zona lo que ha obligado a utilizar riego, sin embargo, el mismo era abastecido con agua potable lo que además de su alto costo compite por el uso adecuado de este bien. Basado en las condiciones hidrológicas, técnicas, y sociales se considera la solución apropiada para el sitio la cosecha de lluvia como fuente complementaria para efectuar riego en las zonas verdes. Para ello se analizó la captación de lluvia de los techos de la infraestructura y la distribución de precipitaciones. Con base en resultados obtenidos en el estudio se logró identificar el diseño apropiado de cosecha de lluvia y el almacenamiento. Los cálculos evidencian que el agua que se puede captar en el CampoSanto durante la época lluviosa es de 1100 m³ la cual no es la suficiente para abastecer las 7 ha de zonas verdes durante la época seca, pero, sí es posible captar un flujo importante de agua para complementar con otra opción. Esta captura de agua ayudará a mantener las áreas verdes en mejores condiciones y asegurará la sobrevivencia de los espacios ecológicos tratados en el capítulo anterior.

Palabras clave: Cosecha de lluvia, almacenamiento, irrigación, uso eficiente del agua, desarrollo sostenible.

Abstract

The Pavas Metropolitan Cemetery is administered by the Social Protection Board, in recent years the rainfall has been lower than the typical average of the area, which has forced to use irrigation, however, it was supplied with drinking water which also of its high cost competes for the proper use of this good. Based on the hydrological, technical and social conditions, the rainfed crop is considered the appropriate solution for the site as a complementary source for irrigation in the green areas. To this end, the rainwater collection of the roofs of the infrastructure and the distribution of rainfall was analyzed. Based on the results obtained in the study, it was possible to identify the appropriate design of rain harvest and storage. The calculations show that the water that can be collected in the field during the rainy season is 1100 m³ which is not enough to supply the 7 ha of green areas during the dry season, but it is possible to capture a significant flow of water. water to complement with another option. This capture of water will help to maintain the green areas in better conditions and will ensure the survival of the ecological spaces treated in the previous chapter.

Keywords: Rain harvesting, storing, irrigation, eficiente use, sustainable development

Introducción

La escasez de agua es una problemática que afecta a países de cada continente. Aproximadamente 2 mil millones de personas viven con limitación del recurso hídrico, lo que impide la sostenibilidad de los recursos naturales, el desarrollo económico y social de la población (ONU, 2016). A pesar de que en Costa Rica el 99,4% de la población del país tiene acceso a servicios de suministro de agua por tubería (Herrera, 2016). Con el paso del tiempo ha sido necesario tomar medidas de ahorro y aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles, por ello, se considera necesario desarrollar proyectos en los que se implementen alternativas de solución ante los efectos del cambio climático (Ballester, Díaz, & Manuel Moreno, 2006).

La Junta de Protección Social como encargado del Cementerio Metropolitano de Pavas busca fomentar proyectos sostenibles en la zona urbana, que beneficie al medio ambiente, la población y las actividades que se desarrollan en la localidad. Dado que el CampoSanto se ubica uno de los sitios urbanos que aporta más desarrollo industrial al país, pero, según el análisis del INEC para el 2012 es el lugar que tiene menos m² de espacios verdes por persona a nivel nacional. El Cementerio Metropolitano de Pavas como iniciativa busca convertirse en un parque ecológico CampoSanto donde se promueva la protección y el enriquecimiento de la biodiversidad en las zonas urbanas.

Esta filosofía los ha motivado a buscar alternativas que les ayude a solucionar el problema de riego que enfrentan durante la época seca, ya que es fundamental contar con suministro de agua permanente para que se pueda ejecutar el proyecto paisajístico mencionado en el capítulo 1.

El objetivo principal de este capítulo fue analizar el potencial de la cosecha de lluvia como fuente principal de abastecimiento de las zonas verdes del Cementerio Metropolitano durante la época seca, como objetivos específicos se tienen:

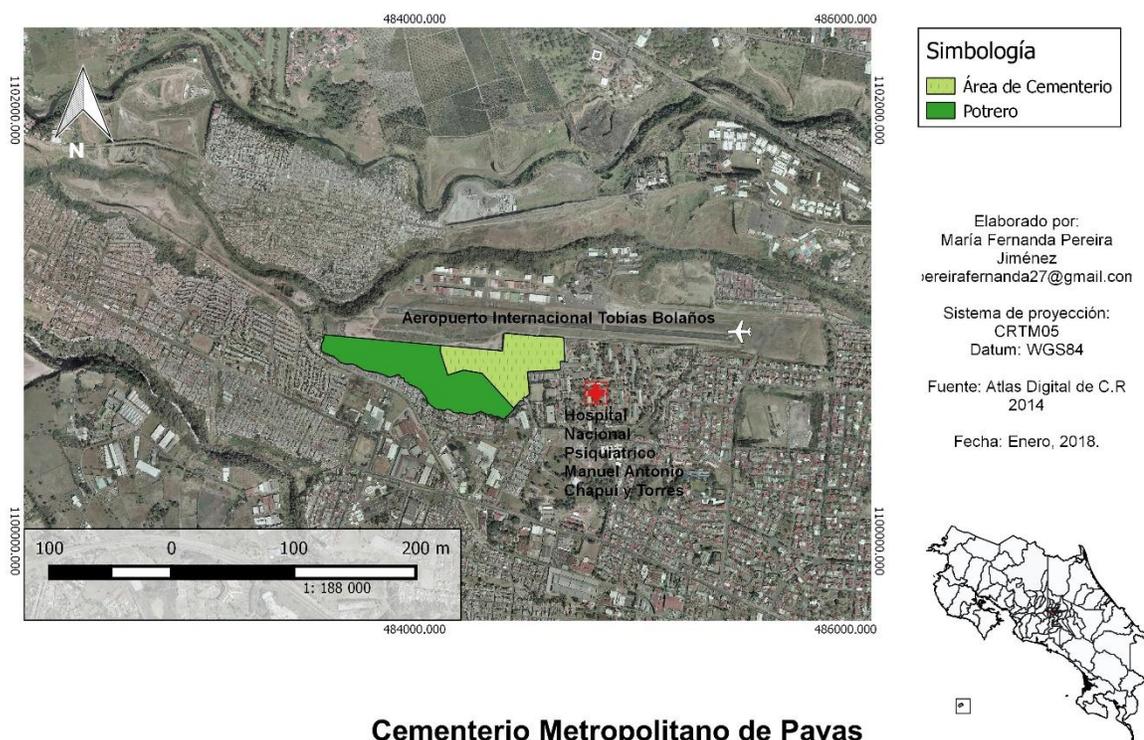
1. Estudio de caracterización de las condiciones climáticas del área de estudio.
2. Planear sistema de captura de agua de lluvia que mejor se adapte al sitio.
3. Mostrar la distribución del sistema de riego eficiente de acuerdo a las necesidades de la cobertura utilizando la cosecha de lluvia como fuente principal.

Materiales y Métodos.

Área de estudio

El estudio se realizó en el Cementerio metropolitano de Pavas que se encuentra ubicado en la Gran área Metropolitana exactamente en el cantón Central distrito número nueve Pavas, en la provincia de San José, Costa Rica, siendo este uno de los sitios urbanos más poblados del país. El CampoSanto se encuentra dentro de la zona de influencia del corredor biológico interurbano Río Torres (CBIRT) (Acosta, Estrella, Hiplito, & Boraschi, 2017), y se ubica cerca del Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños y el Hospital Nacional Psiquiátrico.

El sitio tiene una extensión de 32 hectáreas, de las cuales 17 son ocupadas por área de fosas, infraestructura y área disponible para una futura expansión. Las 15 hectáreas restantes son áreas de potrero ocupadas actualmente por la Policía montada de la Municipalidad de San José (figura 1). El sitio registra una temperatura promedio de 27 °C, una precipitación de 1100 mm y tiene una altitud de 1002 msnm (IMN, 2017).



Cementerio Metropolitano de Pavas

Figura 6. Ubicación geográfica del área de estudio del Parque Cementerio Metropolitano, Pavas, San José, Costa Rica.

Como dato importante del análisis es necesario conocer que el Cementerio actualmente tiene un abastecimiento de agua potable por parte de Acueductos y Alcantarillados (AyA), pero, debido a que no se pretende utilizar el suministro de agua potable como fuente principal por costos y la destinación prioritaria del recurso al uso humano, por sobre el riego. La administración el Cementerio Metropolitano, busca una alternativa, ambientalmente correcta, que proporcione abastecimiento de riego para las zonas verdes en la época seca.

Para determinar la factibilidad de la cosecha de lluvia como fuente principal del recurso hídrico para las labores de riego se consideró:

VARIABLES A EVALUAR

Datos climáticos locales y cosecha de lluvia

Como fuente primaria de información se utilizaron los datos climáticos mensuales reportados durante los últimos 10 años por la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños (09°58'24" N, 84°08'22" O). Se analizó el comportamiento de las precipitaciones en este lapso y se promedió para analizar la variabilidad de las lluvias en esos 10 años.

Se utilizó la metodología propuesta por CEPIS (2004) y Santos & Farias (2017) ya que al seleccionar los techos como la zona de captación se requiere de una metodología específica para calcular el recurso disponible, la fórmula utilizada para determinar la precipitación promedio mensual es:

Ecuación 1. Precipitación promedio mensual.

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

Donde:

n: Número de años evaluados.

p_i : Valor de precipitación mensual del mes "i", (mm)

P_{pi} : Precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados. (mm/mes).

En cuanto a la cosecha de lluvia se realizó un análisis de las edificaciones analizando su extensión, cercanía y nivel para poder captar la mayor cantidad de lluvia, una vez seleccionados las obras edilicias se procedió a determinar el área cubierta por los techos.

Con los datos anteriores se utilizó la siguiente fórmula facilitada por CEPIS (2004) y Santos & Farias (2017), para determinar la cantidad de agua que se puede captar de los edificios, además, se utilizó un coeficiente de escurrimiento de 0,9 por que el techo está cubierto con lámina de zinc:

Ecuación 2. Oferta de agua al mes.

$$A_i = \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000}$$

Donde:

P_{pi}: Precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados.
(mm/mes)

C_e: Coeficiente de escorrentía

A_c: Área de captación (m²)

A_i: Oferta de agua en el mes “i” (m³)

Posteriormente, mediante la fórmula de Thornthwaite se calculó la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración del cultivo, dichos resultados se corroboraron con datos técnicos de los requerimientos hídricos del césped para en el trópico (Allen, 2006) y la evapotranspiración del Valle Central (Hernández , 2014) dado que no se poseen registros anteriores del consumo hídrico y este estudio se elaboró durante la época lluviosa del año, por lo cual se utilizó este medio para definir la cantidad de agua que requieren las zonas verdes del cementerio.

Los cálculos de Thornthwaite (Moeletsi & Hamandawana, 2013) están basados en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, hora de luz y el número de días del mes, la fórmula que Thornthwaite propone es:

Ecuación 3. Evapotranspiración mensual.

$$e = 16 * \left(10 * \frac{tm}{l}\right)^a$$

Donde:

e= Evapotranspiración mensual sin ajustar en (mm/mes).

tm= Temperatura media mensual en °C.

l=índice de calor anual.

Ecuación 4. Índice de calor anual.

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{tmj}{5}\right)^{1,514}$$

a= Parámetro en función de I.

Ecuación 5. Parámetro en función de I.

$$a = 6,75 \times 10^{-7} * I^3 - 7,71 \times 10^{-5} * I^2 + 0,017925 * I + 0,49239$$

El resultado de “e” se corrige en función de la latitud, por esto es necesario introducir el índice de iluminación mensual en unidades de 12 horas, por lo tanto, se deberá multiplicar el ETP sin ajustar “e” para obtener el ETP según Thornthwaite (mm/mes).

Ecuación 4. Evapotranspiración por el método de Thornwaite.

$$ETP_{Tho} = e * L$$

Donde:

e: Evapotranspiración mensual sin ajustar en mm.

L: Factor de corrección del número de días del mes (Ndi) y la duración astronómica del día Ni (horas de sol).

El valor de “L” se puede obtener, así mismo, de la tabla “Valor L del método de Thornthwaite. Coeficiente para la corrección de la ETP debida a la duración media de la luz solar.

Almacenamiento y distribución del sistema de riego

Para decidir el tamaño del tanque de almacenamiento se ajustó a las consideraciones previas que según (Fonseca et al, 2017) se deben tomar en cuenta tales como, determinar los requerimientos funcionales del uso y el espacio disponible para almacenar agua.

En campo se determinaron las zonas que requieren de riego y se ubicaron mediante un GPS. Posteriormente se procedió a conocer la vía que mejor se ajusta a la distribución espacial del sitio. De acuerdo a las necesidades hídricas en las zonas verdes se analizó la opción de instalar un sistema de riego automatizado que garantice el uso óptimo del recurso hídrico (Vásconez Cuzco & Chamba Tenemaza, 2013) y que le facilite a los colaboradores utilizar los instrumentos.

Resultados y Discusión

Datos climáticos locales y cosecha de lluvia

Mediante el análisis preliminar del comportamiento promedio de las precipitaciones, en la figura 7 se muestra la distribución del comportamiento de la lluvia. Normalmente al período de diciembre a abril se le denomina época seca ya que en estos meses disminuyen los eventos de lluvia, mientras que en los meses de mayo a noviembre aumentan considerablemente las lluvias, siendo el mes de setiembre el mayor registro de precipitación (17,79 %). Según las zonas de vida descritas por Holdridge (1987) el Valle Central de Costa Rica goza de las características del bosque húmedo montano con una estacionalidad marcada en las lluvias, siendo el caso de Pavas (Cascante, 2001).

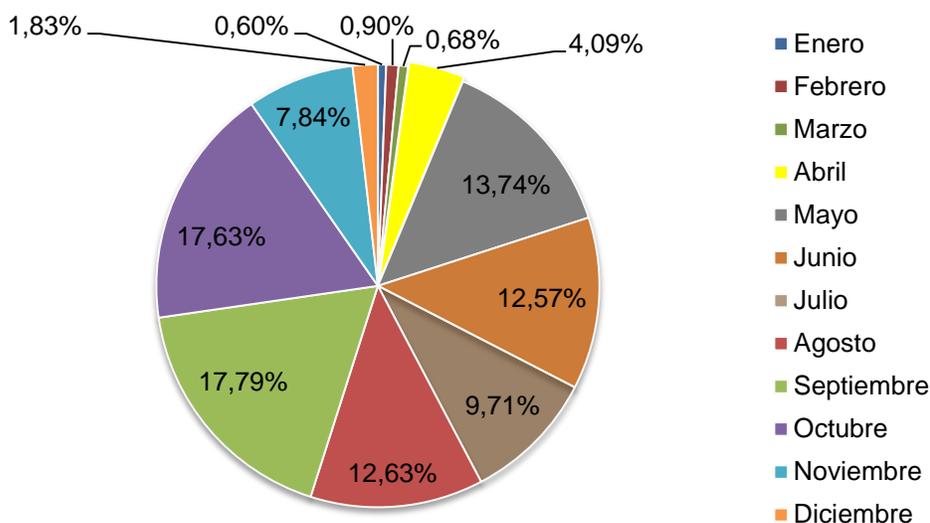


Figura 7. Porcentaje mensual de precipitación en Pavas, Costa Rica.

Con base en la evaluación realizada, se determinó que los sitios potenciales para la captación de agua de lluvia corresponden a los tres edificios principales (figura 7 y 8) cercanos a la entrada del cementerio, los cuales son: la Oficina principal, Bodega de maquinaria, Bodega de inactivos, las tres infraestructuras en total suman un área de 823 m² de techo, dichos edificios presentan las condiciones aptas para lograr interconectar los bajantes y llevarlos a un reservorio que será un tanque plástico de 22 m³ de capacidad y se considera que una vez que el tanque complete su capacidad, con la ayuda de una máquina de bombeo se impulsará el agua al reservorio (estanque impermeable).



Figura 8. Ubicación de los edificios de captación en el cementerio Metropolitano de Pavas, Costa Rica.

A)

B)

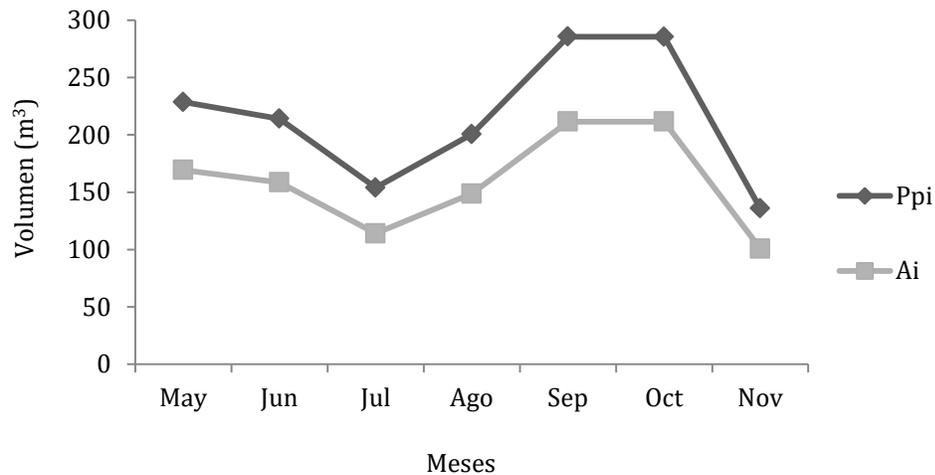


Nota: A) Bodegas de activos e inactivos. B) Edificio principal.

Figura 9. Edificios principales de cementerio Metropolitano de Pavas.

La cosecha de lluvia es dependiente de la oferta que se pueda capturar en un espacio determinado (Dumit & Teixeira, 2017). En la figura 4 se puede observar la precipitación disponible y la oferta promedio que en total es de 1 100 m³/año en un

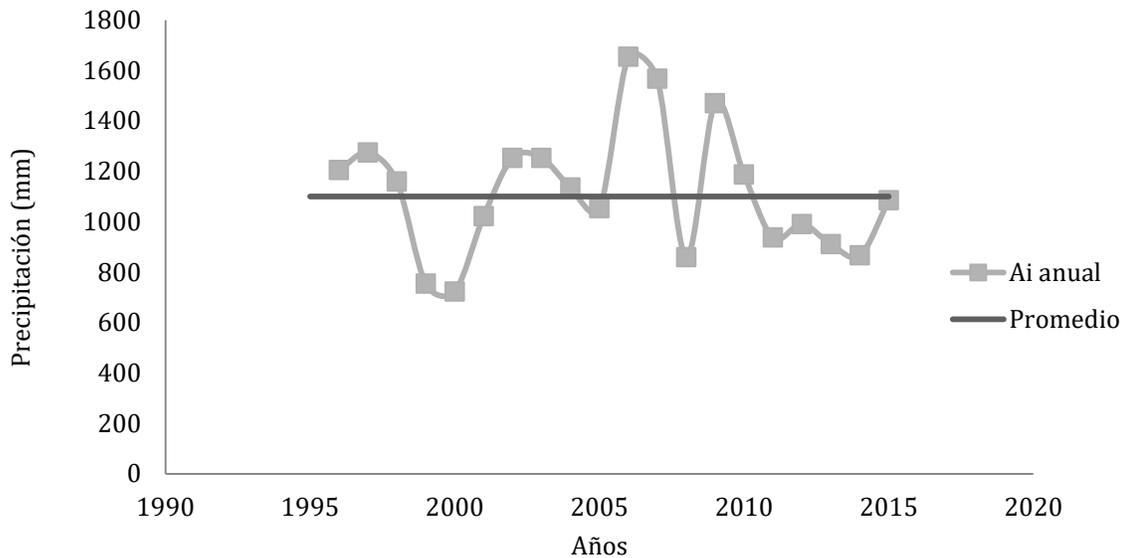
periodo de 7 meses de época lluviosa en la zona de Pavas. A pesar de que es un flujo importante de agua es necesario considerar si el flujo satisface las necesidades de riego de las zonas verdes del CampoSanto.



Nota: Ppi es la precipitación promedio anual, Ai es la oferta anual que se puede captar.

Figura 10. Precipitación promedio mensual y oferta de agua al mes en Pavas, Costa Rica.

La concurrencia de los eventos de lluvia varía cada mes, en la figura 11 se presenta el comportamiento de la oferta de agua en el periodo de 1996 al 2016 el cual indica que la oferta es variable los eventos extremos de poca y mayor oferta son para el periodo de 1999-2000 con una oferta de poco más de 700 m³ y en el 2007-2008 una oferta de un poco más de 1 500 m³ respectivamente. Luego de estos eventos la oferta se ha mantenido entre 850 m³- 1080 m³ en los últimos 5 años.



Nota: Ai es la oferta anual que se puede captar.

Figura 11. Comportamiento de la oferta de agua de lluvia en el periodo de 1996-2016 Pavas, Costa Rica.

Mediante el método de Thornthwaite se ha logrado realizar un balance hídrico y se determinó que la evapotranspiración potencial (Cuadro 4) está por arriba de los 8 mm lo cual concuerda con el dato reportado por (Hernández, 2014) lo que indica que el requerimiento hídrico de la grama es de 5 a 6 litros/m² al día dato que coincide con la recomendación que da para el césped en las zonas tropicales (Allen, 2006). La aplicación eficiente del recurso hídrico en la zona verde garantizará el ahorro de agua y la aplicación precisa, por lo que, para mantener un césped saludable durante todo el año es importante aplicar abonos y fertilizantes que ayuden a mejorar el estado fitosanitario (Llosa & Najera, 2016).

Cuadro 4. Balance hídrico mediante el método de Thornthwaite para datos de temperatura promedio del año 2016, en la localidad de Pavas San José, Costa Rica. (09°57'23,53" N, 84°08'16,8" O).

Temperatura media del año 2016	Temperatura media mensual	ETP	ETP c
Enero	22,1	9,17	6,42
Febrero	21,8	8,22	5,75
Marzo	23,1	9,97	6,98
Abril	23,3	9,70	6,79
Mayo	22,9	9,47	6,63
Junio	22	7,93	5,55
Julio	22,3	8,82	6,17
Agosto	22,2	8,34	5,84
Septiembre	21,9	8,36	5,85
Octubre	21,4	8,35	5,84
Noviembre	21,3	8,08	5,66
Diciembre	21,4	8,52	5,96
ETP anual		104,93	

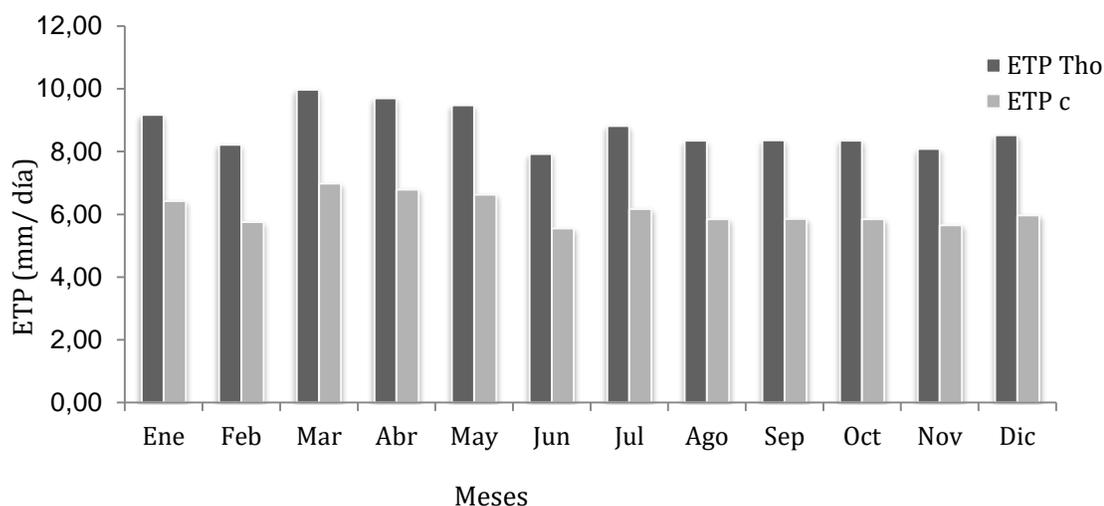


Figura 12. Comportamiento de la evapotranspiración para los datos promedio durante el periodo 2016.

Demanda

Inicialmente se hace determinado el cálculo de demanda de agua que tienen las zonas verdes (7 ha), conociendo que el área de césped necesita riego durante la época seca. El sitio aproximadamente presenta requerimientos hídricos de 5 litros/m²/día (siendo este el ideal para mantener la grama en su mejor estado), por consiguiente, existe una demanda total de 350 m³ de agua para riego al día mientras que de acuerdo a las condiciones dadas el riego se estima se puede hacer con una regularidad de día por medio en cada sector.

Es evidente que el flujo de 1 100 m³ que se podrán captar en la temporada no son suficientes para hacer el riego del CampoSanto durante la época seca, será necesario analizar otra alternativa como fuente de agua permanente para complementar el sistema de cosecha de lluvia, o seleccionar zonas a recibir riego.

Almacenamiento y distribución del sistema de riego

Al existir una alta demanda del recurso hídrico se debe captar la mayor cantidad de agua que sea posible, así pues, se recomienda que se elabore un reservorio en la zona sin uso que está en la segunda etapa del cementerio, ya que es el único sitio disponible en el CampoSanto, no obstante, este se encuentra a menos de 200 m de los edificios de captación. En la figura 13 se observa la ubicación de los edificios principales, y el sitio en el que se plantea establecer la ubicación del reservorio.



Cementerio Metropolitano de Pavas.

Figura 13. Distribución del sistema de riego en el Cementerio Metropolitano de Pavas

Considerando el esquema de cosecha de lluvia de la figura 14 es importante tomar en cuenta que como el flujo de agua disponible no es suficiente para abastecer las zonas verdes durante la época seca se necesitará de una fuente que complemente el proyecto de cosecha de lluvia, pero, antes se debe tomar en cuenta que independientemente de la fuente permanente que se use ya sea pozo u otro, se debe tener un reservorio para almacenar el agua que se utilizará en el riego. Por las características de la zona y el tipo de uso que se le dará al agua es necesario que el reservorio sea impermeabilizado con geotextil que permite que se dé una menor infiltración del agua.

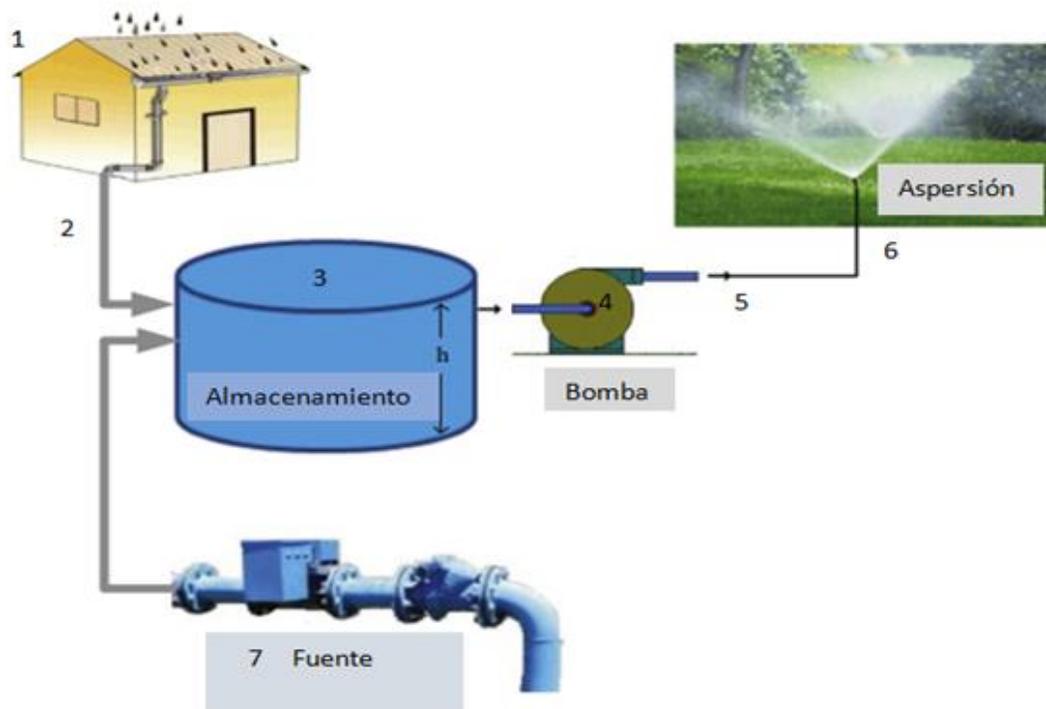


Figura 14. Esquema de cosecha de lluvia para riego.

A pesar de que el Cementerio ya cuenta con una distribución de riego establecida hace 20 años donde se consideró el espacio para que los colaboradores (panteoneros) puedan desempeñar las labores diarias en la zona verde, se ubicaron en la periferia de los bloques las tomas de agua, que posteriormente mediante una red móvil de 50 m de tubería recorrían cada unidad para hacer la labor de riego, en la figura 13 se encuentra la ubicación de las tomas de agua en cada bloque. Para definir una nueva distribución del sistema de riego será necesario conocer la fuente permanente de riego y a partir de tal información se puede determinar las dimensiones de la tubería y la automatización que mejor se adapte al sitio (Mohammad & Al-Amoud, 1993).

Conclusiones

De acuerdo a la disponibilidad hídrica es posible captar un flujo importante de agua, pero, no es suficiente para abastecer las necesidades hídricas de las zonas verdes durante la época seca.

Existe una oferta hídrica de 1 100 m³/ año, en el periodo de 5 meses que comprende la estación lluviosa.

Recomendaciones

Explorar la perforación de un pozo que permita tener una reserva de agua no potable útil en las actividades de riego.

Es importante tomar en cuenta que el volumen de agua almacenado puede ser aplicado según las necesidades que aparezcan de forma que se aprecie el sistema como un apoyo para mitigar el impacto de la falta de agua en zonas urbanas

Dado que aún no se cuenta con una fuente permanente de agua, por ahora es recomendable diseñar un sistema de riego que contemple este aspecto.

Referencias

Acosta, A; Estrella, M; Hiplito, J & Boraschi, S. (2017). Evaluación del corredor interurbano Río Torres, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 14(34), 53-62. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v14i34.3001>

Allen, R. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Food & Agriculture Org.

Cascante, M. (2001). Composición florística y estructura de un bosque húmedo premontano en el Valle Central de Costa Rica. *Revista De Biología Tropical*, 49(1),

213-225. Recuperado de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442001000100020&script=sci_arttext

CEPIS. (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>

Ballester, F; Díaz, J & Moreno, J. (2006). Cambio climático y salud pública: Escenarios después de la entrada en vigor del protocolo de Kioto. Recuperado de: doi:2075/10.1157/13086040

Dumit, Y & Teixeira, L. (2017). Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility. Recuperado de: doi:2878/10.1016/j.resconrec.2017.08.015

Fonseca et al. (2017). Design of optimal tank size for rainwater harvesting systems through use of a web application and geo-referenced rainfall patterns. Journal of Cleaner Production, 145, 323-335. Recuperado de: doi: 2878/10.1016/j.jclepro.2017.01.057

Herrera, J. (2016). Recurso hídrico y saneamiento: Avances y desafíos. 8-10. Recuperado de: http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/022/Ambiente/Herrera_J_2016_Recursos_hidricos.pdf

Hernández, K. (2014). Evaluación del método FAO-56 en Costa Rica. Recuperado de: <http://kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/27794/RevistaTemas2014-2-art4.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Holdridge, L. (1987). Ecología basada en zonas de vida (No. 83). Agroamérica.

Mohammad, F & Al-Amoud, A. (1993). Water conservation through irrigation scheduling under arid climatic conditions. Recuperado de: doi:2878/10.1016/0378-3774(93)90006-V

Llosa, B & Najera, M. (2016). Ecología de ciudad: Lo que todos debemos saber sobre los ecosistemas urbanos. *Biocenosis*, 25(1-2) Recuperado de: <http://investiga.uned.ac.cr/revistas/index.php/biocenosis/article/view/1184/1215>

Moeletsi, E; Walker, S & Hamandawana, H. (2013). Comparison of the hargreaves and samani equation and the Thornthwaite equation for estimating dekadal evapotranspiration in the free state province, South Africa. Recuperado de: doi:2878/10.1016/j.pce.2013.08.003

ONU. (2016). Informe de los objetivos de desarrollo sostenible 2016. 6. Recuperado de: https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/The%20Sustainable%20Development%20Goals%20Report%202016_Spanish.pdf

Santos, S & Farias, M. (2017). Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil Recuperado de: doi:2878/10.1016/j.jclepro.2017.06.251

Vásconez, J & Chamba, F. (2013). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>